

*Національна академія медичних наук України*  
*Державна установа «Інститут громадського здоров'я*  
*ім. О.М. Марзєєва Національної академії*  
*медичних наук України»*

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ**  
**ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА**  
**ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ**  
**УКРАЇНИ**

Випуск 3

**(результати наукових розробок 2016 р.)**

м. Київ  
2017

*Національна академія медичних наук України*  
*Державна установа*  
*«Інститут громадського здоров'я*  
*ім.О.М.Марзєєва Національної академії*  
*медичних наук України»*

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗАХИСТУ  
ДОВКІЛЛЯ  
ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ**

**Випуск 3**

**(результати наукових розробок 2016 р.)**

За редакцією  
академіка Сердюка Андрія Михайловича

**Київ, 2017 р.**

## **Редакційна колегія :**

член-кор. НАМН України, професор	<b>Полька Н.С.</b> (голова)
д.мед.н., професор	<b>Черниченко І.О.</b> (заст.голови)
д.мед.н., с.н.с.	<b>Савіна Р.В.</b> (відпов. секретар)
д.мед.н., с.н.с.	<b>Бабій В.Ф.</b>
д.мед.н., професор	<b>Турос О.І.</b>
н.с.	<b>Коркач В.С.</b>

Комп'ютерна верстка – пров. інж. **Лейких С.В.**

Підготовка оригінал-макету здійснена – н.с. **С.М. Могильний**

### **Рецензенти:**

д.мед.н., професор **Беліцька Е.М.**,

д.мед.н., професор **Омельчук С.Т.**

*У книгу увійшли матеріали розробок провідних фахівців ДУ «Інститут громадського здоров'я ім.О.М.Марзеєва НАМН України», завершених у 2016 році. Висвітлено проблеми стану довкілля і його впливу на здоров'я населення, гігієнічні проблеми АТО, питання гігієни дітей та підлітків, результати досліджень матеріалів і продуктів харчування, отриманих на основі нанотехнологій. Вперше висвітлюється новий напрямок роботи інституту – проблеми безпеки пацієнтів. Пропонуються шляхи вирішення цих проблем та ефективного впровадження результатів досліджень в практику охорони здоров'я.*

*Книга буде корисною для широкого кола читачів: наукових працівників та викладачів ВУЗів, санітарних лікарів, екологів, інженерів та інших фахівців, що опікуються проблемами екологічної безпеки України та громадського здоров'я.*

### **Адреса редколегії :**

02094, м.Київ, вул.Попудренка, 50

Державна установа «Інститут громадського здоров'я ім.О.М. Марзеєва  
Національної академії медичних наук України» /ДУ «ІГЗ НАМНУ»/

Тел./факс (044) 559–90–90 Тел. (044) 559–73–73

e-mail : **regina\_igme@ukr.net** або **usch@usch.kiev.ua**

## Шановні колеги!

Концепцією розвитку громадського здоров'я в Україні визначено, що пріоритетним напрямком діяльності наукових установ НАМН України протягом усіх років існування було й залишається здійснення фундаментальних та прикладних наукових досліджень у галузі медицини та впровадження отриманих результатів у практичну діяльність закладів охорони здоров'я. Відтак створення і трансфер нових способів, методів і технологій діагностики, лікування та профілактики найбільш розповсюджених захворювань людини (у тому числі нових лікарських засобів, медичної техніки та виробів медичного призначення) є однією з найважливіших складових діяльності академічних наукових колективів в реалізації політики держави в галузі охорони здоров'я.

У 2016 році фахівці ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва НАМН України» опікувалися проблемами, котрі визначені основними напрямками наукової діяльності, як першочергові, для збереження здоров'я народу України. У відповідності до потреб часу Президією НАМНУ було затверджено зміну назви інституту, що обумовило більш глибоку спрямованість наукових досліджень щодо вивчення громадського здоров'я.

З метою реалізації важливих завдань профілактики найбільш поширених в країні захворювань та вивчення ризику для здоров'я населення від забруднення довкілля було проведено ряд науково-дослідних робіт. Виконувались як фундаментальні, так і прикладні дослідження, впровадження яких в практику охорони здоров'я сприятиме покращенню екологічної ситуації в країні і збереженню здоров'я її населення.

Вирішувалися проблеми методологічного, теоретичного та прикладного характеру, які забезпечували подальший розвиток досліджень з вивчення стану громадського здоров'я, що відповідало завданням, поставленим перед інститутом.

Значна увага приділялась визначенню комплексних критеріїв оцінки якості довкілля, розробці методичних питань вивчення впливу його факторів на здоров'я населення. Ряд досліджень був присвячений

вдосконаленню наукових основ гігієнічної регламентації факторів довкілля різної природи, гігієнічній оцінці сучасних технологічних і технічних рішень в умовах становлення нових форм господарювання.

Вперше за роки проведення АТО узагальнено та інституціоналізовано досвід співпраці військової і цивільної медицини в сучасних війнах. Розроблено заходи щодо наукового супроводу гігієнічних проблем АТО.

Науковий пошук колективу відзначався різносторонньою комплексністю як в межах інституту, так і з іншими науковими закладами та відомствами. За матеріалами завершених НДР підготовлені гігієнічні пропозиції для впровадження в практику охорони здоров'я та систему охорони оточуючого природного середовища.

Беручи до уваги той факт, що поняття «громадське здоров'я» інтегрує знання гігієнічної науки відносно можливості збереження і зміцнення здоров'я людини, розвиток фундаментальних та прикладних досліджень, формування стратегії, його розбудова повинні здійснюватись за принципами:

- системного підходу до вирішення проблем;
- активного співробітництва, узгодження секторальних, міжгалузевих і міжнародних підходів до наукових розробок;
- застосування методології оцінки ризиків, методів аналітичної епідеміології, молекулярно-генетичних методик;
- чіткого визначення загроз здоров'ю людини від дії чинників довкілля, посилення профілактичної спрямованості;
- постійного моніторингу реалізації планів у сфері гігієни довкілля.

Фізично та психічно здорове населення, що відтворюється у поколіннях, є запорукою не лише процвітання, а й існування будь-якої держави, що особливо актуально для України (О.І. Тимченко, 2009). Саме ми, науковці, маємо постійно стверджувати і наповнювати змістом тезу, що здоров'я – головна людська цінність, нинішній пріоритет і запорука майбутнього нашої країни.

А.Сердюк

УДК 613;614;001

**ТВОРЧЕ НАДБАННЯ АКАДЕМІКА  
ЄВГЕНА ГНАТОВИЧА ГОНЧАРУКА.  
НАУКОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ**

*Сердюк А.М., Савіна Р.В., Гаркавий С.І.\**

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ**

**\* – Національний медичний університет  
імені О.О.Богомольця, м. Київ**



За останні 13 років, що минули з дня коли пішов з життя Є.Г.Гончарук, вийшло достатньо публікацій, присвячених життю і діяльності цієї неординарної Людини. Євген Гнатович залишив неоцінене творче надбання і зробила значний внесок у розвиток як вітчизняної медичної науки, так і у справу організації навчального

процесу у медичній освіті. Але донині ми не зустріли робіт, щодо наукового аналізу його наукової спадщини.

У представленій роботі, ми зробили спробу детально проаналізувати усі наукові публікації Є.Г. Гончарука, які є відображенням основних напрямків його наукових інтересів, педагогічної та громадської діяльності.

Багато поколінь санітарних лікарів, науковців, докторів і кандидатів медичних наук в Україні й на теренах усього бувшого Радянського Союзу довгі роки будуть з вдячністю і щирою повагою згадувати ім'я Євгена Гнатовича Гончарука, – його доброзичливість і батьківську підтримку на тернистому шляху сходження до наукового Олімпу.

Видатний вчений-гігієніст, яскрава особистість, педагог від Бога і просто порядна шляхетна людина, Євген Гнатович залишив солідну наукову спадщину, яка буде ще багато десятиліть виховувати майбутніх лікарів профілактичної медицини. Своїми науковими розробками він заклав підвалини гігієни ґрунту і концептуальні основи гігієнічного нормування екзогенних хімічних речовин у цьому важливішому життєвому середовищі.

Є.Г. Гончарук пройшов не простий життєвий шлях від злиденного дитинства до всесвітньо відомого академіка п'яти академій! *«... доля випробувала його, готуючи до вершин викладацької майстерності, наукової мудрості, непохитності у відстоюванні ролі гігієни в охороні здоров'я населення ... він був з когорти наших попередників, які творили історію гігієни»,* – писав академік А.М.Сердюк в статті «Антологія безсмертя творців профілактичної медицини» [1].

Творчий шлях вченого в галузі профілактичної медицини почався ще із студентських наукових гуртків. Студент Київського медичного Євген Гончарук слухав лекції О.М.Марзєєва і М.В. Громашевського, радився з ними і все своє життя потім звіряв по їх порадам. О.М. Марзєєв запрошував юнака, що подавав надії, до себе в аспірантуру, та Євген Гнатович обрав кафедру проф. П.І. Баранника, і після закінчення в 1954 р. Київського медінституту з відзнакою та

рекомендацією Вченої ради Інституту на наукову роботу Є. Гончарук вступив до аспірантури при кафедрі загальної гігієни, де під керівництвом професора П.І. Баранника розпочав виконувати дисертаційну роботу «К вопросу гигиенической оценки очистки бытовых сточных вод на площадках подземного орошения (фильтрации)».

Згодом, Євген Гнатович пройшов всі шаблі інститутської ієрархії – від викладача до декана. Він являвся одним з небагатьох у 80-ті роки ХХ століття членів Академії медичних наук СРСР, а це варто поваги. Гігієніст, спеціаліст в галузі громадського здоров'я, профілактичного спрямування в системі охорони здоров'я, Євген Гнатович був серед світових лідерів в цьому напрямку.



**На лекції з комунальної гігієни (1969 р.)**

Отже **метою** цієї роботи було дослідити наукову спадщину академіка Є.Г.Гончарука і визначити його роль в історії розвитку гігієнічної науки і санітарної практики.

**Методи дослідження.** Для досягнення мети нами було проведено наукометричний аналіз персональних бібліографій вченого, проаналізовано динаміку наукових публікацій за весь період його творчої діяльності. В роботі використані наукометричні, бібліо-



метричні методи та метод наукового аналізу. Джерелом бібліографічної інформації слугували: бібліографічний вказівник наукових праць вченого, періодичні видання, збірники наукових праць з гігієни, тези доповідей наукових конференцій, з'їздів, тощо [2-3].

**Результати.** Перші наукові публікації Євгена Гнатовича з'явилися у 1956 році. Це були роботи, виконані в рамках дисертаційних досліджень автора і присвячені забрудненню ґрунту та ґрунтових вод дренажними трубами полів зрошення [4].

Від тих перших скромних тез почався творчий шлях аспіранта, майбутнього академіка, який продовжувався 48 років, 19 з яких він очолював Національний медичний університет імені О.О.Богомольця. Це були яскраві роки пошуку, натхненної праці, помилок і перемог, вирішення складних життєвих і наукових завдань, самоствердження. Талановитий дослідник, експериментатор, він намагався кожен проблему вирішувати з фундаментальним обґрунтуванням, впроваджуючи отримані результати в практику народного господарства. Його невичерпна енергія не знала меж, а природний талант і розважливості допомагали у досягненні мети. Під його керівництвом у 1995 році Київський медичний став першим Національним медичним університетом серед медичних вузів України.

Наукова спадщина Є.Г. Гончарука складає понад 500 (502) наукових праць, надрукованих як у вітчизняних, так і закордонних виданнях. Серед них 45 монографій і підручників, 195 статей що вийшли у провідних наукових журналах і збірниках праць, 13 винаходів, 51 методичний і 17 нормативних документів (таблиця 1).

Таблиця 1

**Розподіл друкованих праць академіка Є.Г.Гончарука за видами публікацій (1956-2004 рр.)**

Вид друкованої роботи	Кількість	
	абсол. чис.	% від загальної кількості
1. Монографії	<b>20</b>	<b>3,98</b>
2. Підручники	<b>12</b>	<b>2,39</b>
3. Учбові посібники	<b>13</b>	<b>2,59</b>

Вид друкованої роботи	Кількість	
	абсол. чис.	% від загальної кількості
4. Брошури	<b>14</b>	<b>2,78</b>
5. Статті в журналах	<b>98</b>	<b>19,52</b>
6. Статті в збірках	<b>97</b>	<b>19,32</b>
7. Тези конференцій	<b>154</b>	<b>30,68</b>
8. Методичні документи	<b>51</b>	<b>10,20</b>
9. Нормативні документи	<b>17</b>	<b>3,38</b>
10. Інформаційно-інструктивні документи	<b>13</b>	<b>2,58</b>
11. Авторські свідоцтва, патенти	<b>13</b>	<b>2,58</b>
<b>Всього</b>	<b>502</b>	<b>100</b>

Для спрощення процесу наукометричного аналізу, умовно, ми всі роки науково-педагогічної діяльності Євгена Гнатовича поділили на декілька періодів, які, на наш погляд, можна вважати основними віхами творчого шляху вченого, педагога, громадського діяча:

**1954-1961** – це роки навчання в аспірантурі і робота асистентом на кафедрі Тернопільського медичного інституту;

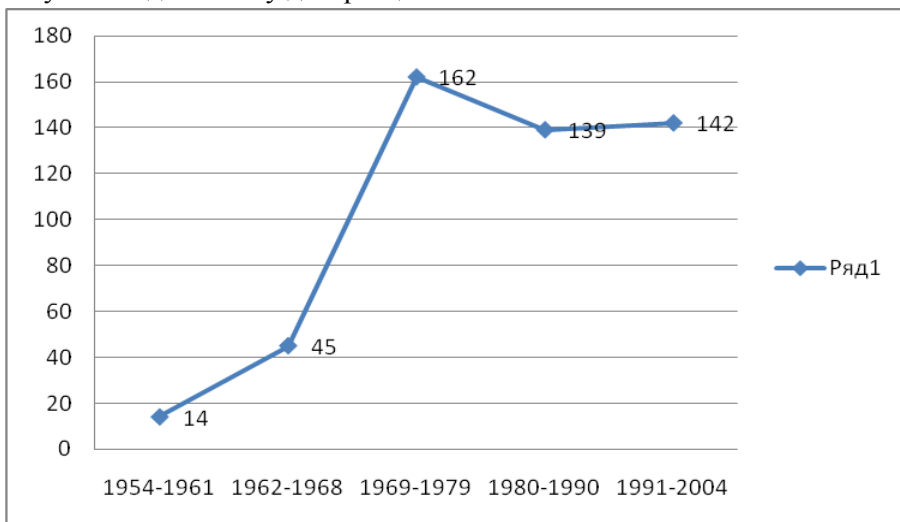
**1962-1967** – захист кандидатської дисертації і повернення на кафедру комунальної гігієни Київського медичного інституту ім. О.О. Богомольця;

**1968-1979** – захист докторської дисертації, робота на посаді завідувача кафедри комунальної гігієни і декана санітарно-гігієнічного факультету;

**1980-1990** – обрання член-кореспондентом та дійсним членом АМН СРСР (з 1991 р. РАМН) та на посаду ректора Київського ордена Трудового Червоного Прапора медичного інституту імені О.О. Богомольця;

**1991-2004** – світове визнання вченого: обрання членом Національної академії наук України із спеціальності «гігієна» та академіком-засновником Академії педагогічних наук України, дійсним членом АМН України та членом Міжнародної академії наук вищої школи, дійсним членом Академії природничих наук загальноросійського об'єднання вчених, членом Всесвітньої академії медицини Альберта Швейцера.

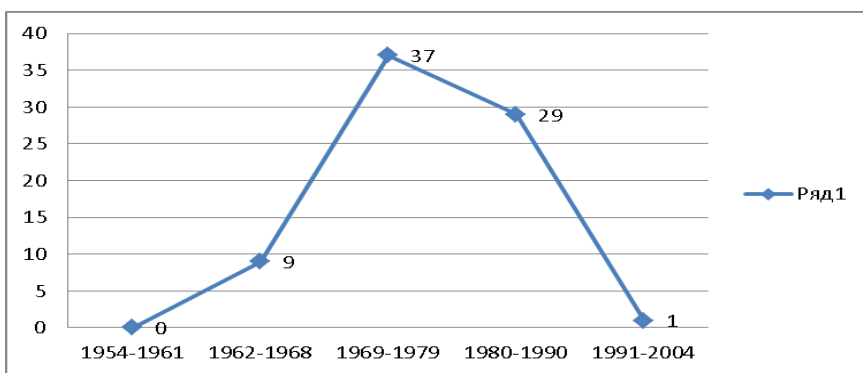
Отже, **перший період** науково-педагогічної діяльності Євгена Гнатовича відзначився 14 науковими працями (рис. 1), які були присвяченими питанням очистки побутових стічних вод на полях підземного зрошення, вивченню забруднення ґрунту, мінералізації фільтрату полів підземного зрошення [5, 6]. Неодноразово вчений доповідав результати своїх досліджень на науково-практичних конференціях. Треба зауважити, що в період з 1957 по 1961 рік Євген Гнатович працював асистентом кафедри гігієни Тернопільського медичного інституту, в організації і становленні якої брав активну участь і навіть деякий час виконував обов'язки завідувача. Згадуючи цей період свого творчого становлення, Євген Гнатович розповідав, що наприкінці 1957 р. на посаду завідувача кафедри була обрана професор. М.В. Антонова, яку невдовзі змінив професор О. Перов. Кафедра почала укомплектовуватись кадрами, у Євгена Гнатовича зменшилось педагогічне навантаження і у нього з'явилась можливість готуватись до захисту дисертації.



**Рис. 1 – Динаміка виходу наукових публікацій в різні періоди діяльності Є.Г.Гончарука**

14 квітня 1961 р. Є.Г.Гончарук захистив кандидатську дисертацію на засіданні спеціалізованої Вченої ради у Вінницькому медичному інституті ім. М.І.Пирогова і у вересні цього ж року за сприяння професора Р.Д. Габовича, молодого талановитого вченого запрошенують до міста Києва і всю свою подальшу наукову, педагогічну та громадську діяльність Євген Гнатович пов'язує з Alma mater – Київським медичним інститутом імені акад. О.О. Богомольця.

**Другий період** наукової діяльності вченого характеризується більш широкою публікаційною активністю. В цей час виходить 45 наукових праць, 6 з яких надруковано у провідному в тойчас союзному журналі «Гигиена и санитария», у збірках праць різних рівнів [7, 8, 9], а у 1967 р. виходить його перша монографія «Сооружения подземной фильтрации бытовых сточных вод (гигиеническое обоснование и санитарные требования)», де були представлені матеріали дисертаційних досліджень [10]. У період 1962-1968 рр. за авторством Є.Г.Гончарука виходить 9 нормативно-методичних документів (рис.2.): це «Республіканські будівельні норми», і «Методичні вказівки», присвячені проектуванню очисних споруд місцевих каналізацій сільських населених місць, їх устрою і експлуатації. Крім того Євген Гнатович з успіхом продовжує наукові дослідження з питань профілактики розповсюдження серед населення водним шляхом кишкових бактеріальних і вірусних інфекцій і геогельмінтозів, які згодом втілює в докторську дисертацію «Гигиеническое изучение систем местной канализации с обоснованием санитарных норм их проектирования и эксплуатации» [11].



**Рис. 2 – Динаміка виходу нормативно-методичних документів, підготовлених і виданих за участю Є.Г. Гончарука**

Найбільш насиченим і ефективним є **третій період** творчості Євгена Гнатовича. Наприкінці серпня 1968 р. Є.Г. Гончарук обирається на посаду завідуючого кафедрою комунальної гігієни, яка на той час була вакантною, оскільки його вчитель професор Р.Д. Габович став завідувати кафедрою загальної гігієни. У 1969 р. Є.Г. Гончарук отримує вчене звання професора та за пропозицією ректора професора В.І. Мілька Вченою радою медичного інституту обирається деканом санітарно-гігієнічного факультету і працює на цій посаді до 1979 р. Кафедру ж комунальної гігієни (з 1996 р. комунальної гігієни та екології людини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця) Євген Гнатович очолював до кінця свого життя.

Професор Гончарук, працює як декан санітарно-гігієнічного факультету і завідувач кафедри комунальної гігієни. Він удосконалює систему управління факультетом, розробляє програми для поліпшення якості знань студентів, та надбання ними навичок для майбутньої професії [12, 13].

Слід зазначити що це був період найбільш ефективного розквіту санітарно-гігієнічного факультету в Київському медичному інституті. В ці роки виходить 7 підручників і учбових посібників для студентів, написаних викладачами профілактичного факультету.



**Державний іспит з комунальної гігієни (1971 рік).**

Вперше у колишньому СРСР у 1977 р. за редакцією Є.Г. Гончарука видається “Руководство к практическим занятиям по коммунальной гигиене”, що сконцентрувало досвід накопичений кафедрою з підготовки лікарів гігієністів і епідеміологів. Цей навчальний посібник витримав три перевидання (М., Медицина, 1977, 1982, 1990).

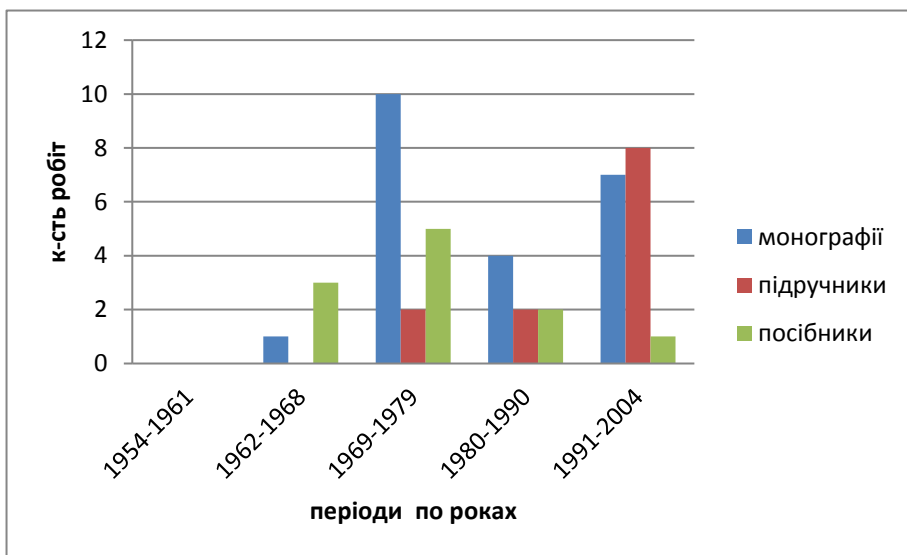
### Навчальні посібники, видані за участю Є.Г. Гончарука

№№ п/п	Назва	Видавництво, рік кількість стор.	Співавтори
1.	Малая канализация./ Выбор принципиальных схем. Сооружения механической очистки/	Киев 1970, 103 с.	
2.	Малая канализация/ Биологическая очистка/.	Киев, 1970, 119 с.	
3.	Местная канализация и очистка сточных вод.	Москва, 1971, 32 с.	Н.Н. Трахтман
4.	Руководство к практи- ческим занятиям по коммунальной гигиене.	Москва, Медицина, 1977. 495 с.	Р.Д. Габович и др.
5.	Жилые и общественные здания в УРСР. «Лабо- раторные исследования внешней среды».	Киев, Здоровья, 1978, С.54-96.	А.М. Заривай- ская и др.
6.	Изучение влияния факто- ров окружающей среды на здоровье населения.	МЗ УССР, КМИ, Киев, 1989, 204 с.	Ю.В. Воро- ненко, Н.И. Марце- нюк
7.	Руководство к лабора- торным занятиям по коммунальной гигиене.	Москва, Медицина, 1982. 416 с.	Р.Д. Габович и др.
8.	Руководство к лабора- торным занятиям по коммунальной гигиене.	Москва, Медицина, 1990. 416 с.	Р.Д. Габович и др.

№№ п/п	Назва	Видавництво, рік кількість стор.	Співавтори
9.	Російсько-українсько-латинський тлумачний словник гігієнічних термінів	Київ, 1992.– 82 с.	В.Г. Бардов, В.Ф. Марієв-ський та ін.
10.	Альбом «Местные системы канализации»	Академия строительства и архитектуры УССР. Киев, 1963, 17 с.	
11.	Альбом очистных канализационных сооружений малой производительности	Госстрой СССР НИИ Сантехники Гипросельстрой, М., 1965, 28 с.	
12.	Альбом «Местные очистные сооружения канализации»	Киев, МКХ УССР, 1967, 36 с.	
13.	Альбом «Очистные станции с компактными установками типа БИО-25, производительностью 25-100 м <sup>3</sup> /сутки».	Одесса, 1974, Госстрой СССР, 52 с.	
14.	Альбом «Очистные станции с компактными установками типа КУ-200, производительностью 200-700 м <sup>3</sup> /сутки».	Одесса, 1974, Госстрой СССР, 48 с.	

І, в той же час, не зменшується активність його наукової діяльності. Професор Гончарук Є.Г. продовжує опікуватись проблемами охорони навколишнього природного середовища від забруднення шкідливими екзогенними хімічними речовинами. Ним були проведені ґрунтовні лабораторні експериментальні дослідження закономірностей процесів міграції і детоксикації хімічних речовин в ґрунті, встановлені їх граничні концентрації за шістьма показниками

шкідливості (органолептичним, міграційно-водним, міграційно-повітряним, фітоакумуляційним або транслокаційним, загально санітарним і токсикологічним), вивчений в натурному експерименті вплив забруднення ґрунту на здоров'я населення. Для стандартизації експериментальних досліджень розроблені оригінальні лабораторні моделі: фітокліматичні камери для вивчення процесів міграції екзогенних хімічних речовин з ґрунту в рослини, а також стабільності цих речовин в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Разом із своїми учнями Євген Гнатович досліджує склади отрутохімікатів та їх вплив на ґрунт і суміжні середовища, вивчає біологічну дію препаратів побутової хімії, питання знезараження стоків інфекційних лікарень, розробляє гігієнічні питання санітарної охорони ґрунтів населених місць України. Все це втілюється в 10 монографіях, 37 нормативних документах та 162 наукових публікаціях, що вийшли за цей період (рис. 2, 3).



**Рис. 3 – Динаміка виходу монографій, підручників, посібників в різні періоди діяльності Є.Г.Гончарука**





Такий діапазон наукових інтересів Євгена Гнатовича свідчить про широту кругозору вченого, державне мислення, зацікавленість у вирішенні гігієнічних проблем не тільки сьогодні, але й на майбутнє. Йому належить пріоритет вирішення двох наукових проблем, що стали значним внеском в охорону здоров'я населення та гігієну навколишнього природного середовища не тільки нашої країни. Це перше – запобігання виникнення епідемій кишкових інфекцій вірусного та бактеріального походження і інвазій, які передаються водним шляхом; друге – профілактика гострих і хронічних отруєнь серед населення, зумовлених екзогенними хімічними речовинами.

Вперше у вітчизняній і світовій науці Є.Г.Гончаруком було доведено, що на спорудах підземної фільтрації побутових стічних вод процеси самоочищення ґрунту відбуваються не лише в його поверхневих але й у глибоких шарах. Це відкриття значно розкрило

теорію процесів самоочищення в ґрунті, довело всьому світові, що велика група очисних споруд з підземною фільтрацією побутових стічних вод, можуть ефективно застосовуватися для каналізування сіл і окремо розміщених об'єктів [10, 14, 15].

В цей же період Євген Гнатович багато уваги приділяє проблемам теорії і практики нормування хімічних речовин у ґрунті [16, 17]. Вперше в світовій гігієнічній науці він створює нову методологію та принципову схему гігієнічного нормування екзогенних хімічних речовин (ЕХР) у ґрунті, основні концептуальні положення якої були ним проголошені на XVI Загальносоюзному з'їзді гігієністів і санітарних лікарів у 1972 році [18].

Дуже яскравим і насиченим був **четвертий період** наукової та громадської діяльності Є.Г. Гончарука. У 1984 р. загальними зборами Академії медичних наук СРСР він обирається член-кореспондентом АМН СРСР, у 1988 р. стає дійсним членом цієї академії, а з червня 1984 р. призначається, а в 1989 р. обирається ректором Київського ордена Трудового Червоного Прапора медичного інституту імені О.О. Богомольця.

Це не тільки визнання заслуг Євгена Гнатовича суспільством, це повага і авторитет до знаного вченого, видатного педагога вищої школи, людини, яка своїми справами, своєю мудрістю, своїм відношенням до людей досягла вищого визнання не тільки в своїй країні, але й у світі.

У цей період Євген Гнатович багато уваги приділяє удосконаленню учбового процесу. Ректором Є.Г. Гончаруком було створено 8 нових факультетів, 15 кафедр, медичний ліцей. У списку його публікацій з'являється нові підручники і посібники з гігієни, комунальної гігієни, керівництво з лабораторних досліджень (усього 8 найменувань). Разом із знайомими вченими Росії Г.І. Сидоренко, К.І. Акуловим, К.О. Буштуєвою та провідними українськими науковцями Р.Д. Габовичем, В.Г. Бардовим, Ю.В. Вороненко, В.І. Ципріяном, М.І. Марценюком виходять підручники і монографії з вивчення факторів навколишнього середовища та їх впливу на здоров'я населення, гігієнічного нормування хімічних речовин, видається підручник з загальної гігієни [19, 22].



Не дивлячись на велике завантаження у академії та ректораті, Євген Гнатович не залишає без уваги своїх учнів і рідну кафедру. Він дає путівку у науковий світ десяткам талановитих вчених, продовжує спілкування із студентами, передаючи їм свій досвід, знання, тепло свого щирого серця.

Список наукових праць четвертого періоду становить 139 публікацій у вітчизняних і зарубіжних виданнях. Євген Гнатович продовжує наукову діяльність і разом із своїми учнями опікується проблемами гігієнічного регламентування, міграції ксенобіотиків та їх дію на ферментативну активність ґрунтів, вивчає міграцію хімічних речовин із ґрунту в повітря та ґрунтові води, переймається питаннями гігієни і токсикології пестицидів, не забуваючи при цьому про навчальний процес, розробляючи методичні основи викладання теоритичних і профільних дисциплін на саніторно-гігієнічному факультеті [20].



В результаті поглиблених фундаментальних досліджень академіком Гончаруком Є.Г. вивчені процеси сорбції пестицидів та інших хімічних речовин на крапельках водного туману. Це дало змогу розкрити механізм виникнення гострих, в тому числі смертельних отруєнь людей на сільськогосподарських полях, оброблених пестицидами, і розробити методичні рекомендації з прогнозування критичної зони метеорологічних параметрів для організації відповідних профілактичних заходів. Саме ці дослідження дозволили академіку Є.Г. Гончаруку та іншим вченим розробити і офіційно встановити ГДК в ґрунті низки пестицидів, таких важких металів, як свинець, ртуть, кобальт, цинк, нікель, мідь, ванадій і їх солей. За розробку проблеми: “Важкі метали як небезпечні для людини забруднювачі довкілля України: медико-екологічні дослідження, обґрунтування і досвід впровадження профілактичних заходів” Є.Г. Гончарук вдруге, разом з іншими вченими-гігієністами України, удостоєний звання Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки за 2002 рік. В експериментальних дослідженнях академіком Є.Г. Гончаруком встановлено, що у патогенезі порушень, виявлених при поєднаній дії солей важких металів (свинцю, кадмію тощо) та

радіонуклідів, суттєве значення мають активація перекисного окислення ліпідів, виснаження антиоксидантних систем організму, розвиток тканинної і циркуляторної гіпоксії, які підпорядковуються хроноконцентраційній залежності. Спрямовуючи свою дію на одні й ті ж біологічні системи (перекисне окислення ліпідів та антиоксидантні системи), солі свинцю і кадмію та іонізуюче випромінювання, пестициди, нітрати, взаємно посилюють дію одне одного.

Аналізуючи публікаційну активність Є.Г.Гончарука, бачимо, що 154 роботи (понад 30,5 %) – це тези доповідей наукових конференцій, з'їздів, форумів різного рівня, від місцевих, республіканських до міжнародних. Треба зауважити, що виступи Євгена Гнатовича викликали жвавий інтерес на будь яких зібраннях і наукових форумах. Він завжди поспішав поділитися результатами своїх досліджень з колегами і спеціалістами зацікавлених установ, міністерств і відомств. Тому географія його виступів охоплює майже всі союзні республіки бувшого СРСР. Ми бачимо його виступи на українських, республіканських та загальносоюзних з'їздах гігієністів і санітарних лікарів, нарадах з актуальних питань санітарної охорони ґрунтів населених місць, конференціях з охорони навколишнього середовища, гігієни села, національній конференції молодих вчених Болгарії, конференцій з санітарної мікробіології, з'їздів соціал-гігієністів, епідеміологів, мікробіологів і інфекціоністів та багато інших. Блискучий оратор, він своєю промовою заворожував аудиторію будь якого рівня. У нього завжди було чому навчитись і що послухати.

Значна частина творчості Євгена Гнатовича присвячена розробці науково-методичних і навчально-методичних документів.

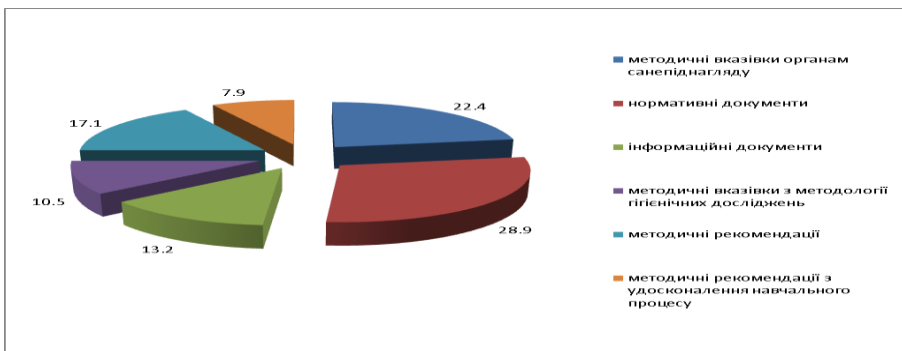
Починаючи буквально з перших років своєї науково-педагогічної діяльності і до останнього часу роботи в Київському медичному інституті (Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця), регулярно, з інтервалом в 1-2 роки, а деколи і кожного року виходили методичні вказівки з різних напрямків комунальної гігієни, які допомагали органам і установам державного санепіднагляду своєчасно впроваджувати в практику надбання

науковців щодо попереджувального і поточного санітарного нагляду за об'єктами довілля і факторами, що можуть становити загрозу для санітарного стану країни. Всього видано 76 нормативно-методичних документів, більшість з яких (37) видано у період з 1969 по 1979 рр.



У IV періоді діяльності (1980-1990) суттєва частина методичних документів була присвячена гігієнічному обґрунтуванню ГДК хімічних речовин у ґрунті, вивченню здоров'я населення, охороні навколишнього середовища. В той же час виходить низка методичних рекомендацій з удосконалення проведення навчального процесу студентів з комунальної гігієни [12, 21]. Структура виданих нормативно-методичних документів представлена на рис. 4.

Якщо розглядати структуру нормативно-методичних документів, що вийшли за авторством Є.Г. Гончарука, бачимо що найбільша кількість цієї групи матеріалів (28,9%) належить до **нормативних документів**. В їх числі будівельні норми на проектування і експлуатацію очисних споруд місцевої каналізації, норми технологічних процесів, вимоги до установок з очищення та знезараження стічних вод, державні стандарти, ГДК та інші.



**Рис. 4 – Структура нормативно-методичних документів, що вийшли за авторством Є.Г.Гончарука (%)**

Наступну сходинку посідають **методичні вказівки**, розроблені для органів санепіднагляду (22,4%), щодо здійснення попереджувального і поточного санітарного нагляду, контролю за спорудженням та експлуатацією різних санітарно-технічних установок, вибору та улаштуванню схем каналізування населених місць і спеціальних об'єктів.

**Методичні рекомендації** становлять 17% усіх нормативно-методичних документів і стосуються різних напрямків комунальної гігієни від методології вивчення якості об'єктів навколишнього середовища до оцінки стану здоров'я населення у зв'язку із дією різних чинників довкілля.

Значна частка (13,2%) належить **інструктивно-інформаційним** матеріалам, які охоплюють питання знезараження та знешкодження стічних вод, організації та проведення санітарного нагляду за об'єктами довкілля, проведенню лабораторного контролю за факторами навколишнього середовища.

Далі йдуть методичні матеріали з методології гігієнічних досліджень (10,5%) і рекомендації з проведення та удосконалення навчального процесу у вищих медичних навчальних закладах (7,9%).

Отже, можна констатувати, що значна частина наукових розробок, виконаних протягом усього періоду науково-педагогічної діяльності як безпосередньо Євгеном Гнатовичем, так і під його керівництвом, знайшли серйозне впровадження в практику охорони здоров'я і розвиток навчального процесу вищої медичної школи.

В останній **п'ятий період** творчості Є.Г.Гончарука з 1991 по 2004 рр. було опубліковано 142 наукові праці, серед яких особливе місце займає підручник «Загальна гігієна: пропедевтика гігієни» виданий за його редакцією та участю провідних вчених-гігієністів України Ю.І. Кундієва, В.Г. Бардова, Ю.В. Вороненко, О.П. Яворовського та ін. для студентів вищих медичних навчальних закладів [24]. У цьому підручнику академіком Є.Г.Гончаруком вперше в історії профілактичної медицини сформульовані закони гігієни, які були розроблені разом із академіком Г.І. Сидоренко в останнє десятиріччя ХХ століття. Вперше вони були опубліковані у 1997 році у «Віснику гігієни і епідеміології». Закони гігієни являють собою теоретичні основи гігієни і визначають все різноманіття проявів взаємодії організму людини з навколишнім середовищем, обґрунтована загальнофілософська та предметна методологія гігієнічної науки, визначені специфічні методи її досліджень. Викладено вчення про навколишнє, зовнішнє та внутрішнє середовище. Визначено специфічний об'єкт вивчення сучасної гігієни, яким є практично здорова людина (індивідуальне здоров'я), колективи практично здорових людей (колективне здоров'я), населення країни в цілому (популяційне здоров'я). Наведено характеристики окремих факторів навколишнього середовища, розкрито механізм їхнього впливу, викладені принципи гігієнічної регламентації шкідливих чинників в різних об'єктах навколишнього середовища. Коротко, зміст законів полягає в наступному.

**Перший.** *Про три рушійні сили впливу факторів довкілля на здоров'я населення: джерела шкідливості, механізму впливу (передачі), сприйнятного організму.*

**Другий.** *Неминучого негативного впливу на навколишнє середовище діяльності людей.*

**Третій.** *Неминучого негативного впливу на довкілля і здоров'я людини природних катастроф і техногенних аварій.*

**Четвертий.** *Позитивного впливу людської спільноти на навколишнє середовище.*

**П'ятий.** *Неминучого негативного впливу забрудненого навколишнього середовища на здоров'я населення.*



Закони гігієни стали яскравим доказом можливості систематизації гігієнічних знань, вони охоплюють широкий діапазон дії і здатні інтегрувати усі процеси в гігієні і медичній екології [23, 22].

Колектив авторів цього підручника було удостоєно звання Лауреатів Державної премії України у галузі науки і техніки за 1997 рік, а у 2000 р. підручник перевиданий російською мовою.



**Викладачі Національного медичного університету ім.О.О.Богомольця – Лауреати державної премії України у галузі науки і техніки за 1997 рік**

Продовжуючи піклування про удосконалення гігієнічних знань майбутніх фахівців профілактичної медицини і, зберігаючи традиції своїх попередників, у 2003 р. колективом викладачів медичного університету (Є.Г. Гончарук, В.Г. Бардов, С.І. Гаркавий, О.П. Яворовський та ін.) за редакцією Є.Г.Гончарука видано

підручник «Комунальна гігієна», який у 2007 р. уже після уходу з життя Євгена Гнатовича було відзначено премією НАМН України в галузі профілактичної медицини [25].

### Підручники, видані Є.Г. Гончаруком

№№ п/п	Назва	Видавництво, рік кількість стор.	Співавтори
1.	Предупредительный санитарный надзор в гражданском строительстве	Киев, “Здоров’я”, 188 с.	Р.Д.Габович, Н.Н.Квитницкая и др.
2.	Основы предупредительного санитарного надзора.	Киев, Вища школа, 1975, 310 с.	Г.Х. Шахбазян
3.	Коммунальная гигиена.	Москва, Медицина, 1986, С.182-261	К.И. Акулов, К.А. Буштуева и др.
4.	Общая гигиена. Учебник /Г.И. Румянцев, В.П. Воронцов и др./	Москва, Медицина, 1990. 288 с.	Г.И. Румянцев, М.П. Воронцов
5.	Общая гигиена (пропедевтика гигиены).	Киев, Вища школа, 1991. 384 с.	В.Г. Бардов и др.
6.	Медицина дитинства	Киев, Здоров’я, 1994. Т. 1, 700 с.	П. С.Мошич, В.І.Берзінь та ін.
7.	Загальна гігієна: пропедевтика гігієни: Підручник. За ред. Є.Г.Гончарука	Київ, Вища школа, 1995. – 552 с.	В.Г.Бардов, Г.І. Румянцев та ін.
8.	Збірник задач з комунальної гігієни (для студентів медико-профілактичного факультету мед. Вузів України).	МОЗ України, НМУ – К., 1995. – 52 с.	С.І. Гаркавий, І.Л. Курінний, І.І. Ткаченко та ін.

№№ п/п	Назва	Видавництво, рік кількість стор.	Співавтори
9.	Общая гигиена: пропедевтика гигиены (російською мовою).	Київ. Вища школа, 1999	В.Г. Бардов, Ю.І. Кундієв, Ю.В.Вороненко та ін.
10.	Медицина дитинства	К., Здоров'я, 1999. Т. 111, 700 с.	П. С.Мошич, В.І.Берзінь та ін.
11.	Комунальна гігієна (підручник)	Київ, Здоров'я, 2003, 728 с.	В.Г. Бардов, С.І.Гаркавий, О.П. Яворовсь- кий та ін.
12.	Коммунальная гигиена (учебник)	Київ, Здоров'я, 2006, 792 с.	В.Г. Бардов, С.І. Гаркавий, О.П. Яворовсь- кий та ін.

Науково-дослідницька діяльність Євгена Гнатовича була пов'язана зі спеціалістами різних напрямків гігієнічної науки та суміжних дисциплін.

Тому наукове співробітництво вченого, що відображене в його наукових публікаціях, майже 80%, охоплює широке коло фахівців: від гігієністів і санітарних лікарів, до інженерів, технологів, проєктантів, тощо, що стали співавторами наукових розробок академіка.

Можна відзначити, що за весь період творчої наукової діяльності Є.Г. Гончарука майже 20% робіт автор опублікував самостійно. Найбільша кількість одноосібних публікацій вийшло в період 1991-2004 рр. В попередні періоди кількість таких публікацій в середньому становила 19 одиниць за десятиріччя, крім першого періоду творчості 1954-1961 рр., коли йшов процес формування особистості Євгена Гнатовича, та вибору сфери наукових інтересів. Пізніше саме життя підтвердило правильність обраного напрямку вченого.

Чим більш авторитетним становився Євген Гнатович тим більше робіт виходило у співавторстві як із знайомими вченими, так і з діячами різних напрямків, які працювали в галузі комунальної гігієни,

гігієни довкілля, охорони здоров'я населення від впливу факторів різної природи. В різні періоди творчості академіка Є.Г. Гончарука його співавторами були видатні вчені гігієністи країни: Павлов О.В., академіки Кундієв Ю.І., Медведь Л.І. Шахбазян Г.Х. Сидоренко Г.І., Сердюк А.М., його вчитель і наставник професор Габович Р.Д., професори Григор'єва Л.В., Нікберг І.І. Бараник П.І., Барченко І.П., Моложанова Л.Г., Найштейн С.Я., Костовецький Я.Й., Спину Є.І., Перелигін В.М., Яворовський О.П., Бардов В.Г., Гаркавий С.І. Ципріян В.І., Ширококов В.П., Коршун М.М., державні санітарні лікарі України Касьяненко А.М., Боримський В.К. Дучинський Б.М., Малашевський В.В. та багато інших.



### **На засіданні Вченої ради НМУ ім. О.О.Богомольця**

З 16 липня 2003 р. до останнього подиху академік Є.Г. Гончарук – почесний ректор і завідуючий кафедрою комунальної гігієни та екології людини Національного медичного університету імені О.О.Богомольця.

## Монографії академіка Є.Г.Гончарука

№№ п/п	Назва	Видавництво, рік кількість стор.	Співавтори
1.	Сооружения подземной фильтрации бытовых сточных вод (гигиеническое обоснование и санитарные требования)	Киев, Будівельник, 1967, 257 с.	–
2.	Очистка и обеззараживание сточных вод лечебных учреждений.	Киев, «Будівельник», 1973 167 с.	В.А. Прокопов
3.	Санитарная очистка населенных мест (на украинском языке).	Киев, «Будівельник», 1973 103 с.	В.И. Циприян и др.
4.	Малогабаритные очистные сооружения канализации.	Киев, Будівельник, 1974, 245 с.	А.И. Давиденко и др.
5.	Санитарный надзор за местными канализационными сооружениями.	Киев, Здоров'я, 1974, 102 с.	–
6.	Чистая вода- залог здоровья	Киев, Здоров'я, 1974, 35 с.	Г.М. Рахов
7.	Очистка питьевых и сточных вод от ядохимикатов.	Киев, Будівельник, 1975, 92 с.	А.М. Шевченко и др.
8.	Гигиенические основы почвенной очистки сточных вод.	Москва, Медицина, 1976. 182 с.	Г.И. Сидоренко и др.
9.	Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами.	Киев "Здоровья", 1977. 156 с.	–
10.	Все о санитарном враче.	Киев, Здоровья, 1980, 52 с.	А.М. Касьяненко
11.	Гигиена животноводческих комплексов и охрана окружающей среды.	Киев, Здоровья, 1985, 88 с.	Н.П. Вашкулат и др.

№№ п/п	Назва	Видавництво, рік кількість стор.	Співавтори
12.	Гигиеническое нормирование химических веществ в почве.	Москва, Медицина, 1986. 320 с.	Г.И. Сидоренко
13.	Про санітарних лікарів	Київ, Здоров'я, 1987, 72 с.	А.М. Касьяненко
14.	150 лет Киевскому медицинскому институту	МЗО УССР, Київ, Здоровье, 1991, с. 261.	Н.Н. Зайко, И.И.Бобрик и др.
15.	Лев Иванович Медведь	Москва, Медицина, 1991, 141 с.	А.В. Павлов, Ю.И. Кундиев
16.	Писатели из Киевского медицинского ин-та (Пером и скальпелем).	Київ, 1991. Дніпро, с. 5-16	
17.	Современные проблемы экогигиены.	Київ, Хрещатик, 1993, т. 1.- 175 с.	М.П. Захарченко и др.
18.	Современные проблемы экогигиены.	Київ, Хрещатик, 1993, т. 2.- 18 с.	М.П. Захарченко и др.
19.	Біографічний довідник завідувачів кафедр та професорів Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця (1841-2001)/За редакцією академіка НАН та АМН України Є.Г. Гончарука	Київ, 2001	І.М. Макаренко, І.М. Полякова
20.	160 років Національному медичному університету імені О.О. Богомольця /За редакцією академіка НАН, АМН України Є.Г. Гончарука	Київ, 2001	А.О. Андрощук, І.І. Бобрик та інші

Є.Г. Гончарук активно займався громадською діяльністю. Він був членом патріотичного руху «Пульс України», Національного Комітету радіаційного захисту населення України; Комітету по Державних преміях України в галузі науки і техніки; працював в

редакційних радах журналу АМН України, «Лікарська справа», «Довкілля та здоров'я», «Вісник гігієни та епідеміології», «Український науково-медичний молодіжний журнал», російських видань БМЭ, журналу «Гигиена и санитария». Неодноразово обирався депутатом Київської міської Ради народних депутатів.

І, в довершення, треба зазначити, що Євген Гнатович був надзвичайною чуйною, доброзичливою людиною. До нього завжди можна було звернутися і одержати як професійну, так і життєву пораду, і це відображено не лише в його творчості, але й у спогадах, що залишилися у серцях його сучасників і усіх, кому пощастило з ним працювати і спілкуватись [26].

Академік Є.Г. Гончарук присвятив своє життя служінню гігієні й людям. Ніщо людське не було йому чужим. Він був багатогранною і складною особистістю, розумів прекрасне, любив літературу, музику, нерідко в колі друзів із задоволенням декламував поезію різних епох. Жив у атмосфері поваги, його авторитет, не лише в гігієнічних колах, був безмірним, а інтереси справи завжди стояли на першому місці. Його життя, його діяння нерозривно пов'язані з історією України, а духовна присутність відчувається й нині, коли він не може бути поряд.

## **ВИСНОВКИ**

В результаті проведеної роботи встановлено, що наукова спадщина академіка Є.Г. Гончарука є унікальним бібліографічним матеріалом для подальших наукометричних досліджень.

Наукові напрямки, започатковані вченим багато років будуть одними з найпріоритетніших у світі, вони, без сумніву, мають велике теоретичне і практичне значення і набувають подальшого розвитку в Україні завдяки створеною ним наукової школи, що є предметом окремих досліджень.

Динаміка публікаційної активності вченого продовж усього періоду його діяльності була достатньо високою і не відповідає загальним закономірностям вікових періодів наукової діяльності

інших вчених, що має тенденцію з роками до значного зменшення наукової і публікаційної активності. Навпаки, при тому, що найбільш активним в творчості вченого був III період з 1969 до 1979 роки – 162 публікації, в тому числі було видано найбільшу кількість монографій і посібників, а починаючи з 1980 р. і до кінця життя хоча кількість публікацій дещо зменшилась, але залишалась на стабільно високому рівні – 139-142 одиниці за четвертий і п'ятий періоди, в тому числі з 1991-2004 рр. вийшла найбільша кількість його підручників для вищих навчальних медичних закладів, що свідчить про нестримне бажання Євгена Гнатовича поділитися з молоддю накопиченими знаннями та досвідом.

Наукометричними дослідженнями виявлено різноманіття його наукових інтересів. Вивчаючи праці Є.Г. Гончарука можна прослідкувати динаміку становлення і розвитку його як вченого, так і педагога вищої школи від формування наукових інтересів до зрілої творчої особистості, визнаного вченого.

Можна стверджувати, що науково-педагогічна діяльність академіка Євгена Гнатовича Гончарука, відображена в понад 500 друкованих працях, є яскравим відзеркаленням цілої епохи в історії розвитку як вітчизняної так і світової гігієнічної науки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сердюк А.М. Антологія безсмертя творців профілактичної медицини – в кн. «Нариси з історії гігієни довкілля в Україні», Київ, 2006. – С. 9-42.
2. Луговой А.Н. Публикационная активность украинских ученых (научометрический анализ за период 1992-1998 гг.) // Наука та наукознавство. – 2000. – №1-2. – С. 175-181.
3. Рыбачук В.П., Виденина Н.Г. Научометрическое измерение научной деятельности Г.М. Доброва // Наука та наукознавство. – 2009. – №1. – С. 24-43.
4. Гончарук Е.И. К вопросу о загрязнении почвы дренажными трубами полей подземного орошения//Труды расширенной научной



конференции по санитарной охране почвы населенных мест. – К., 1956.– С. 58-59.

5. Гончарук Е.И. Изучение минерализации фильтрата полей подземного орошения в потоке грунтовых вод (на украинском языке)//Труды VI съезда гигиенистов, эпидемиологов, микробиологов и инфекционистов УССР. – К., 1959. – С. 96-97

6. Гончарук Е.И. Загрязнение подземных вод полями подземного орошения (фильтрации)// Гигиена и санитария. – М., 1959, № 7. – С. 15-20.

7. Гончарук Е.И. Экспериментальное обоснование норм нагрузок на очистные сооружения с подземной фильтрацией сточных вод//Сб. «Вопросы гигиены и санитарного оздоровления внешней среды». – Кишинев, 1964. – С. 37-39.

8. Гончарук Е.И., Кучерявая В.М. Санитарно-гигиеническая характеристика построенных на Украине малых очистных канализационных сооружений, работающих по принципу подземной фильтрации//Сб. 23. «Вопросы гигиены населенных мест». – К., 1964, т. 5. – С. 109-113.

9. Гончарук Е.И. Гигиеническое обоснование норм нагрузки бытовых сточных вод на поля подземной фильтрации (орошения)// Сб. «Малые системы водоснабжения и канализации». – М., 1965. – С.162-169.

10. Гончарук Е.И. Сооружения подземной фильтрации бытовых сточных вод (гигиеническое обоснование и санитарные требования).– К.: Будівельник, 1967. – 255 с.

11. Гончарук Е.И. Гигиеническое изучение систем местной канализации с обоснованием санитарных норм их проектирования и эксплуатации //Автореф. дисс. докт. мед. наук. – К., 1968. – 46 с.

12. Гончарук Е.И., Габович Р.Д., Никберг И.И. Первичная специализация по коммунальной гигиене// Сб. «Научная организация учебного процесса в медицинском вузе». – К., 1969. – С. 244-248.

13. Гончарук Е.И., Габович Р.Д. Задачи и перспективы дальнейшего совершенствования подготовки врачей-гигиенистов и эпидемиологов// Гигиена и санитария. – М., 1971, № 7. С. 87–91.

14. Гончарук Е.И., Давиденко А.И. и др. Малогабаритные очистные сооружения канализации. – К.: Будівельник, 1974. – 245 с.
15. Гончарук Е.И. Санитарный надзор за местными канализационными сооружениями. – К., 1974. – 102 с.
16. Гончарук Е.И., Циприян В.И. Экспериментальные данные к обоснованию методики нормирования вредных веществ в почве//Новейшие вопросы гигиены применения пестицидов. Труды V Всесоюзной научной конференции. – К., 1975. – 36 с.
17. Гончарук Е.И., Спасов А.С. Теоретические основы нормирования химических веществ в почве//«Гигиена и здравоопазване». – София, 1977, № 1. – С. 55-59.
18. Гончарук Е.И., Моложанова Л.Г., Найштейн С.Я., Спину Е.И. и др. Гигиенические основы охраны почвы сельских населенных мест//Сб. «Материалы XVI Всесоюзного съезда гигиенистов и санитарных врачей». – М., 1972. – С. 290-292.
19. Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И., Ховака В.В. Методические особенности изучения влияния загрязнения почвы экзогенными химическими веществами на здоровье населения// Гигиена и санитария. – М., 1980, № 11. – С. 5-7.
20. Гончарук Е.И., Габович Р.Д. и др. О методических основах преподавания теоретических и профильных дисциплин на санитарно-гигиеническом факультете// Гигиена и санитария. – М., 1981, № 3. – С. 47-51.
21. Гончарук Е.И., Циприян В.И. и др. Методические указания к проведению первичной специализации по коммунальной гигиене. МЗ УССР. – К.: КМИ, 1985. – 50 с.
22. Гончарук Е.И., Бардов В.Г. и др. Общая гигиена: пропедевтика гигиены. – К.: Вища шк., 1991. – 384 с.
23. Гончарук Е.И. Обоснование, формулировка и содержание основных законов гигиены//Вестник гигиены и эпидемиологии. – 1997. Т.1.– №1. – С.5-7.
24. Гончарук Є.Г., Кундієв Ю.І., Бардов В.Г. та інші Загальна гігієна: пропедевтика гігієни (За за ред. Є.Г. Гончарука). – К.: Вища школа, 1995. – 552 с.

25. Гончарук Є.Г., Бардов В.Г. Гаркавий С.І., Яворовський О.П. Комунальна гігієна (підручник). – Київ, Здоров'я, 2003, 728 с.

26. Ю. Виленский, С.Гаркавий, А. Прокопович. Академик Евгений Игнатьевич Гончарук. Повесть о жизни (Под редакцией В. Бардова) – Винница, : Нова книга, 2005. – 168 с.

Додаток

### **Авторські свідотства Є.Г. Гончарука**

1./80. Гончарук Е.И. Авторское свидетельство /№ 33125/ на изобретение «Состав для чистки и дезинфекции предметов домашнего обихода «Дезинфект»//Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР, 1971.

2./93. Гончарук Е.И. Авторское свидетельство (№ 394321) на изобретение «Устройство для осветления сточной жидкости и обеззараживания инфицированного осадка»//Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР, 1973.

3./146. Гончарук Е.И., Добровольская Ж.К., Волошин В.А. Авторское свидетельство /№ 562513/ на изобретение «Способ обработки активного ила»// Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР. 1977.

4./186. Гончарук Е.И., Зелинская А.Ф. и др. Авторское свидетельство /№ 857259/ на изобретение «Моющий состав для стирки». // Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР, 1981.

5./197. Гончарук Е.И., Таран Л. Б. и др. Авторское свидетельство /№ 914686/ на изобретение «Средства для удаления окрашенных пятен с целлюлозных текстильных материалов»//Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР, 1981.

6./236. Гончарук Е.И., Таран Л.Б. и др. Авторское свидетельство на изобретение № 1051146 «Способ удаления пятен гумусовых веществ при стирке белья»//Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР, 1983

7./258. Гончарук Е.И. и др. Авторское свидетельство №1287715 «Способ определения фунгицида афоса в воде и

почве»//Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР. – М., 1986.

8./259. Гончарук Е.И. «Ди (п-нитрофенокси-1,2-бис, диметил-аммоний, проявляющий антимикробную активность»//Заявка на изобретение № 3936007/04 «Т». Комитет по делам изобретений и открытий при СМ СССР, 1986. Положительное решение от 17.05.86.

9./264. Гончарук Е.И., Таран Л.Б. и др. Моющее средство для стирки. Авторское свидетельство № 1313868 от 01.02.87. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий. 1987.

10./430. Гончарук Є.Г., Кравець В.В., Ципріян В.І. Спосіб глибокого очищення стічних та поверхневих вод та пристрій для його здійснення (Рішення про видачу патенту на винахід без проведення експертизи)/ Держпатент України 15.01.1997.

## **НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ТА ПРИНЦИПІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВНЕСКУ КАНЦЕРОГЕННИХ РЕЧОВИН ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА У ФОРМУВАННЯ ОНКОЛОГІЧНОЇ ЗАХВОРЮВАНОСТІ**

*Черниченко І.О., Литвиченко О.М., Соверткова Л.С.,  
Баленко Н.В., Остап О.М., Смирнова Г.І.*

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ**

Одним з найбільш актуальних завдань профілактичної медицини на сьогодні є боротьба зі злякисними новоутвореннями. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), рак є однією з основних причин смерті в усіх країнах світу, поступаючись лише серцево-судинній групі захворювань [1]. Так, 2013-го року на планеті від злякисних пухлин померло близько 8,2 млн. чоловік та виявлено 14,9 млн нових випадків раку [2], тоді як 2000-го ці показники становили 6,0 та 10,0 млн. відповідно. За прогнозом фахівців, 2035-го року вже буде реєструватись понад 24 млн нових випадків раку [3].

Тенденція до зростання онкологічної захворюваності населення спостерігається і в Україні: за даними Національного канцер-реєстру, за останні 20 років вона зросла майже в 1,4 рази. Як і раніше, найбільш високими її показниками відзначаються області Півдня та Сходу України, що характеризуються високим рівнем індустріалізації та пріоритетним розвитком канцерогенонебезпечних виробництв металургійної, вугільної, хімічної, нафтопереробної промисловості, енергетичного комплексу тощо [4]. Тобто, особливості рівнів, структури та динаміки захворюваності населення відбивають багатокomпонентний вплив різноманітного спектру етіологічних факторів. Це особливо актуально для промислових міст з високим рівнем антропогенного забруднення середовища. Нераціональне

розміщення виробничих сил, недосконалість технологій та очистки викидів, зростання чисельності автотранспорту створюють у містах значне забруднення хімічними сполуками повітряного середовища, критеріями екологічного благополуччя якого є якість життя людини і рівень її здоров'я.

Для України проблема забруднення довкілля канцерогенними сполуками загалом, і атмосферного повітря зокрема, залишається актуальною, адже більшість діючих вітчизняних підприємств різних галузей промисловості, за класифікацією експертів Міжнародного агентства з вивчення раку (МАВР), розглядаються як канцерогенно небезпечні безпосередньо для людини. За матеріалами щорічних Національних доповідей про стан навколишнього середовища в Україні, навіть нині, за умов зменшення обсягів промислового виробництва, близько 70 % території країни характеризується значним і дуже значним забрудненням довкілля, близько 1,7 % є територією екологічного лиха [5]. У повітряному басейні 77 міст України зареєстровано понад 100 найменувань інгредієнтів, концентрації яких перевищують чинні ГДК, і це, безумовно, негативно впливає на здоров'я населення, призводить до зростання гострої та хронічної патології, перш за усе злякисних новоутворень [6-9].

Онкопатологія є одним з індикаторів екологічного неблагополуччя території: за висновками експертів МАВР, хімічні канцерогенні фактори навколишнього середовища, побуту та виробництва обумовлюють розвиток майже 80 % усіх злякисних новоутворень [10].

Слід зазначити, що оцінка небезпеки хімічних канцерогенів у довкіллі зазвичай зводиться до порівняння їх вмісту з гігієнічними стандартами. І таким чином оцінюється стан навколишнього середовища, але не визначається небезпека для здоров'я людей, пов'язана з ураженням окремих органів та систем організму, що не дозволяє також прогнозувати характер та інтенсивність захворюваності залежно від стану забруднення довкілля.

На сьогодні існує велика кількість досліджень, присвячених такому складному завданню як вивчення впливу факторів

навколишнього природного середовища на стан здоров'я населення [11-20]. Однак, вони обмежувалися визначенням зв'язків між рівнями канцерогенного навантаження на організм людини та онкологічною захворюваністю, тоді як питання прогнозування стану здоров'я за умов постійної тривалої дії шкідливих чинників, а також ступеня ризику впливу їх на населення й досі залишаються відкритими. До того ж, відсутня методологія визначення ролі окремих речовин та їх внеску у формування онкологічної захворюваності як загальної, так і окремих органів. До останнього часу усі речовини розглядалися загалом, а їх рівень оцінювався шляхом простої сумачії показників забруднення, що відповідає рівню загального забруднення і, відповідно, сукупного впливу їх на загальну захворюваність. Однак, оскільки для багатьох хімічних канцерогенів характерною є певна органотропність [21], можна очікувати, що розвиток окремих локалізацій раку може бути пов'язаним з впливом окремих сполук.

Аналіз даних багаторічних спостережень онкологічної захворюваності у співставленні з результатами дослідження забруднення довкілля [22, 23] показав, що, не дивлячись на збереження тенденції до зростання, відбуваються зміни у її структурі з перерозподілом пухлин різної локалізації за показником частоти. Це, вочевидь, пояснюється зменшенням антропогенного хімічного навантаження внаслідок певного спаду виробництва, але на тлі впливу інших факторів, таких як радіоактивне забруднення, забруднення продукцією побутової хімії, косметичних засобів тощо, з одного боку, та поширення негативного інформаційного навантаження, яке, як відомо, спричиняє суттєву імунодепресивну дію – з іншого.

В останні роки в Україні змінився підхід до вивчення зв'язку "захворюваність населення – забруднення навколишнього середовища" та оцінки стану довкілля і здоров'я населення, який полягає у застосуванні методології оцінок ризику [24, 25].

Ця методологія дає можливість кількісно оцінити рівні ризику для здоров'я населення від забруднення середовища його проживання. Впровадження методології оцінок ризику у вирішення задач з визначення ступеня екологічного неблагополуччя крупних

промислових міст з огляду на епідеміологічні дані щодо порушень у здоров'ї їхніх мешканців, розробка і оцінка ефективності заходів з його покращання сьогодні є актуальною задачею. При цьому важливим є аналіз внеску забруднення об'єктів навколишнього середовища у формування ризику захворюваності (як загальної, так і за окремими класами хвороб), оціненого за епідеміологічними або статистичними даними. Це дозволить у подальшому обґрунтувати пріоритети та управлінські рішення щодо зниження ризику для здоров'я населення в екологічно неблагополучних містах.

**Мета роботи** полягала у науковому обґрунтуванні методичних підходів до визначення внеску канцерогенних речовин повітряного середовища у формування онкологічної захворюваності.

Виходячи із загальної мети роботи, вирішувались наступні **завдання**:

- вивчити динаміку якісних та кількісних змін у аерогенному навантаженні пріоритетних хімічних канцерогенів на міське населення за останні 20 років;
- проаналізувати динаміку змін онкологічної захворюваності міського населення за цей період;
- виявити зв'язок між рівнями онкологічної захворюваності населення міст та ступенем забруднення атмосферного повітря канцерогенами за показниками загального аерогенного навантаження та за вмістом окремих речовин з урахуванням їх органотропності;
- розрахувати канцерогенні ризики (індивідуальні, сумарні, популяційні) для мешканців промислових міст з різним профілем промислового розвитку;
- визначити питому вагу екологозалежної частки онкологічних хвороб у загальній захворюваності;
- розробити методичні та теоретичні принципи щодо оцінки канцерогенної небезпеки забруднення повітряного середовища та визначити його внесок у формування екологозалежних форм онкологічної захворюваності.



**Об'єкт дослідження:** вплив канцерогенних сполук атмосферного повітря на захворюваність населення на злоякісні новоутворення.

**Методи дослідження** – фізико-хімічні (спектрально-люмінесцентний, газохроматографічний, фотоколориметричний), гігієнічні, аналітичної епідеміології, санітарно-статистичні, математичні.

Дослідження проводили у 3 містах України з різним рівнем і профілем промислового розвитку: велике адміністративне місто (м. Київ) та промислові центри із переважно специфічними галузями промисловості: хімічної (м. Черкаси) та нафтопереробної (м. Кременчук).

В атмосферному повітрі міст досліджували 8 канцерогенних сполук: бенз/а/пірен (БП), леткі N-нітрозаміни (НА): N-нітрозодиметиламін (НДМА) і N-нітрозодіетиламін (НДЕА) – за результатами власних багаторічних моніторингових спостережень, а також формальдегід та важкі метали (ВМ): кадмій, нікель, свинець, хром VI – за даними Центральної геофізичної обсерваторії Міністерства з надзвичайних ситуацій України. Для виявлення ймовірного впливу забрудненого канцерогенними сполуками атмосферного повітря міст на онкологічну захворюваність населення проаналізували (за даними Національного Канцер-реєстру) динаміку первинної захворюваності на цю патологію за весь період спостережень – загальної та окремих локалізацій (органи дихання, шлунок, нирки, сечовий міхур, стравохід, лейкоз тощо). Для оцінки небезпеки впливу цих сполук і внеску у формування онкологічної захворюваності населення застосовували методологію оцінок ризику [24, 25].

На першому етапі проводили ретроспективний аналіз стану забруднення повітряного середовища міст канцерогенними сполуками за період 1997-2013 рр., розрахунок показників забруднення та ризику впливу їх для виявлення пріоритетних сполук, які найбільш негативно впливають на здоров'я мешканців міст і визначають напрямок епідеміологічних досліджень; на другому – пошук кореляційних зв'язків між цими показниками.

Таблиця 1 містить інформацію щодо досліджуваних канцерогенних сполук, а також дані, необхідні для оцінки небезпеки їх інгаляційного впливу – показників, коефіцієнтів та індексів забруднення, а також канцерогенного ризику.

Таблиця 1

**Канцерогенні сполуки атмосферного повітря міст**

Сполука	Клас небезпеки	Група за класифікацією МАВР	ГДК для атмосферного повітря, мг/м <sup>3</sup>	Референтна концентрація RfC, мг/м <sup>3</sup>	Фактор канцерогенного потенціалу, SFi, (мг/(кг×д)) <sup>-1</sup>
формальдегід	2	1	0,003	0,003	0,046
БП	1	1	0,000001	0,000001	3,9
НДМА	1	2А	0,00005	—/**	49
НДЕА	1	2А	0,000015/*	—/**	150
кадмій	1	1	0,0003	0,00002	6,3
нікель	1	1	0,001	0,00005	0,84
свинець	1	2А	0,0003	0,0005	0,042
хром	1	1	0,0015	0,0001	42
бензол	2	1	0,1	0,03	0,027

Примітки.

1. \* – ГДК НДЕА теоретично розрахована, матеріали знаходяться на розгляді у МОЗ України;
2. \*\* – за відсутності референтної концентрації сполуки допускається застосування її середньодобової ГДК для атмосферного повітря.

Аналіз багаторічних даних вмісту у повітряному середовищі досліджуваних міст вказаних сполук свідчить про стабільне забруднення повітря канцерогенами та його варіабельність (таблиці 2-4). Як видно із таблиць, рівні вмісту цих речовин в атмосферному повітрі міст відрізняються, що, вочевидь, зумовлено характером промислового розвитку, щільністю промислових джерел у місті, чисельністю автотранспорту.

Таблиця 2

**Середньодобові концентрації (мкг/м<sup>3</sup>) пріоритетних канцерогенних речовин в атмосферному повітрі  
м.Києва (усереднені дані)**

<b>Сполуки</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Ф-д, мг/м <sup>3</sup>	0,0033	0,0040	0,0034	0,0039	0,0034	0,0038	0,0044	0,0033	0,0031
БП	0,0034	0,0029	0,0025	0,0028	0,0024	0,0032	0,0033	0,0024	0,0023
НДМА	0,0402	0,0483	0,0416	0,0469	0,0411	0,0501	0,0445	0,0387	0,0378
НДЕА	0,012	0,014	0,012	0,013	0,012	0,015	0,016	0,011	0,011
Кадмій	0,014	0,017	0,014	0,016	0,014	0,017	0,017	0,014	0,013
Нікель	0,023	0,028	0,024	0,027	0,024	0,026	0,032	0,023	0,022
Свинець	0,270	0,334	0,287	0,324	0,284	0,310	0,367	0,274	0,261
Хром	0,021	0,025	0,017	0,024	0,018	0,026	0,030	0,020	0,019
<b>Сполуки</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	
Ф-д, мг/м <sup>3</sup>	0,0029	0,0036	0,0041	0,0032	0,0034	0,0037	0,0033	0,0039	
БП	0,0020	0,0026	0,0030	0,0026	0,0025	0,0027	0,0024	0,0032	
НДМА	0,0349	0,0430	0,0497	0,0415	0,0370	0,0445	0,0406	0,0440	
НДЕА	0,010	0,012	0,014	0,011	0,012	0,013	0,012	0,013	
Кадмій	0,012	0,015	0,017	0,014	0,014	0,015	0,014	0,017	
Нікель	0,020	0,025	0,029	0,023	0,024	0,026	0,024	0,031	
Свинець	0,241	0,298	0,344	0,250	0,288	0,298	0,281	0,290	
Хром	0,017	0,018	0,029	0,014	0,020	0,023	0,021	0,024	

Таблиця 3

**Середньодобові концентрації пріоритетних канцерогенних речовин в атмосферному повітрі  
м. Черкаси (усереднені дані), мкг/м<sup>3</sup>**

<b>Сполуки</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Ф-д, мкг/м <sup>3</sup>	0,010	0,012	0,009	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,009
БП	0,0011	0,0013	0,0014	0,0012	0,0013	0,0016	0,0017	0,0018	0,0020
НДМА	0,0480	0,0424	0,0240	0,0440	0,0439	0,0525	0,0533	0,0499	0,0442
НДЕА	0,0132	0,0192	0,0153	0,0140	0,0121	0,0144	0,0124	0,0123	0,0122
Кадмій	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
Нікель	0,04	0,05	0,02	0,05	0,05	0,04	0,06	0,02	0,03
Свинець	0,07	0,09	0,04	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04
Хром	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,03

<b>Сполуки</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Ф-д, мкг/м <sup>3</sup>	0,008	0,010	0,009	0,009	0,011	0,012	0,011	0,012
БП	0,0015	0,0014	0,0023	0,0022	0,0019	0,0018	0,0022	0,0023
НДМА	0,0529	0,0550	0,0530	0,0501	0,0441	0,0500	0,0480	0,0515
НДЕА	0,0139	0,0132	0,0141	0,0135	0,0140	0,0151	0,0160	0,0165
Кадмій	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02
Нікель	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,06	0,07	0,07
Свинець	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04	0,06	0,05	0,04
Хром	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04

Таблиця 4

**Середньодобові концентрації пріоритетних канцерогенних речовин в атмосферному повітрі  
м.Кременчук (усереднені дані), мкг/м<sup>3</sup>**

<b>Сполуки</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Ф-д, мкг/м <sup>3</sup>	0,012	0,010	0,010	0,010	0,009	0,010	0,011	0,010	0,009
Бензол мкг/м <sup>3</sup>	0,25	0,24	0,24	0,15	0,20	0,12	0,14	0,07	0,12
БП	0,0027	0,0019	0,0014	0,0015	0,0011	0,0013	0,0014	0,0016	0,0014
НДМА	0,0491	0,0478	0,0441	0,0489	0,0531	0,0518	0,0544	0,0528	0,0539
НДЕА	0,0153	0,0172	0,0162	0,0147	0,0158	0,0149	0,0153	0,0158	0,0146
Кадмій	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
Нікель	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,03
Свинець	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,08	0,07	0,08	0,08
Хром	0,05	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04
Бензол	8,3	8,0	8,0	5,0	6,7	4,0	4,7	2,3	4,0

<b>Сполуки</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Ф-д, мкг/м <sup>3</sup>	0,008	0,009	0,008	0,009	0,010	0,011	0,012	0,010
Бензол мкг/м <sup>3</sup>	0,09	0,07	0,04	0,07	0,22	0,10	0,16	0,14
БП	0,0012	0,0016	0,0015	0,0017	0,0019	0,0018	0,002	0,0019
НДМА	0,0558	0,0571	0,0569	0,0558	0,0566	0,0559	0,0571	0,0584
НДЕА	0,0151	0,0148	0,0152	0,0159	0,0152	0,0161	0,0165	0,0167
Кадмій	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
Нікель	0,03	0,04	0,06	0,05	0,06	0,04	0,07	0,06
Свинець	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09	0,07
Хром	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
Бензол	3,0	2,3	1,3	2,3	7,3	3,3	5,3	4,7

Так, якщо оцінити рівні забруднення атмосфери м. Києва протягом усього періоду досліджень, можна відзначити, що концентрації окремих сполук (НА, ВМ, за винятком свинцю) не перевищували встановлених гігієнічних нормативів; концентрації БП у 100 % проб перевищували ГДК у 2,3-3,3 рази, формальдегіду – майже у 100 % проб в 1,1-1,5 рази, свинцю – у 30 % проб в 1,1 рази.

Що стосується м. Черкаси, то рівень забруднення атмосфери міста цими сполуками дещо інший: концентрації БП та формальдегіду у 100 % проб перевищували гранично допустимі рівні у 1,1-2,3 та 3,0-4,0 рази відповідно; концентрації НА виявлялися практично на рівні ГДК, рівні вмісту ВМ не перевищували допустимих за весь період спостережень. У м. Кременчук також спостерігалось перевищення гранично допустимих концентрацій БП та формальдегіду у 100 % проб (в 1,1-2,7 та 2,7-4,0 рази відповідно); концентрації НА знаходились майже на рівні нормативів, рівні вмісту ВМ не перевищували допустимих за весь період спостережень.

Якщо оцінювати якість атмосферного повітря міст за сумарними показниками забруднення (відношення реальних концентрацій сполук до їх ГДК з урахуванням класу небезпеки речовини) [26], можна відзначити, що вони також відрізняються, і це дає змогу за показником забруднення виявити сполуки, які дають найбільший внесок у загальне забруднення повітряного середовища міста.

Розраховані величини показників можна порівняти із сумарним показником забруднення, отриманим за умов дотримання гігієнічних нормативів для усіх сполук, за якими велося спостереження. У наших дослідженнях вибрано 8 речовин, і з огляду на відповідні санітарні правила [26] цей критеріальний показник має дорівнювати 9,9. Аналіз за цим критерієм реальної ситуації за досліджуваний період показав, що, за винятком декількох років,

забруднення повітряного середовища досліджуваних міст практично не перевищувало допустимий рівень сумарного забруднення.

Слід зазначити, що сумарні показники забруднення характеризують саме ступінь забруднення повітряного середовища міст хімічними сполуками, і за величинами показників неможливо оцінити небезпеку його для здоров'я населення, яке проживає на території міст.

Для оцінки небезпеки розраховували неканцерогенний та канцерогенний ризику, які дають змогу кількісно оцінити шкідливий вплив на населення, що створюється забрудненням повітря міст цими сполуками.

Як відомо, важливим елементом методології оцінки ризику є етап оцінки залежності «доза-ефект» [24, 25]. Аналіз цієї залежності передбачає установлення причинної обумовленості розвитку шкідливого ефекту за впливу певної речовини, виявлення найменшої дози, яка викликає розвиток шкідливого ефекту, а також визначення інтенсивності зростання ефекту за збільшення дози.

Для неканцерогенних речовин, як відомо, існують порогові рівні впливу, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають; при перевищенні порогу можливий надзвичайно широкий їх спектр, який залежить від шляху і тривалості надходження хімічної сполуки в організм та її концентрації. Зі збільшенням дози відбувається зміна і посилення симптомів впливу, залучення у токсичний процес нових органів і систем. Тому при оцінці ризику прийнято орієнтуватися на той шкідливий ефект, який виникає за впливу найменшої із ефективних доз, тобто критичний ефект. Органи та системи організму людини, що зазнають негативного впливу за дії найменшої із ефективних доз, називають критичними (таблиця 5).

**Вплив досліджуваних хімічних канцерогенних сполук повітряного середовища на критичні органи та системи людини**

Хімічні речовини	Критичні органи та системи (за інгаляційного впливу)
Формальдегід	Органи дихання, очі, імунна система
БП	Рак, вади розвитку, імунна система
Бензол	ЦНС, кров, вади розвитку, репродуктивна система, імунна система
НДМА	Рак, вади розвитку
НДЕА	Рак, вади розвитку
Кадмій	Рак, нирки, органи дихання, гормональний статус
Нікель	Рак, органи дихання, кров, імунна система, ЦНС
Свинець	ЦНС, кров, вади розвитку, репродуктивна система, гормональний статус, нирки
Хром	Органи дихання, рак

В основі характеристики ризику розвитку неканцерогенних ефектів лежить співставлення дози (або концентрації) впливу хімічної речовини з величиною безпечного рівня впливу (референтна доза/концентрація).

Слід зазначити, що оцінка ризику за допомогою референтних концентрацій характеризує правдоподібність відсутності шкідливих реакцій, але не встановлює ймовірність розвитку того чи іншого шкідливого ефекту. Перевищення референтної величини не обов'язково пов'язано з розвитком шкідливого ефекту: чим вища доза впливу і чим більше вона перевищує референтну, тим більша ймовірність виникнення шкідливих відповідей, однак оцінити цю ймовірність за даного методичного підходу неможливо. У зв'язку з цим кінцеві характеристики оцінки експозиції на основі референтних



концентрацій отримали назву коефіцієнти та індекси небезпеки. Якщо референтна доза не перевищена, то ніяких регулюючих втручань не потрібно; у випадку її перевищення виникає небезпека, величину якої можна оцінити лише за допомогою вивчення залежності «доза-ефект» та спектра шкідливих ефектів.

Кількісну оцінку неканцерогенного ризику для здоров'я населення міст від забруднення атмосферного повітря хімічними сполуками проводили шляхом розрахунку коефіцієнтів неканцерогенної небезпеки окремо для всіх речовин для кожного міста і кожного року спостережень та розрахунку сумарних індексів неканцерогенної небезпеки для сукупності речовин.

Аналіз розрахунків дозволив за величиною коефіцієнтів небезпеки виділити ряд сполук, які чинять на здоров'я населення міст найбільший негативний вплив як токсиканти. Для міста Києва це БП і певною мірою формальдегід, для Черкас – формальдегід, БП, кадмій, для Кременчука – формальдегід, БП, в окремих випадках кадмій. Згідно з таблицею 5, критичними органами, які зазнають найбільшого негативного впливу цих сполук, є органи дихання, імунна система, гормональний статус та кров; крім того, вплив їх на імунітет людини може призвести до зниження загального показника здоров'я населення та підвищити рівень первинної захворюваності на різні групи хвороб.

Із наведених вище матеріалів видно, що для оцінки впливу повітряного середовища міст на населення коефіцієнти та індекси небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів є більш інформативними, ніж показники забруднення: вони конкретно, за величиною індексу, вказують на небезпечність цієї сполуки для здоров'я людини. За величиною неканцерогенного ризику сполука може визначатися як небезпечна для людини, хоча концентрація її при

цьому у повітрі не перевищуватиме ГДК і показник забруднення буде меншим за одиницю.

Слід зазначити, що критерії оцінки неканцерогенного ризику менш інформативні, ніж канцерогенного: вони дають змогу лише порівнювати і за коефіцієнтом небезпеки ранжувати сполуки для обґрунтування профілактичних заходів щодо зменшення їх викиду у повітряне середовище.

Насправді, ризик неканцерогенного ефекту не відповідає традиційному поняттю про ризик як ймовірність появи шкідливого ефекту, тобто коефіцієнт та індекс небезпеки не можуть бути інтерпретованими з точки зору кількості можливих захворювань (як показники канцерогенного ризику), і це не дає змоги отримати уяву щодо величини захворюваності за різних рівнів впливу сполуки.

Що стосується канцерогенних ефектів, то в експериментах та клінічно-епідеміологічних дослідженнях, результати яких застосовуються у методології оцінок ризику, вони встановлюються за даними щодо наявності чи відсутності відповідних порушень у здоров'ї кожної окремої особи у досліджуваних групах, і це дозволяє визначати долю індивідуумів з даними порушеннями і таким чином оцінювати їхню ймовірність. У той же час неканцерогенні ефекти при нелітальних рівнях впливу встановлюються за змінами середньогрупових значень показників стану органів та систем організму і не виявляються у окремих осіб, і це не дозволяє оцінювати ймовірність порушень стану здоров'я.

US EPA [27] запропоновано класифікацію рівнів ризику для здоров'я людини, яка більш конкретно відображає систему градацій неканцерогенного та канцерогенного ризику, зменшує невизначеності при оцінці сумарного неканцерогенного та сумарного канцерогенного ризику сполук односпрямованої дії (таблиця 6).

## Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (НҚ) для окремих сполук	Індекс небезпеки розвитку не канцерогенних ефектів (НІ) для групи сполук односпрямованої дії	Індивідуальний канцерогенний ризик протягом життя
Високий	>3	>6	$> 10^{-3}$
Насторожуючий	1,1 – 3	3,1 – 6	$1,1 \times 10^{-4} - 1,0 \times 10^{-3}$
Допустимий	0,11 – 1,0	1,1 – 3,0	$1,1 \times 10^{-6} - 1,0 \times 10^{-4}$
Мінімальний (цільовий)	0,1 і менше	1,0 і менше	$10^{-6}$ і менше

Згідно з таблицею 6, у м. Києві рівні неканцерогенного ризику від БП та формальдегіду можна оцінити як насторожуючі; від НДМА, НДЕА, ВМ – допустимі. Рівні неканцерогенного ризику для сполук односпрямованої дії оцінюються як допустимі.

У м. Черкаси рівні неканцерогенного ризику від БП, формальдегіду, кадмію та в окремих випадках нікелю можна оцінити як насторожуючі; від НДМА, НДЕА, свинцю та хрому – допустимі. Рівні неканцерогенного ризику для сполук односпрямованої дії оцінюються як допустимі.

Така градація рівнів неканцерогенного ризику дає змогу обґрунтувати проведення відповідних (як і у випадку канцерогенного ризику) заходів з його мінімізації як для окремих сполук, так і забруднення повітряного середовища у цілому.

За рекомендаціями US EPA [27], за високого рівня ризику необхідно проведення термінових оздоровчих та інших заходів щодо його зниження.

За насторожуючого рівня ризику необхідний постійний контроль, розробка і проведення планових оздоровчих заходів.

За допустимого рівня ризику здійснюється постійний контроль за цими сполуками, передбачається планування і проведення додаткових заходів щодо його зниження. За мінімального (цільового) рівня ризику не потребується заходів з його зниження. Ці рівні підлягають періодичному контролю з метою підтримання якості даного об'єкта середовища проживання людини на сприятливому рівні.

Із наведених вище даних видно, що хоча показники забруднення повітряного середовища міст за досліджуваний період і незначно перевищують критеріальний показник, сумарні індекси небезпеки (показники неканцерогенного ризику) вказують, що навіть таке не дуже велике перевищення становить загрозу для здоров'я мешканців цих міст.

Оскільки досліджувані сполуки є канцерогенами, було розраховано канцерогенний ризик їх впливу, що дає змогу кількісно оцінити шкідливий вплив, що створюється забрудненням повітряного середовища міст цими речовинами.

Оцінку отриманих величин канцерогенного ризику для здоров'я населення проводили з огляду на систему критеріїв рівня ризику, рекомендовану US EPA [27].

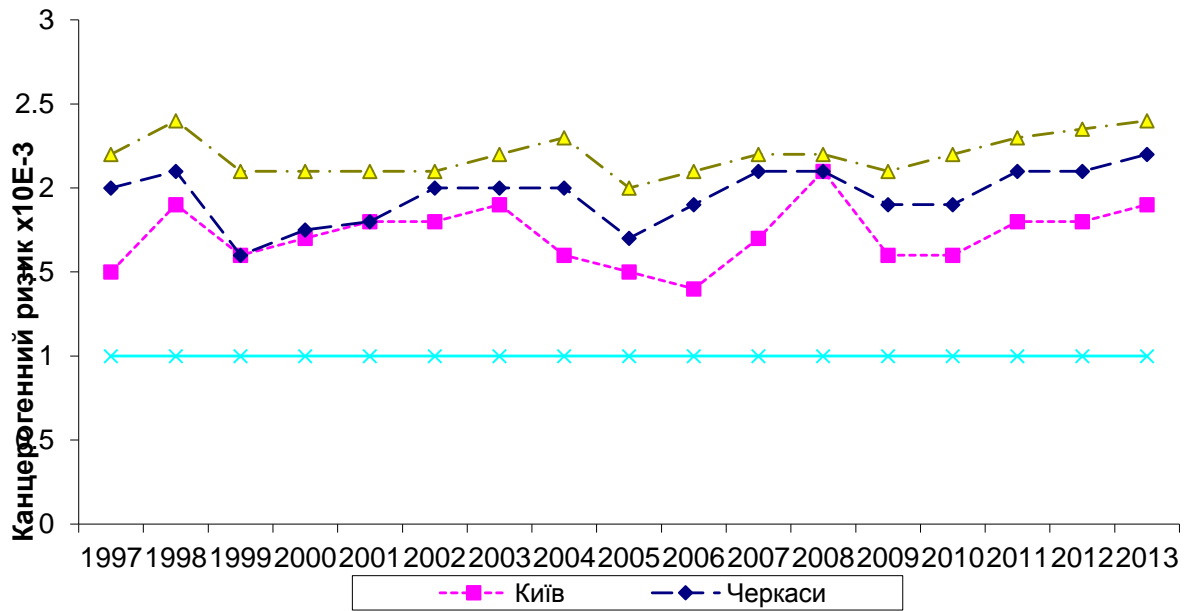
Аналіз результатів з огляду на дані таблиці 6 показав, що канцерогенний ризик інгаляційного впливу лише однієї із досліджуваних сполук – свинцю практично можна класифікувати як мінімальний. У м. Києві канцерогенний ризик від нікелю, кадмію БП та формальдегіду оцінюється як допустимий; для хрому VI та НА – насторожуючий; у м. Черкаси канцерогенний ризик впливу БП, кадмію, нікелю вважається допустимим, формальдегіду, НА та хрому – насторожуючий; практично так же можна оцінити і рівні канцерогенного ризику сполук у м. Кременчук. Ці матеріали дозволяють за величиною показника канцерогенного ризику сполук, присутніх у повітряному середовищі міст, провести їх ранжування, установити найбільш небезпечні у канцерогенному відношенні. Визначення джерел їх надходження у повітря дає змогу з огляду на

показник ризику обґрунтувати заходи щодо зменшення їхнього шкідливого навантаження на організм.

Варто зазначити, що незважаючи на те, що концентрації ряду канцерогенів в атмосферному повітрі міст виявлялися нижчими за ГДК, канцерогенний ризик їх впливу, як свідчать відповідні показники, розглядається як насторожуючий. Ця обставина підтверджує, що ГДК ряду канцерогенів, установлених за токсикологічними ознаками, не відповідають прийнятному рівню безпеки для людини і потребують перегляду з огляду на засади методології оцінок ризику.

Що стосується сумарного канцерогенного ризику для здоров'я населення, що створюється досліджуваними сполуками у повітряному середовищі міст, він коливався протягом усього періоду моніторингу у межах  $1,2-1,8 \times 10^{-3}$  у Києві,  $1,7-2,2 \times 10^{-3}$  та  $2,0-2,5 \times 10^{-3}$  у Черкасах та Кременчуці відповідно (рисунок 1). Такі рівні, згідно з класифікацією US EPA [32], розглядаються як високі ( $> 10^{-3}$ ), і це потребує заходів до його зниження. Тобто, існуючий рівень забруднення повітряного середовища міст канцерогенними сполуками не може вважатись безпечним для здоров'я його мешканців (і це тільки за вісьмома канцерогенами).

Щоб оцінити небезпеку для населення міст таких рівнів канцерогенного ризику, розраховували популяційний канцерогенний ризик, який характеризує верхню межу можливого канцерогенного ризику протягом періоду, що відповідає середній тривалості життя людини – 70 років [24, 25]. Цей показник розраховували з огляду на усереднені дані щодо населення досліджуваних міст [28] за весь період спостережень (1997-2013) та показників сумарного канцерогенного ризику. За показниками популяційного ризику розраховували очікуваний середній річний приріст онкологічної захворюваності населення за впливу цих сполук (таблиця 7).



**Рис. 1 – Канцерогенний ризик повітряного середовища досліджуваних міст**

**Популяційний ризик онкологічних захворювань населення міст за впливу досліджуваних канцерогенних сполук**

Міста України	Чисельність населення (середня за весь період спостережень), тис. чол.	Сумарний канцерогенний ризик (середній за весь період спостережень), $\times 10^{-3}$	Популяційний ризик, чол.	Річний приріст (на 100 тис. нас.)
Київ	2703,375	1,7	4596	2,5
Черкаси	287,749	1,9	542	2,7
Кременчук	228,419	2,1	479	2,9

Як видно із таблиці, досліджувані сполуки зумовлюють ризик появи 2-3 нових випадків захворювань на рак щорічно. Якщо урахувати, що на сьогодні експертами МАВР 119 хімічних сполук класифікуються як доведені канцерогени для людини, розширення спектру досліджуваних сполук могло б значно збільшити внесок екологічних факторів як причин розвитку онкологічної захворюваності.

Таким чином, результати моніторингу якості атмосферного повітря в умовах крупних промислових міст показали, що населення протягом тривалого періоду піддається високому ризику розвитку онкологічних захворювань, що підтверджується і фактичними показниками захворюваності. Це зумовлює необхідність розробки і впровадження у містах спеціальних програм щодо зниження ризику розвитку онкопатології населення.

Для виявлення ймовірного впливу забрудненого канцерогенними сполуками атмосферного повітря міст на онкологічну захворюваність населення було проаналізовано динаміку первинної захворюваності на цю патологію за весь період спостережень. За

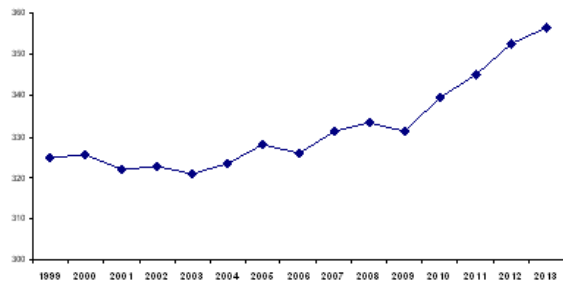
даними Національного канцер-реєстру [4], загальна захворюваність населення України за цей час зросла за стандартизованими показниками (ці показники застосовуються в Україні лише з 2000-го року) з 325,4 до 356,5 випадків на 100 тис. нас, (на 9,8 %); за грубими показниками – з 325,1 до 384,9 випадків на 100 тис. нас, тобто на 18,4 %, обумовлюючи щорічний приріст рівня захворюваності ~ 1 %.

На рисунку 2 наведено динаміку онкозахворюваності населення України та досліджуваних міст. Як видно із рисунка, графіки захворюваності носять хвилеподібний характер, але при цьому спостерігається безперервний процес її зростання і, як показують розрахунки, зі збереженням темпів щорічного приросту.

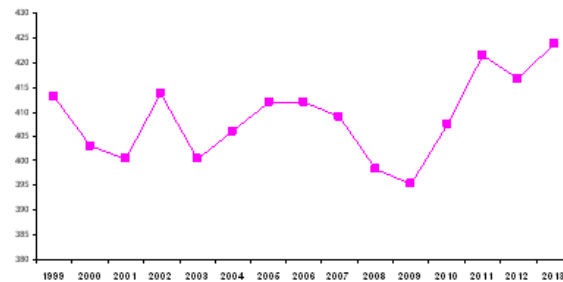
Аналіз структури онкологічних захворювань показав, що за останні 20 років відбувся перерозподіл рангових місць окремих локалізацій раку: стабілізувалися з тенденцією до зниження показники захворюваності на рак тих органів, які є відкритими до прямого впливу зовнішніх факторів – органів дихання, стравоходу, шлунку, значно знизилась рівні захворюваності на рак губи, кісток та суглобових хрящів. У той же час стрімко зростають показники захворюваності на рак ободової та прямої кишки, сечового міхура, передміхурової та молочної залози, тіла матки, шкіри тощо.

Дослідження впливу канцерогенних сполук атмосферного повітря міст на захворюваність населення на окремі локалізації раку проведено шляхом графічного співставлення у динаміці спостережень концентрацій окремих сполук в атмосферному повітрі, а також їхнього сумарного забруднення, що виражалось показниками сумарного канцерогенного ризику, і рівнів онкологічної захворюваності населення на окремі нозологічні форми раку та розрахунків коефіцієнтів кореляції між цими показниками для кожного міста.





◆ Загальна онкологічна захворюваність в Україні



■ Загальна онкологічна захворюваність у м. Києві



▲ Загальна онкологічна захворюваність у м. Черкаси



× Загальна онкологічна захворюваність у м. Кременчук

Рис. 2 – Динаміка загальної онкологічної захворюваності населення досліджуваних міст

Коефіцієнти кореляції розраховували не тільки за ідентичним часовим інтервалом (рік у рік), але і зі зміщенням показників онкозахворюваності від виявлених концентрацій канцерогенів, адже, визначаючи вплив канцерогенної сполуки на онкологічну захворюваність населення і вважаючи його причиною цієї захворюваності, слід враховувати ту обставину, що канцероген, на відміну від багатьох токсичних речовин, не спричиняє миттєвої дії на організм – він викликає віддалені ефекти в організмі, які за певних умов і обставин можуть проявитися через значний проміжок часу після експозиції [21].

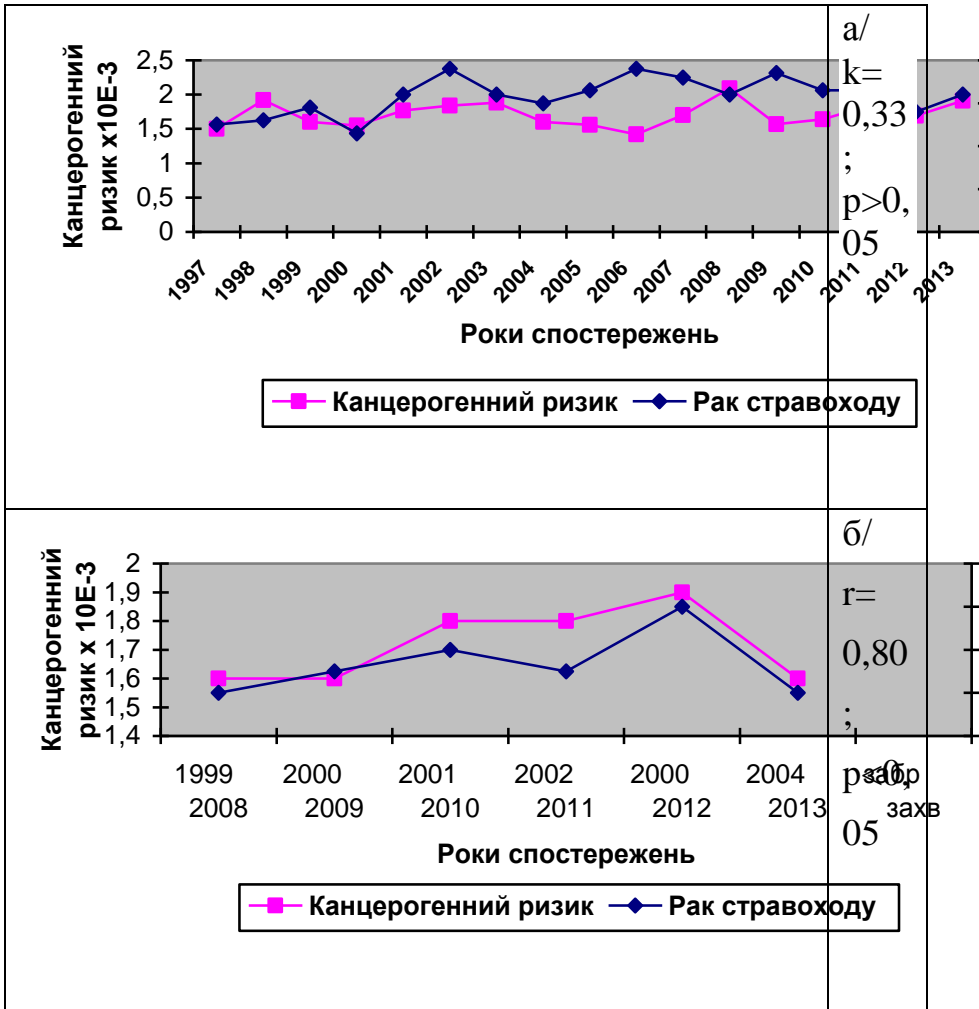
Якщо проаналізувати динаміку забруднення повітряного середовища обраних міст (представлену показниками канцерогенного ризику) і захворювання на рак стравоходу їх мешканців, можна бачити, що мінімуми і максимуми значень відповідних величин розходяться у часі приблизно на 10 років (рисунок 3 на прикладі м.Києва).

При цьому, як свідчить рисунок, графік захворюваності населення міста на рак стравоходу в інтервалі 2008-2013 рр. за динамікою змін майже співпадає з графіком показників сумарного канцерогенного ризику забрудненого повітряного середовища міста у інтервалі 1999-2004 рр. Між вказаними величинами виявлено сильний кореляційний зв'язок.

Установлено також статистично достовірний сильний кореляційний зв'язок між сумарним забрудненням повітряного середовища міст (за показниками канцерогенного ризику) та захворюваністю населення на рак нирки та стравоходу із 10-річним зміщенням терміну спостережень, шлунка – 8-річним, органів дихання – 7-річним та лейкемії – 11-річним.

Виходячи з даних щодо органотропної дії канцерогенних сполук [21], було проведено вивчення впливу досліджуваних канцерогенів атмосферного повітря міст на захворюваність на окремі локалізації раку їхнього населення.

Дослідження також проведено шляхом графічного співставлення у динаміці багаторічних спостережень концентрацій окремих сполук в атмосферному повітрі і рівнів онкозахворюваності та розрахунків коефіцієнтів кореляції між цими показниками для основних локалізацій онкохвороб населення міст Києва, Черкас та Кременчука.



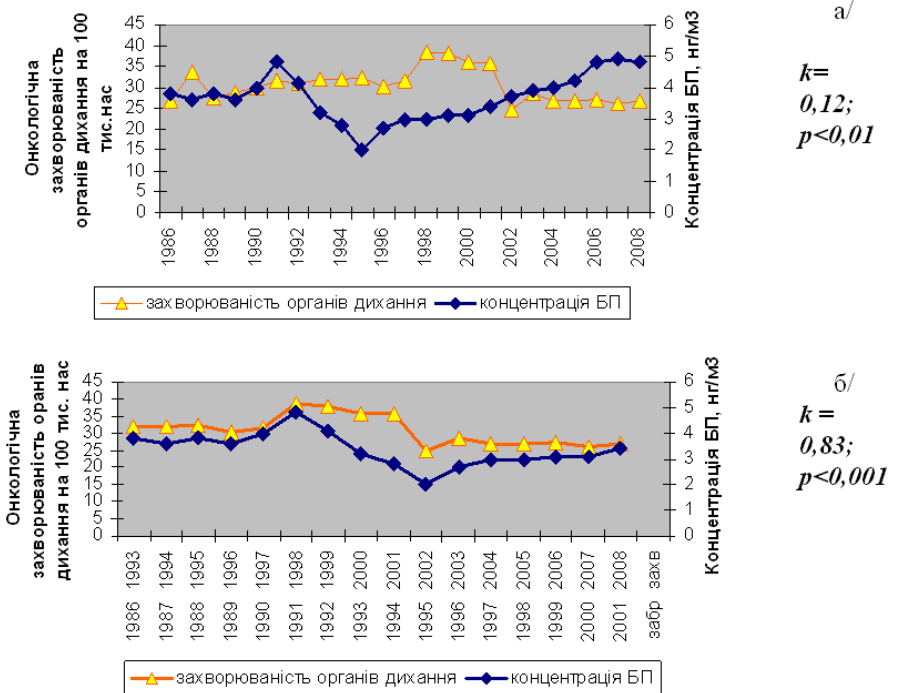
**Рис. 3 – Динаміка забруднення атмосферного повітря м. Києва канцерогенними сполуками та захворюваності населення на рак стравоходу:**

а/ за одночасного спостереження;

б/ із 10-річним розходженням у часі

При співставленні динаміки забруднюючих атмосферне повітря міст канцерогенних сполук і онкозахворюваності їхнього населення було встановлено, що деякі нозологічні форми злякисних новоутворень корелюють як з сумарними показниками канцерогенного ризику забрудненого повітря цих міст, так і з динамікою концентрацій пріоритетних канцерогенних сполук (БП, кадмію, свинцю, хрому), але зі зміщенням у різні проміжки часу.

На рисунку 4 представлено динаміку забруднення повітряного середовища міст БП і захворюваністю на рак органів дихання їх мешканців за досліджуваний проміжок часу (на прикладі м. Києва).



**Рис. 4 – Динаміка забруднення атмосферного повітря БП та онкологічної захворюваності органів дихання населення м. Києва:**  
 а/ за одночасного спостереження;  
 б/ зі зміщенням терміну спостережень на 7 років

З наведеного рисунка можна бачити, що мінімальні і максимальні значення концентрацій БП і онкозахворюваності органів дихання розходяться у часі приблизно на 7 років.

Ця обставина свідчить про те, що захворюваність населення міст на рак органів дихання корелює з концентрацією БП, але зі зміщенням на 7 років. Таке відставання реагування захворюваності на зміни інтенсивності забруднення атмосфери БП за результатами епідеміологічних спостережень підтверджує існування латентного періоду розвитку цієї нозологічної форми раку, тобто існуючий рівень захворюваності, вочевидь, відбиває ступінь аерогенного канцерогенного навантаження БП, яке було 7 років тому.

Для опису взаємозв'язку між стандартизованими показниками захворюваності населення на рак органів дихання та річними середньодобовими концентраціями БП застосовували регресійний аналіз шляхом оцінки лінійної функції [29].

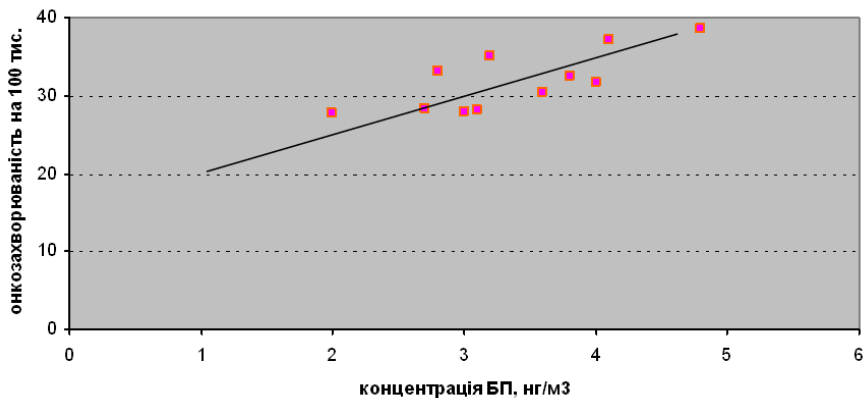
$$y = a + bx,$$

де:  $y$  – захворюваність населення на рак органів дихання (стандартизовані показники на 100 тис. населення);

$x$  – показник забруднення (концентрація БП в  $\text{нг/м}^3$ );

$a$  та  $b$  – параметри моделі.

Рисунок 5 демонструє результати регресійного аналізу взаємозв'язку між стандартизованими показниками захворюваності населення на рак органів дихання та концентрацією БП в атмосферному повітря міста (на прикладі м. Києва): на осі абсцис – концентрації БП у порядку їхнього зростання, на осі ординат – показники онкозахворюваності зі зміщенням на 7 років. З рисунка видно, що залежність між цими показниками носить лінійний характер.



**Рис. 5 – Залежність між вмістом БП в атмосферному повітрі і захворюваністю населення на рак органів дихання зі зміщенням на 7 років**

Ця залежність описується рівнянням, яке відбиває особливості цього процесу:

$$y = 24 + 2x$$

Вільний член – 24 – визначає значення функції за відсутності впливу фактора (коли  $x = 0$ ), тобто, це фонове значення захворюваності, яке зумовлюється впливом інших (внутрішніх або зовнішніх) шкідливих чинників.

Коефіцієнт регресії 2 характеризує отриману залежність – він вказує, як саме змінюється функція за зміни аргументу. У нашому випадку за зміни річної середньодобової концентрації БП в атмосферному повітрі м. Києва на 1 нг/м³ (або на 1 ГДК) показник захворюваності на цю патологію зростає на 2,0 випадки на 100 тис. населення.

Застосування коефіцієнта регресії дає уявлення про те, як може змінюватися показник онкологічної захворюваності через певний проміжок часу за зміни концентрації забруднюючої речовини в атмосферному повітрі. Тобто, збільшення поточного року концентрації БП у повітрі на 1 ГДК порівняно з минулим роком з

високою ймовірністю може викликати через 7 років зростання захворюваності на цю патологію на 2 випадки на 100 тис. населення.

Аналогічні залежності отримано і для міст Черкаси та Кременчук. Крім того, сильний достовірний кореляційний зв'язок було виявлено і при співставленні даних щодо онкозахворюваності населення на рак органів дихання і концентрацій в атмосферному повітрі міста важких металів – кадмію та хрому, однак, коефіцієнти регресії були іншими.

Аналіз отриманих матеріалів показав, що очевидною є залежність і між іншими забруднювачами атмосферного повітря та нозологічними формами із різним зміщенням у часі спостережень. Зокрема, виявлено сильний кореляційний зв'язок між захворюваністю населення на рак сечового міхура і забрудненням атмосферного повітря БП та кадмієм зі зміщенням у часі спостережень на 8 років.

На розвиток онкологічних захворювань шлунку, як показали дослідження, значно впливають БП і хром. Між показниками забруднення атмосферного повітря міст БП і хромом і захворюваністю його жителів на цю патологію виявлено сильний кореляційний зв'язок із зміщенням показників забруднення у часі спостережень на 8 років назад.

Отже, наведені вище дані вказують, що між показниками забруднення атмосферного повітря міст пріоритетними канцерогенами (БП, кадмієм, хромом) і захворюваністю населення на рак деяких локалізацій – органів дихання, сечового міхура та шлунка існує статистично достовірний сильний кореляційний зв'язок. Регресійний аналіз виявлених зв'язків показав, що вони носять лінійний характер. Установлено нозологічні розбіжності у проміжках часу між наявними концентраціями забруднюючих сполук в атмосферному повітрі міста і стандартизованими показниками захворюваності населення на ту чи іншу локалізацію раку.

Аналіз та узагальнення отриманих в рамках роботи результатів дозволили сформулювати основні концептуальні підходи до визначення внеску хімічних канцерогенів у формування онкологічної захворюваності, необхідність створення яких диктується тим, що

канцерогенне навантаження на населення не обмежується досліджуваними сполуками.

Алгоритм оцінки впливу хімічного канцерогена і його внеску у формування онкологічної захворюваності базується на наступних основних положеннях.

1. Термін спостережень за забрудненням атмосферного повітря і онкологічною захворюваністю населення має охоплювати 15-20 – річний період. Аналіз такого великого масиву даних забезпечує високий ступінь достовірності отриманих результатів.

2. Оцінку канцерогенного навантаження необхідно здійснювати не за показниками загального рівня забруднення, а за окремими сполуками, оскільки більшості канцерогенних сполук притаманні різні етіопатогенетичні властивості, для них характерним є вплив на певні тропні органи залежно від шляху надходження до організму. До того ж, згідно з методологією оцінки ризику, для ідентифікації небезпеки для здоров'я населення необхідно враховувати саме ті фактори, які здатні чинити негативний вплив на здоров'я людини, і з усього спектру багатокomпонентного забруднення вибирати конкретні шкідливі чинники і оцінювати ризик негативного впливу кожного з них для обґрунтування профілактичних заходів.

3. Для пошуку взаємозв'язку між рівнями забруднення канцерогеном та стандартизованими показниками захворюваності на різні нозологічні форми раку повинно застосовуватися математичне моделювання (кореляційний аналіз, регресійний аналіз).

Застосування кореляційного аналізу з визначенням коефіцієнта кореляції дозволяє виявити умовний латентний період розвитку новоутворень за впливу канцерогена, оскільки він, як відомо, не діє на організм людини миттєво і прояв канцерогенного ефекту слід очікувати через певний проміжок часу після експозиції.

Застосування регресійного аналізу з визначенням коефіцієнта регресії дає змогу за його величиною прогнозувати кількісні зміни показників захворюваності на окремі нозологічні форми раку у разі зміни рівня забруднення повітряного середовища хімічними канцерогенами і на підставі отриманих результатів науково



обґрунтовувати першочергові медико-профілактичні заходи щодо зниження впливу небезпечних сполук на організм людини.

4. Для оцінки потенційної небезпеки сполук необхідно визначати:

– **індивідуальний канцерогенний ризик**, розрахунок якого здійснюється із застосуванням даних щодо величини експозиції та значень канцерогенного потенціалу сполуки. При цьому величина експозиції враховує концентрацію сполуки у забрудненому повітряному середовищі, швидкість надходження досліджуваного середовища до організму на добу, тривалість та частоту впливу, масу тіла, період осереднення тощо.

За величиною показника ризику можна здійснювати ранжування забруднень за шкідливістю і значимістю, обґрунтовувати конкретні рішення щодо контролю і шляхів зменшення їхнього негативного впливу, визначати напрямки епідеміологічних досліджень. Показники ризику також дуже важливі для порівняльної оцінки впливу факторів навколишнього середовища на різних територіях, у різні часові періоди, до та після проведення оздоровчих заходів, для порівняння ефективності і можливого впливу на здоров'я людини різних технологічних процесів та природоохоронних заходів;

– **популяційний канцерогенний ризик**, який характеризує верхню межу можливого канцерогенного ризику впливу сполуки протягом періоду, що відповідає середній тривалості життя людини і відображає додаткову (до фонового) кількість випадків злоякісних новоутворень у населення, що підпадає під її вплив.

5. З метою визначення внеску екологічного чинника (канцерогенних сполук) у формування онкологічної захворюваності населення і оцінки соціальних втрат держави слід проводити співставлення даних щодо реальної онкологічної захворюваності (загальної та за окремими формами) з розрахованими показниками індивідуального та популяційного канцерогенних ризиків.

6. Обґрунтування пропозицій щодо профілактичних заходів зі зменшення забруднення повітряного середовища проводити з огляду на отримані у попередніх пунктах результати.

Представлені науково обґрунтовані методичні положення щодо виявлення впливу забруднення довкілля на формування онкопатології є далеко неповними, оскільки людина у повсякденному житті зазнає впливу значного комплексу факторів, і не тільки хімічних, але й фізичних, психологічних, біологічних тощо. Матеріали експериментальних досліджень вказують, що за ізольованої дії багатьох з них канцерогенний ефект не проявляється, а індукція пухлин відбувається лише за умов їх одночасного впливу, причому провідну роль у цьому процесі відіграє саме хімічний компонент. Цей факт ще раз підкреслює значення профілактики негативного впливу зовнішніх чинників, яка попереджає не тільки пряму, але й опосередковану, модифікуючу дію їх на організм людини.

## ВИСНОВКИ

1. Установлено стабільне довготривале забруднення атмосферного повітря населених місць канцерогенами пріоритетних класів: поліциклічних ароматичних вуглеводнів (бенз/а/пірен), нітрозамінів (нітрозодиметиламін та нітрозодіетиламін), важких металів (кадмій, хром, нікель, свинець), формальдегідом.

Протягом усього періоду спостережень відмічено перевищення ГДК БП та формальдегіду у 100% проб. Вміст БП перевищував норматив у 2,3-3,3 рази у м. Києві, в 1,1-2,3 у м. Черкаси та в 1,1-2,7 у Кременчуці; концентрації формальдегіду перевищували регламент в 1,1-1,5; 3,0-4,0 та 2,7-4,0 відповідно. Концентрації НА знаходилися практично на рівні ГДК, концентрації ВМ не перевищували нормативів.

2. За показниками неканцерогенного ризику виділено ряд сполук, які чинять на здоров'я населення міст найбільший негативний вплив як токсиканти. Для міста Києва це БП і певною мірою формальдегід, для Черкас – формальдегід, БП, кадмій, для Кременчука – формальдегід, БП, в окремих випадках кадмій. Критичними органами, які у першу чергу підпадають під їх вплив, є органи дихання, гормональний статус та імунна система, причому вплив на

останню може призвести також до зниження загального показника здоров'я населення та підвищити рівень первинної захворюваності на різні групи хвороб.

3. Установлено, що канцерогенний ризик інгаляційного впливу лише однієї із досліджуваних сполук – свинцю за весь період спостережень згідно з класифікацією US EPA практично можна розглядати як мінімальний. У м. Києві канцерогенний ризик від нікелю, кадмію БП та формальдегіду оцінюється як допустимий; для хрому VI та НА – насторожуючий; у м. Черкаси канцерогенний ризик впливу БП, кадмію, нікелю вважається допустимим, формальдегіду, НА та хрому – насторожуючий; практично так же можна оцінити і рівні канцерогенного ризику сполук у м. Кременчук.

Однак, незважаючи на те, що індивідуальний канцерогенний ризик інгаляційного впливу майже всіх ідентифікованих речовин можна класифікувати як допустимий або насторожуючий, рівень сумарного канцерогенного ризику для здоров'я населення за міжнародною класифікаційною шкалою є високим в усіх містах незалежно від промислового профілю (протягом усього періоду моніторингу визначався у межах  $1,2-1,8 \times 10^{-3}$  у Києві,  $1,7-2,2 \times 10^{-3}$  та  $2,0-2,5 \times 10^{-3}$  у Черкасах та Кременчуці відповідно), що потребує заходів з його зменшення.

4. За величинами популяційного канцерогенного ризику, розрахованого з огляду на усереднені дані щодо населення досліджуваних міст за весь період спостережень та показниками сумарного канцерогенного ризику виявлено очікуваний середній річний приріст онкологічної захворюваності населення за впливу цих сполук – досліджувані канцерогени зумовлюють ризик появи 2-3 нових випадків захворювань на рак на 100 тис.нас. щорічно.

5. Аналіз структури онкологічних захворювань показав, що за останні 20 років відбувся перерозподіл рангових місць окремих локалізацій раку: стабілізувалися з тенденцією до зниження показники захворюваності на рак тих органів, які є відкритими до прямого впливу зовнішніх факторів – органів дихання, стравоходу, шлунку; значно знизилась рівні захворюваності на рак губи, кісток та

суглобових хрящів. У той же час стрімко зростають показники захворюваності на рак ободової та прямої кишки, сечового міхура, передміхурової та молочної залози, тіла матки, шкіри тощо, і це потребує цілеспрямованих досліджень щодо пошуку факторів, які впливають на розвиток цих процесів.

6. Установлено зв'язок між рівнем забруднення навколишнього середовища хімічними канцерогенами та характером онкологічної захворюваності населення. Визначено провідну роль часових залежностей формування захворюваності на окремі форми раку від чинників забруднення довкілля. При цьому тривалість часових інтервалів між рівнем забруднення довкілля канцерогенними сполуками та рівнями захворюваності є різною для окремих локалізацій раку і складає, зокрема, 7 років для органів дихання, 10 – для нирок та стравоходу, 8 – для шлунка та сечового міхура, 11– для лейкемії. Тобто, онкологічна захворюваність населення відбиває рівень канцерогенного забруднення повітряного середовища, яке, залежно від локалізації пухлин, спостерігалось відповідно 8, 10 або 11 років тому, і відповідає визнаним термінам латентного періоду розвитку онкологічних захворювань.

7. З огляду на отримані в рамках роботи результати сформульовано методичну схему визначення внеску хімічних канцерогенів у формування онкологічної захворюваності населення, необхідність створення якої зумовлена тим, що канцерогенне навантаження на населення не обмежується досліджуваними сполуками.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Basic Cancer Fact / Am. Cancer Society // Global Cancer Facts & Figures. – Atlanta, 2011. – P.1-8.
2. Naghavi M. The global burden of cancer 2013 / M. Naghavi // JAMA Oncology. – 2015. – Vol.1, № 4. – P. 505-527.

3. Cancer incidence and mortality worldwide / J. Ferlay, I. Soerjomataram, M. Ervik et al. // *International Journal of Cancer*. – 2015. – Vol. 136, №5. – P. 359-386.
4. Підбірка щорічних бюлетенів та інших публікацій Національного канцер-реєстру України: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ncru.inf.ua/publications/index.htm>
5. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi/nacdopovidi>
6. Кіреєва І.С. Промислові міста: забруднення атмосфери і ризик для здоров'я / І. С. Кіреєва // *СЕС. Профілактична медицина*. – 2008. – № 4 – С.6-11.
7. Фридман К.Б. Урбанізація - фактор підвищеного ризику здоров'ю / К.Б. Фридман, Т.В. Крюкова // *Гигиена и санитария*. – 2015. – № 1. – С. 74-78.
8. Литвиченко О.М. Наукові основи охорони повітряного середовища від забруднення канцерогенними N- нітрозамінами та попередження онкогенного ризику для населення : автореф. дис. ... докт. біол. наук : спец. 14.02.01 «гігієна» / О.М. Литвиченко. – Київ, 1999.– 35с.
9. Жерновой М.В. Особенности воздействия антропогенных факторов среды обитания на распространенность злокачественных новообразований легких / М.В. Жерновой, С.В. Юдин, С.С. Юдин // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*.– 2007.– №25.– С. 25–29.
10. Steward B.W. World cancer report / B.W. Steward, P. Kleinhnes (ed). – Lyon : JARC Press, 2003. – 351 p.
11. Заболеваемость злокачественными новообразованиями в Кемеровской области / С.А. Мун, С.А. Ларин, А.Н. Глушков и др. // *Здравоохранение Российской Федерации*. – 2008. – №4. – С. 30–33.
12. Антипанова Н.А. Онкологическая опасность здоровью населения крупного центра черной металлургии / Н.А. Антипанова. – Магнитогорск: изд- во Магнитогорского гос. ун-та, 2010. – 209 с.

13. Ranking cancer risks of organic hazardous air pollutants in the USA / M.M. Loh, J.A. Levy, J.D. Spengler et al. // Environ. Hlth. Perspectives.– 2007.– Vol. 115, №8. – P. 1160-1168.

14. Куркатов С.В. Оценка риска воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения г. Норильска / С.В. Куркатов, И.В. Тихонова, О.Ю. Иванова // Гигиена и санитария.– 2015.– №2– С.28-31.

15. Техногенное загрязнение окружающей среды и здоровье населения: анализ ситуации и прогноз / Е.Д. Савилов, Е.В. Анганова, С.В. Ильина, Л.А. Степаненко// Гигиена и санитария. – 2016. – №6. – С. 507-512.

16. The world health report: reducing risks, promoting healthy life / WHO. – Geneva : WHO, 2002. – 248 p.

17. Lung Cancer Incidence and Long-Term Exposure to Air Pollution from Traffic / O. Raaschou-Nielsen, Z. Andersen, M. Hvidberg et al. // Environ. Health Perspect. – 2011. - Vol. 119. - P. 860-865.

18. Лежнин В.Л. Оценка многофакторного влияния техногенного загрязнения на развитие рака легких у населения / В.Л. Лежнин, В.С. Казанцев, Е.В. Ползик // Гигиена и санитария. – 2014. – № 3. – С. 26-31.

19. Мун С.А. Оценка канцерогенного риска населения крупных промышленных городов Кемеровской области / С.А. Мун // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т.15, №3(6). – С.1874-1877.

20. Environmental and chemical carcinogenesis / G.N. Wogan, S.S. Hecht, J.S. Felton et al. // Semin. Cancer Biol.– 2014. – Vol.14, №6. – P. 473-486.

21. Худoley В.В. Канцерогены: характеристики, закономерности, механизмы действия / В.В. Худoley. – СПб., 1999. – 419 с.

22. Черниченко І.О. Канцерогенні фактори навколишнього середовища та їх роль у формуванні онкологічної патології у населення / І.О.Черниченко // Досвід та перспективи наукового супроводу проблем гігієнічної науки та практики: зб.наук. праць ДУ «ІГМЕ НАМНУ». – К., 2011. –С.50-59.

23. Бабій В.Ф. Канцерогенний ризик забруднення навколишнього середовища пріоритетними хімічними сполуками та заходи первинної профілактики : автореф. дис. ... докт. мед. наук : спец. 14.02.01 «гігієна» / В.Ф. Бабій. – К., 2004. – 37 с.

24. Руководство по оценке риска для здоровья населения при взаимодействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду : Р 2.1.10.1920-04 [Действующий от 05.03.2004]. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – М., 2004. – 143 с.

25. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: методичні рекомендації МР 2.2.12–142–2007/МОЗ ; наказ № 184. – Офіц. вид. – Київ: МОЗ України, 2007. – 28 с.

26. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць від забруднення хімічними і біологічними речовинами : ДСП-201-97. – К. : МОЗ України, 1997.– 57 с.

27. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures.– Washington, 2000. – 194 p.

28. Населення міст України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ukrmap.org.ua/Naselenie.htm>

29. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов. – К., 2006. – 558 с.

## ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ МІСТ З РІЗНОЮ МІСТОУТВОРЮЮЧОЮ БАЗОЮ ЗА СТАНОМ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА РИЗИКОМ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

*Махнюк В.М., Могильний С.М., Павленко Н.П.,  
Стирта З.В., Баленко К.В.<sup>1</sup>, Чумак Ю.Ю.<sup>2</sup>,  
Литвиченко О.М., Антомонов М.Ю.,  
Мишковська А.А.<sup>3</sup>, Кошельник М.І.<sup>3</sup>*

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім.О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ;**

**1 – Державна служба України з питань безпечності харчових  
продуктів та захисту споживачів, м. Київ;**

**2 – Державний заклад «Український центр з контролю та  
моніторингу захворювань МОЗ України», м. Київ;**

**3 – Міністерство охорони здоров'я України, м. Київ**

Становлення України, як сучасної європейської держави, потребує не тільки збереження та розвитку національних традицій і надбань, формування нової генерації з високим потенціалом здоров'я, освіти, культури, національної гідності, але й залучення інноваційного досвіду інших країн світу в усіх сферах розвитку суспільного життя. Досить важливим економічним показником будь-якої країни світу є сфера містобудування з її архітектурною, здоров'язберігаючою і ціновою політикою [1, 2].

У останнє десятиліття значно активізувалися роботи з розробки генеральних планів міст України. На сьогодні створені генплани для більшості обласних адміністративних центрів та крупних промислових міст країни.

За базовими принципами містобудування, які враховуються при розробці генпланів, територія міст за функціональним



призначенням та характером використання розмежовується на сельбищну, виробничу, в тому числі зовнішнього транспорту, та ландшафтно-рекреаційну зони, що повинно забезпечувати охорону навколишнього середовища та створення найбільш сприятливих умов життєдіяльності населення, збереження і зміцнення його здоров'я [1].

Формування планувальної структури великих міст України здійснювалося історично і пов'язане із специфікою розбудови їх містоутворюючих галузей господарської діяльності, транспортних зв'язків, інтенсивністю процесів урбанізації: міста-центри металургії, рудо- та вуглевидобування старопромислових районів, в подальшому – розбудова міст-центрів хімічної та нафтопереробної промисловості, машино- та приладобудування; багатофункціональні міста з розвину-тими транспортними функціями тощо [2].

Гігієнічний аналіз генпланів ряду крупних промислових міст, проведений при виконанні науково-дослідної роботи 2010-2012 рр., засвідчив, що реалізація прийнятих рішень генпланів виконувалася вкрай незадовільно, особливо в частині структурної трансформації промисловості, виведення екобезпечних виробничих об'єктів із сельбищних зон, впровадження природоохоронних заходів (технологічних, планувальних) з утилізації і знешкодження промислових та побутових відходів, реконструкції та вдосконалення систем інженерного забезпечення, зокрема водопостачання і каналізування, тощо.

На теперішній час, згідно з гігієнічним аналізом генпланів, великі промислові міста, особливо старопромислових регіонів (Донбасу, Придніпров'я, Криворіжжя) з містоутворюючими галузями металургії, коксохімії, важкого машинобудування, гірничовидобувної промисловості, мають значні санітарно-гігієнічні проблеми, пов'язані з порушенням функціонального зонування території. Наближення житлової забудови до підприємств I-II-III класів небезпеки, проживання в санітарно-захисних зонах (СЗЗ) значної кількості мешканців, розміщенням дитячих дошкільних і загальноосвітніх закладів, лікувально-профілактичних установ, стрімким зростанням

автомобілізації, забрудненням навколишнього середовища [3-5] призводить до значної шкоди здоров'ю населення.

Запропоновані рішення генпланів на перспективу (період до 25 років) передбачають, в основному, врегулювання найбільш гострих містобудівних проблем: транспортного та інженерного забезпечення і санітарно-гігієнічних для збалансованого розвитку населених міст.

Однак, слід наголосити, що у зв'язку із останніми змінами у містобудівному і санітарному законодавстві, прийнятими у 2010-2012 рр., і вилученням у держсанепідслужби функції запобіжного та значним обмеженням функцій поточного санітарного нагляду, установи практично відсторонені від держсанепіднагляду за виконанням рішень генпланів міст, що вірогідно, матиме несприятливі наслідки для умов життєдіяльності і здоров'я населення, особливо в великих промислових містах [1].

Про це може свідчити також той факт, що на тлі стійких депопуляційних процесів у демографічній ситуації країни спостерігаються несприятливі тенденції зростання захворюваності населення, особливо дитячого, зі значним перевищенням показників в екологічно небезпечних районах [6].

У цих умовах нагальною проблемою є дослідження динаміки стану забруднення навколишнього середовища (атмосферного повітря, водойм, питної води, ґрунту) і його вплив на здоров'я населення (за показниками ризику від забруднення довкілля та захворюваності населення) в великих промислових містах з різною містоутворюючою базою та з урахуванням ступеня реалізації рішень генпланів.

Однією із головних задач управління якістю атмосферного повітря сьогодні є визначення безпечності існуючого рівня хімічного забруднення та його впливу на здоров'я населення, своєчасне встановлення та передбачення можливих медичних проблем, зумовлених екологічними чинниками, адже однією із необхідних умов збереження здоров'я і благополуччя людини є відсутність несприятливого впливу її оточення [1]. У той же час, інтенсивний розвиток сучасних промислових технологій і автотранспорту

призводить до якісних та кількісних змін атмосферних викидів, зростання їх об'ємів та токсичності.

У зв'язку з розвитком промислового виробництва забруднення атмосфери є однією з гострих проблем. Збільшення антропогенного навантаження хімічних сполук на організм людини призводить до зростання екологічно обумовлених захворювань, пригнічення імунної реактивності організму, розвитку раку.

Якість атмосферного повітря регулюється Законом України «Про охорону атмосферного повітря» (2001 р.), а методологія управління якістю повітря населених місць ґрунтується сьогодні на великій кількості законодавчих актів, санітарних правил та норм, гігієнічних нормативів, методичних вказівок різного рівня, розрахунків розсіювання шкідливих речовин в атмосфері тощо. При оцінці забруднення навколишнього середовища допустимим та безпечним для здоров'я людей приймається рівень, за якого концентрації окремих забруднюючих речовин, а також сумарні показники забруднення не перевищують встановлених гігієнічних нормативів допустимого вмісту (ГДК, ОБРД, ГДЗ) [7].

Безумовно, гігієнічні нормативи як критерії якості атмосферного повітря є науковою основою оцінки його якості. Однак, як свідчать наукові дослідження останніх років, порівняння реальних концентрацій забруднюючих речовин з нормативними значеннями не відображає справжньої картини ризику погіршення стану здоров'я у зв'язку з впливом навколишнього середовища і не може розглядатися як єдино вільний підхід для прийняття управлінських рішень щодо рівня забруднення повітря [8-9].

Разом з тим, за реальних умов концентрації шкідливих сполук в об'єктах довкілля можуть перевищувати встановлені гігієнічні регламенти, і це зумовлює необхідність оцінки потенційної небезпеки фактичного забруднення зовнішнього середовища. При цьому «потенційна небезпека» – це ступінь вірогідності виникнення (здебільшого – збільшення) несприятливих ефектів у здоров'ї населення за певної зміни концентрації шкідливої сполуки в оточуючому людину середовищі.

Однак, для встановлення зв'язку «середовище – здоров'я» фактор довкілля може розглядатися як фактор ризику, тобто як такий компонент етіології, який хоч і є важливим для розвитку і прогресування захворювання, проте сам по собі, за відсутності інших умов (наприклад, генетичної схильності або зміненого статусу організму), не може викликати захворювання у певної людини [9]. Шляхом таких досліджень можна виявити і кількісно оцінити додаткову ймовірність появи негативних ефектів у здоров'ї, тобто ризик розвитку захворювань для відносно великих груп населення – вплив несприятливих факторів навколишнього середовища на захисні механізми організму на рівні контингентів населення [1, 9]. При цьому важливе значення має не тільки виявлення і оцінка причинно-наслідкових зв'язків у системі «навколишнє середовище – здоров'я людини», але і визначення критеріїв небезпеки впливу шкідливих чинників довкілля. В оцінку небезпеки хімічних забруднень, окрім кількісних критеріїв, повинні входити якісні характеристики особливостей біологічної дії кожної хімічної сполуки, тобто оцінка ризику її впливу на організм людини. Ці якісні та кількісні показники впливу дозволять здійснювати ранжування забруднень за шкідливістю і значимістю, розробляти прогнози захворюваності (загальної та на різні нозологічні форми) з огляду на рівні забруднення, обґрунтовувати конкретні рішення щодо контролю і шляхів зменшення негативного впливу окремих шкідливих хімічних домішок, визначати напрямки епідеміологічних досліджень [1].

Методологія оцінки ризику практично в усіх країнах світу і міжнародних організаціях розглядається як головний механізм розробки і прийняття управлінських рішень як на міжнародному, державному або регіональному рівнях, так і на рівні окремого виробництва або іншого потенційного джерела забруднення навколишнього середовища. Необхідність впровадження цієї концепції зумовлена тим, що, як стало очевидним, традиційно сформована та законодавчо закріплена практика використання гігієнічних нормативів для управління якістю довкілля не гарантує

повної безпеки для здоров'я людини від впливу тих чи інших шкідливих чинників довкілля [2].

Концепція ризику включає в себе оцінку ризику з наступним його регулюванням; це новий підхід до керування якістю довкілля і виявлення небезпеки впливу антропогенного забруднення на стан здоров'я населення.

Згідно з визначенням ВООЗ, ризик – це очікувана частота небажаних ефектів, які можуть виникати за впливу забруднюючої речовини.

При цьому термін «ризик» може позначати, по-перше, рівень можливої втрати за рахунок тих чи інших явищ, факторів або речовин; прикладом можуть бути економічні, медичні втрати, кількість захворювань, травм, смертей, тощо. По-друге – це вірогідність виникнення цих явищ.

Аналіз ризику – це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику негативного впливу, і він складається з трьох взаємопов'язаних елементів: оцінка ризику, управління ризиком та інформування про ризик.

Саме їх сукупність дозволяє не лише виявити існуючі проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації цих рішень.

На основі отриманих показників ризику впливу забруднюючих сполук, їх диференціації і ранжування обґрунтовуються заходи щодо зменшення їх шкідливого впливу на здоров'я населення.

Це дозволить у подальшому обґрунтувати пріоритети та управлінські рішення щодо зниження ризику для здоров'я населення в екологічно неблагополучних містах [10, 11].

Такі дослідження потребують обґрунтування системи містобудівних показників для оцінки планувальних рішень та інженерного забезпечення (міста і його окремих територій), показників стану забруднення навколишнього середовища та показників захворюваності населення і ризиків від забруднення довкілля.

Представлена робота є логічним продовженням раніше виконаних наукових досліджень лабораторії з розробки науково-методичних основ ранжування промислових міст за еколого-гігієнічними критеріями небезпеки, з обґрунтування гігієнічних вимог та норм до планування і забудови населених місць, а також удосконалення санітарно-гігієнічних підходів до проведення запобіжного санепіднагляду за об'єктами містобудування.

Таким чином, основна ідея роботи полягала в науковому обґрунтуванні санітарно-гігієнічних підходів до оцінки планувальних рішень промислових міст з різною містоутворюючою базою, встановленні тенденції забруднення навколишнього середовища, його ймовірного ризику для здоров'я населення та особливостей захворюваності населення. Результатом досліджень стали обґрунтовані пропозиції для органів виконавчої влади та місцевого самоврядування щодо впровадження профілактичних заходів, в тому числі планувальних, із забезпечення комфортних умов життєдіяльності населення і його здоров'я, розробці інформаційно-методичних документів з удосконалення держсанепіднагляду за плануванням і забудовою промислових міст.

**Метою роботи було** – розробити гігієнічні підходи до оцінки планувальних рішень міст з різною містоутворюючою системою за станом забруднення навколишнього середовища та ризиком для здоров'я населення.

**До завдань роботи входило:**

**1.** Проаналізувати нові законодавчі та нормативно-методичні документи у сфері гігієни планування населених пунктів та охорони навколишнього природного середовища. Вивчити міжнародний та Європейський досвід з питань планування та забудови населених місць.

**2.** Проаналізувати генплани крупних міст та визначити санітарно-гігієнічні проблеми сучасної планувальної організації забудови територій досліджуваних крупних міст з багатогалузевим та профілюючим промисловим комплексом за особливостями планувальної структури.

3. Проаналізувати рівень та ступінь небезпеки забруднення атмосферного повітря території крупних міст, з визначенням ризику неканцерогенного і канцерогенного ефектів для здоров'я населення. Визначити пріоритетні чинники забруднення атмосферного повітря, що негативно впливають на здоров'я населення для прийняття управлінських рішень.

4. Визначити рівень впливу планувальних рішень на стан забруднення атмосферного повітря та здоров'я населення у крупних містах з багатогалузевим та профілюючим промисловим комплексом.

5. Обґрунтувати гігієнічні принципи сучасного містобудівного процесу для створення безпечних умов життєдіяльності людини з урахуванням європейського досвіду.

Для вибору міст з метою виконання запланованих досліджень було проведено попередній аналіз матеріалів санітарно-епідеміологічної експертизи генеральних планів міст, що проходили експертизу в лабораторії. При цьому було проаналізовано особливості народногосподарського розвитку міст, провідні галузі промисловості, планувальна структура, взаєморозміщення промислових і сельбищних (житлових) районів, розвиток транспортної, інженерної і соціальної інфраструктури, екологічний стан території.

За результатами цього аналізу було здійснено вибірку міст (глибина вибірки 10 років) для подальшого дослідження, за генпланами яких була проведена санітарно-епідеміологічна експертиза.

З урахуванням характеру основних галузей господарства міст, які формують їх містоутворюючу базу, а також особливостей планувальної структури міст, що дозволяють виокремити сельбищні території, які знаходяться під значним впливом промислових об'єктів, та поза їх впливом, були визначені для дослідження такі міста :

– *Черкаси* як промислове місто з пріоритетним розвитком хімічної промисловості і планувальним відокремленням промислового району від сельбищних територій міста;

– **Львів** як велике місто західного району із розвитком приладобудування і галузей легкої промисловості, туристичної галузі та високо щільною забудовою центральних районів міста;

– **Київ** як столичне місто з багатогалузевим господарським комплексом з переважним розвитком приладобудування і будівельної індустрії та транспортної інфраструктури, складною планувальною структурою із значними територіями сучасної висотної забудови.

При дослідженні основних містобудівельних і планувальних показників міст, включених в розробку, визначалися показники загальної чисельності і щільності населення, характер промисловості і обсяги промислового виробництва, інші галузі господарського комплексу, транспортна мережа і рівень автомобілізації, особливості житлової забудови, забезпеченість житлом і основними об'єктами соціальної сфери, забезпеченість централізованим (холодним і гарячим) водопостачанням та водовідведенням; функціональне зонування території, і взаємне розміщення окремих функціональних зон (сельбищних, промислових, зовнішнього транспорту, ландшафтно-рекреаційних), кількість населення, що проживає в межах СЗЗ екобезпечних підприємств.

Гігієнічну оцінку стану навколишнього середовища за генпланами міст здійснювали за показниками об'єму та щільності викидів забруднюючих речовин в атмосферу, об'єму скидів госпобутових і промислових стоків у водойми, а також за показниками якості стану питної води, показниками забруднення атмосферного повітря, водойм, ґрунту на території міст.

Для гігієнічної оцінки стану забруднення навколишнього середовища в динаміці в досліджених містах було здійснено ретроспективний аналіз спостережень за забрудненням атмосферного повітря Держкомгідромету України за 1995, 2000, 2003, 2010, 2011 рр. Розробка і оцінка показників забруднення атмосфери передбачається за 17 інгредієнтами (зважені речовини, діоксиди азоту та сірки, оксид вуглецю, формальдегід, бенз/а/пірен, фенол, аміак, сірководень, хлористий водень, марганець, залізо, свинець, хром, кадмій, мідь, нікель) за максимальними і середньорічними концентраціями, як в



цілому по місту, так і по окремих стаціонарних постах, розташованих в різних планувальних зонах міст.

При виборі міст для проведення досліджень і аналізу стану хімічного забруднення повітряного середовища виходили з передумов, що рівень забруднення атмосфери цими сполуками і характер розповсюдження їх на території населених місць може залежати від багатьох факторів – особливостей планування і забудови, профілю промислового виробництва, ступеня теплофікації, автомобілізації тощо. Це обумовило вибір для досліджень населених пунктів з максимально вираженим градієнтом забруднення повітряного середовища цими речовинами – велике адміністративне місто Київ, промисловий центр із переважно хімічною галуззю промисловості – Черкаси та м. Львів.

Гігієнічну характеристику забруднення атмосферного повітря міст проводили за даними постів спостережень Центральної геофізичної обсерваторії Міністерства з надзвичайних ситуацій України.

Для оцінки небезпеки впливу хімічних забруднювачів атмосферного повітря міст на населення застосовували методологію оцінки ризику [12-15].

**Матеріали та методи досліджень.** Базовий аспект проблеми, яка вирішувалась у роботі, стосувався визначення гігієнічних аспектів сучасного містобудування в Україні з елементами інтеграції міжнародних вимог, створення безпечних умов життєдіяльності населення, збереження та зміцнення його здоров'я при плануванні та забудові сучасних населених місць.

У ході виконання роботи дослідження базувались на системному підході до аналізу чинного національного санітарного і містобудівного законодавства та нормативно-методичної бази щодо їх відповідності міжнародним вимогам у сфері планування та забудови населених місць. Для реалізації поставлених у роботі мети і завдань використовували комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження: бібліосемантичні (для аналізу нормативно-правового регулювання та наукової літератури у сфері містобудування),

теоретичні (оцінка ретроспективних даних наукових досліджень щодо гігієни планування населених місць), аналітичні (розробка методики гігієнічної оцінки проектів будівництва об'єктів різного призначення); санітарно-епідеміологічної експертизи проектів генпланів міст та СЗЗ для об'єктів різного класу небезпеки; епідеміологічні та медико-статистичні метри дослідження.

**Результати дослідження.** Результати аналізу відповідності національного санітарного та містобудівного законодавства України у сфері планування та забудови населених місць сучасним вимогам висвітлили його недоліки.

У чинних законах України держава бере на себе відповідальність за безпечні умови життя і праці людини. Проте, відповідно до прийнятих у 2010-2016 рр. містобудівних законів України докорінного реформування зазнав основний механізм провадження профілактичної медицини – запобіжний державний санітарно-епідеміологічний нагляд.

**Зміни, що відбулися, скасували функції щодо здійснення Держсанепідслужбою запобіжного держсанепіднагляду в усіх статтях зазначеного закону: за відведенням земельної ділянки під будівництво об'єктів (ст. 11, ст. 41), проектуванням (ст. 15), будівництвом (ст. 19, ст.42) та введенням в експлуатацію об'єктів (ст. 15, ст. 41).**

Система запобіжного державного санітарно-епідеміологічного нагляду при плануванні та забудові населених місць з орієнтацією на превентивно-профілактичні заходи, що ефективно діяла в колишньому Радянському Союзі, майже в усіх країнах СНД збережена і профілактичні державні функції у питаннях забезпечення сталого санітарного та епідемічного благополуччя населення при плануванні та забудові населених місць визначені на законодавчому рівні. В Україні ці державні функції повністю скасовані без створення будь-якої альтернативи, що призведе до погіршення умов життєдіяльності населення, імовірної загрози його здоров'ю і життю та створення штучного потенційного ризику щодо виникнення та розповсюдження

інфекційних і масових неінфекційних захворювань, реального ризику для здоров'я населення і прийдешніх поколінь.

Проте, чинний Закон Республіки Молдови «Про державний нагляд за громадським здоров'ям» та постанова Кабінету Міністрів Республіки Молдова «Про службу державного нагляду за громадським здоров'ям» містять усі функції традиційного запобіжного державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

**В Україні медична (санітарно-епідеміологічна) складова будівництва та введення в експлуатацію об'єктів містобудування відсутня у містобудівному законодавстві та вилучена у Законі України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».**

Враховуючи географічне розташування України у центрі Європи, високий промисловий потенціал та значну кількість населення (більше 45 млн), вважаємо за необхідне внести зміни до Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» в частині запровадження/відновлення основної складової державного санепіднагляду – запобіжної функції.

Для визначення санітарно-гігієнічних проблем сучасної планувальної організації забудови територій населених місць України були досліджені крупні міста, такі як Київ, Черкаси і Львів з урахуванням характеру основних галузей господарства, які формують їх містоутворюючу базу.

Установлено, що запропонована генпланом м. Києва змішана функціонально-планувальна структура території (виробничі та комунально-складські об'єкти поряд з житловими та громадськими) суперечить вимогам як санітарного законодавства, так і містобудівних нормативів.

Визначено, що проектом не розроблена перспектива розвитку промисловості, об'єктів спортивного, соціально-культурного, оздоровчо-рекреаційного обслуговування населення. Передбачені генпланом заходи з реалізації проектів СЗЗ можуть призвести до скорочення їх площі на 2496 га, що призведе до необґрунтованого наближення житлової забудови до промислової.

Розширення агломерації міста (буде включати 6 районів Київської області площею 1,2 млн га) вирішується декларативно без документального підтвердження та погодження з місцевими територіальними громадами.

У м. Києві виявлено перевищення щільності житлової забудови у два і більше разів (1000 осіб/га при нормі 450 осіб/га) за рахунок скорочення прибудинкових територій та рекреаційних і озелених зон, що призводитиме до підвищення рівня соціально-обумовленої захворюваності мешканців столиці, зокрема на туберкульоз, який набув пандемічного характеру, а також до збільшення психогенного навантаження.

Іншим об'єктом дослідження вибрано м. Черкаси, що є великим промисловим центром з профілюючим хімічним комплексом.

Промислові підприємства міста зосереджено у двох крупних промислових районах: Південному, який включає великі підприємства хімічної промисловості (ВАТ «Азот» та «Хімволокно»), ТЕЦ, легкої та будівельної промисловості галузі; Східному, що включає завод хімічних реактивів (переорієнтований на випуск засобів хімічного захисту рослин), підприємства харчової і дерево обробної промисловості, будіндустрії. Промислові райони віддалено від центра міста на 5-8 км. Нормативні СЗЗ для підприємств указаних промрайонів дотримуються.

Нами визначено, що із загальної кількості викидів в атмосферу по місту (14800,0 т), 87,4% забруднюючих речовин надійшло від хімічних підприємств (ВАТ «Азот» – 53,8% та «Хімволокно» – 14,1%, завод хімреактивів – 0,13 %) та ТЕЦ – 19,3 %. Лімітуючими забруднювачами атмосферного повітря м. Черкаси є аміак, діоксид азоту, оксид вуглецю, пил. За гігієнічними критеріями впливу комплексу шкідливих речовин забруднення атмосфери міста Черкаси оцінюється від слабкого (починаючи з 2002 р., коли промислові підприємства працювали не на повну потужність) до сильного, надзвичайно сильного і навіть як зони екологічного лиха (в 1990 р., коли вони працювали з перевантаженням).

При відновленні функціонування промислових підприємств на повну потужність необхідно суворо дотримуватись вимог щодо функціонального зонування території міста, недопущення наближення перспективної житлової забудови до підприємств I–III класів небезпеки, виконання їх нормативних СЗЗ, впровадження на промислових підприємствах I–III класів небезпеки сучасних технологій та ефективних природоохоронних заходів.

Центром Західного регіону України, який входить в групу 9-ти найбільших міст країни та має напрям розвитку легкої промисловості і туризму, є Львів.

Львів – це велике місто з високою щільністю забудови його центральних районів, у якому за 15 років реалізації генерального плану промисловий комплекс не досягнув прогнозованих показників і перепрофільований на туристичну галузь. На сьогодні нагальною проблемою міста Львова є розробка шумозахисних заходів, оскільки залізничні лінії, потужні автомагістралі, перевантажувальні залізничні станції створюють шум у його межах на рівні 72-77 дБА, а в окремих місцях 78-82 дБА. Розташування аеропорту в безпосередній близькості до міста (6,5 км до центру) є перепорою для освоєння території у південно-західному напрямку, хоча у перспективі планується будівництво нового міжнародного аеропорту за його межами.

Таким чином, у результаті наукової експертизи генеральних планів трьох крупних міст України (Київ, Львів, Черкаси) виявлені найбільш гострі санітарно-епідеміологічні проблеми при їх плануванні та забудові: порушення функціонального зонування території; відсутність сучасних технологій виробництва та природоохоронних заходів; неефективне поводження з промисловими та побутовими відходами; невідповідність потужностей водозабезпечення та каналізування фактичній та перспективній потребі розбудови міст.

За результатами аналізу забруднення атмосферного повітря досліджуваних міст понад 61% забруднюючих речовин, що потрапляють у атмосферне повітря міст, припадає на стаціонарні джерела викидів промислових підприємств (табл. 1).

Таблиця 1

## Порівняльна характеристика забруднення атмосферного повітря досліджуваних міст

Забруднюючі речовини	Показник забруднення С/ГДК*к					
	1990 р.	1995 р.	2000 р.	2005 р.	2010 р.	2011 р.
<b>м. Київ</b>						
завислі речовини (пил)	0,67	0,67	0,57	0,46	0,82	0,87
діоксид сірки	0,40	0,61	0,31	0,28	0,27	0,21
діоксид азоту	1,94	1,91	1,52	1,94	2,34	2,24
формальдегід	2,22	0,56	1,37	1,33	2,78	2,67
бенз/а/пірен	4,00	2,50	2,63	1,38	1,75	1,75
<b>Індекс забруднення</b>	<b>9,23</b>	<b>6,25</b>	<b>6,40</b>	<b>5,39</b>	<b>7,96</b>	<b>7,74</b>
<b>Перевищення ГДЗ</b>	<b>1,69</b>	<b>1,14</b>	<b>1,17</b>	<b>0,99</b>	<b>1,46</b>	<b>1,41</b>
<b>м. Львів</b>						
завислі речовини (пил)	1,22	1,25	1,08	1,13	1,18	1,17
діоксид сірки	0,97	0,84	0,77	0,67	0,60	0,62
діоксид азоту	1,99	1,26	0,87	0,88	1,17	1,24
формальдегід	1,22	2,15	0,74	0,78	1,52	1,74
бенз/а/пірен	2,13	2,00	2,38	2,13	1,63	1,65
<b>Індекс забруднення</b>	<b>7,53</b>	<b>7,50</b>	<b>5,84</b>	<b>5,59</b>	<b>6,10</b>	<b>6,42</b>
<b>Перевищення ГДЗ</b>	<b>1,38</b>	<b>1,37</b>	<b>1,07</b>	<b>1,02</b>	<b>1,12</b>	<b>1,17</b>
<b>м. Черкаси</b>						
завислі речовини (пил)	1,08	0,80	0,63	0,64	0,88	0,91
діоксид сірки	0,84	0,43	0,51	0,56	0,45	0,45
діоксид азоту	1,63	0,80	0,79	0,66	0,92	0,97
формальдегід	4,85	3,37	4,41	3,93	2,30	2,37
бенз/а/пірен	2,25	2,13	1,50	2,00	1,38	1,50
<b>Індекс забруднення</b>	<b>10,65</b>	<b>7,53</b>	<b>7,84</b>	<b>7,79</b>	<b>5,93</b>	<b>6,20</b>
<b>Перевищення ГДЗ</b>	<b>1,95</b>	<b>1,38</b>	<b>1,43</b>	<b>1,42</b>	<b>1,08</b>	<b>1,13</b>

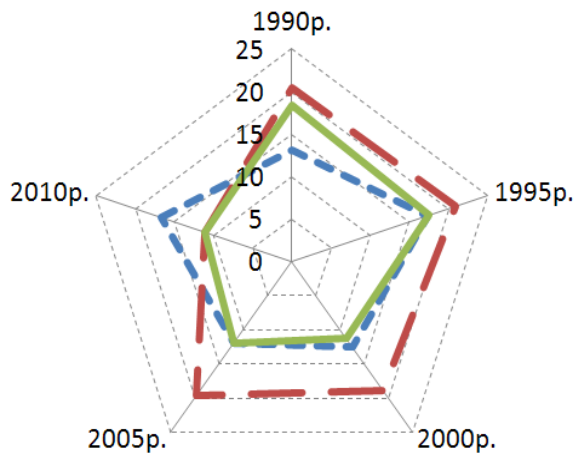
Основними забруднюючими речовинами визначені завислі речовини (пил), діоксид сірки, діоксид азоту, формальдегід та БП з перевищенням ГДЗ у всіх містах: Києві – у 1,7, Львові – 1,4 та Черкасах – у 1,9 рази.

На рис. 1 та 2 подані зміни кількісних показників неканцерогенних та канцерогенних ефектів за 20 років у вказаних містах.

Оцінка сумарного канцерогенного ризику для здоров'я населення, що створюється досліджуваними сполуками у повітряному середовищі міст, показала, що його рівень визначений як високий у м. Черкаси ( $1,5 \times 10^{-3}$ ), як насторожуючий – у м. Києві та м. Львові ( $9,4 \times 10^{-4}$ ,  $6,2 \times 10^{-4}$  відповідно).

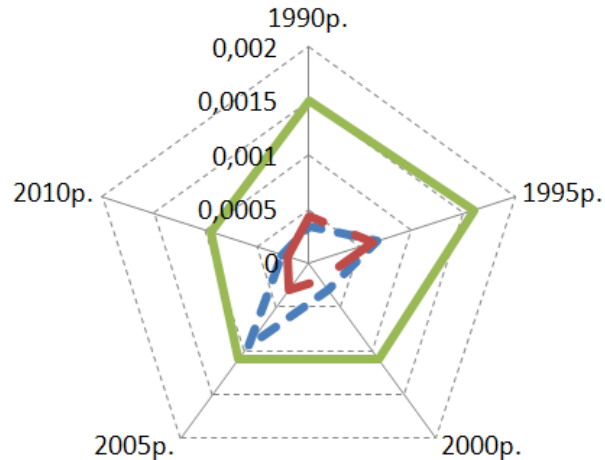
Отримані дані дозволяють розробляти заходи із корегування стану довкілля та обґрунтовано вирішувати питання генеральних планів забудови території міст з урахуванням специфіки розбудови профілюючих промислових комплексів для прийняття управлінських рішень на місцях, їх впровадження для створення безпечних умов життєдіяльності людини.

Для встановлення змін у стані здоров'я мешканців досліджуваних міст проведено аналіз захворюваності за даними державної статистичної звітності МОЗ України у динаміці 3 років (2007-2009 рр.), що надано на рис. 3.



— м.Київ    — м.Черкаси    — м.Львів

**Рис. 1 – Зміни кількісних показників індексів небезпеки неканцерогенних ефектів (1990–2010 рр.)**



— м.Київ    — м.Черкаси    — м.Львів

**Рис. 2 – Зміни кількісних показників канцерогенного ризику (1990–2010 рр.)**



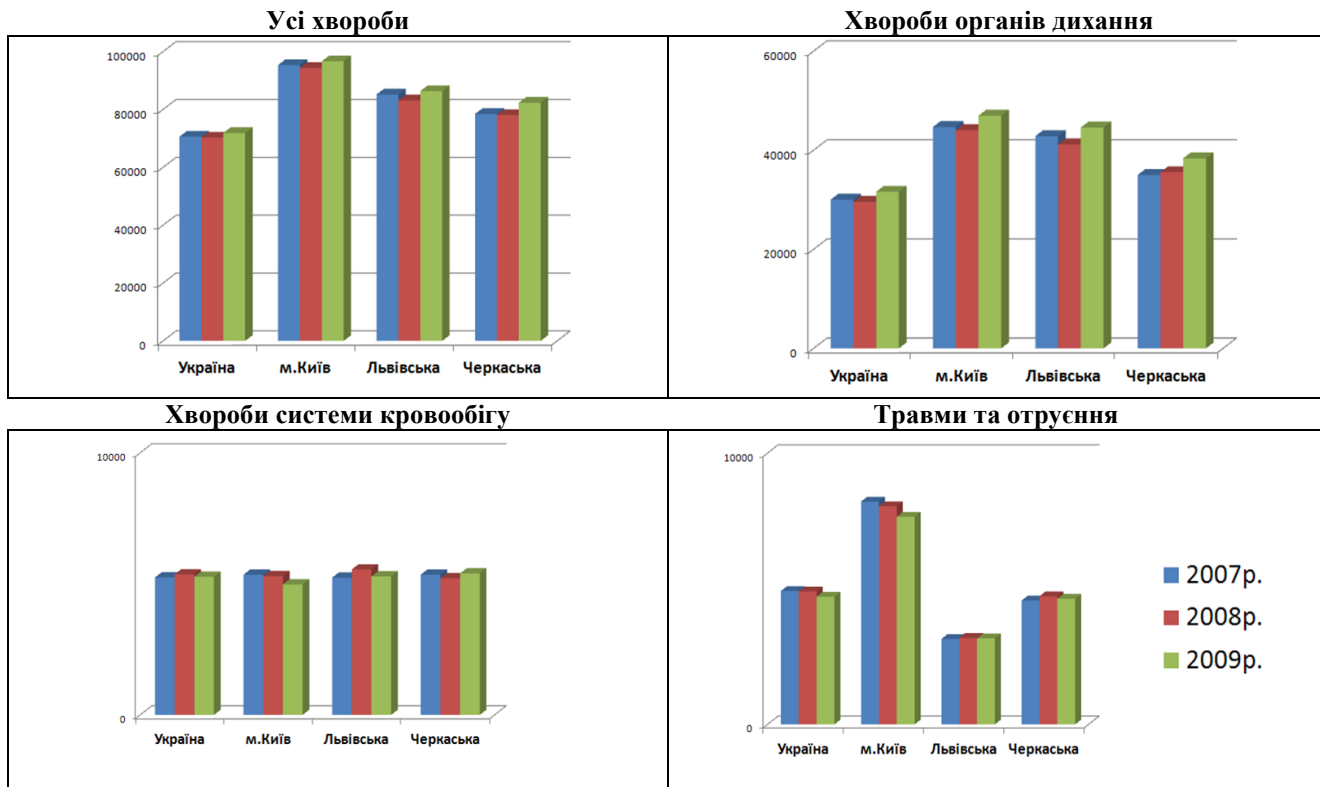
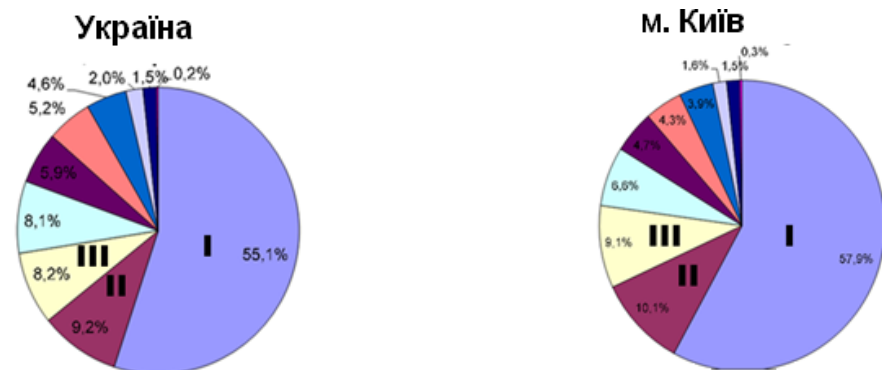


Рис. 3 – Захворюваність населення (на 100 тис.) міста Києва, Львівської та Черкаської областей у динаміці 3-х років

Встановлено, що у всіх досліджуваних містах підвищується рівень захворюваності органів дихання, які вищі загальнодержавних показників. Захворюваність органів системи кровообігу у динаміці років не змінюється у Черкаській та Львівській областях. У м. Києві спостерігається найвищий рівень захворюваності на інфекційні та паразитарні захворювання і травматизм, що пов'язано з високою щільністю населення та інтенсивністю транспортного руху.

Аналізуючи дані захворюваності на новоутворення відмічається тенденція до зростання у всіх досліджуваних містах, число вроджених вад розвитку найвище у м. Києві, що можна пояснити кращим рівнем діагностики та доступністю до висококваліфікованої медичної допомоги.

Ранговий розподіл класів хвороб у досліджуваних містах показаний на рис. 4. У всіх містах перше рангове місце займають хвороби органів дихання, II – хвороби органів кровообігу, III – травми та отруєння.





**Рис. 4 – Розподіл рангових місць за захворюваністю**

В умовах значного дефіциту земельних ресурсів міст і законодавчо визначеної плати за землю все більшої гостроти набуває проблема дотримання для промислових підприємств нормативних СЗЗ, визначених санітарною класифікацією "Державних санітарних правил планування та забудови населених місць. ДСП №173-96" (додаток № 4).

Суттєвого значення набули процеси реструктуризації основних галузей важкої індустрії, розукрупнення і перепрофілювання великих промислових комплексів і підприємств та інтенсивний розвиток відносно невеликих виробничих об'єктів.

Для наукового обґрунтування методики визначення розмірів СЗЗ для сучасних об'єктів різного призначення здійснено санітарно-гігієнічний аналіз 130 проектів об'єктів газовидобувної промисловості, яка є однією із провідних галузей у сучасній політиці енергозабезпечення України.

У рамках нашого дослідження була апробована методика оцінки ризику забруднення атмосферного повітря при визначенні розмірів СЗЗ автозаправних станцій (АЗС).

За чинною санітарною класифікацією підприємств, виробництв та споруд ДСП № 173-96 для АЗС визначено єдиний норматив санітарно-захисної зони у 50 м без диференціювання за потужністю, впровадженням природоохоронних заходів.

У зв'язку з дефіцитом земельних ресурсів в найкрупніших містах і мегаполісах питання розташування існуючих АЗС і проектування перспективної житлової забудови, наближеної до них, а також розташування проєктованих АЗС в умовах сельбищної забудови, що вже склалась, на фоні стрімкої автомобілізації сучасного суспільства набувають все більшого значення і потребують законодавчого врегулювання щодо унормування СЗЗ для сучасних АЗС з урахуванням диференціації їх потужності, використання видів палива, типів транспорту, що заправляється, впровадження природоохоронних заходів тощо [1].

Повсюдне будівництво АЗС різних типів і категорій, розширення їх функцій, включаючи елементи обслуговування транспортних засобів, водіїв та пасажирів, використання сучасних технологій заправки та зберігання палива і тенденції наближення цих об'єктів до житлових районів міст вимагають всебічного обґрунтування гігієнічних вимог до їх розміщення. З метою попередження їх можливого несприятливого впливу на умови життєдіяльності ці вимоги повинні розроблятися з позицій методології оцінки ризику для здоров'я населення [16, 17].

В роботі були використані методичні рекомендації "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. МР 2.2.12-142-2007", затверджені наказом МОЗ України від 13.04.2007 №184 [15].

Для визначення санітарно-гігієнічних проблем сучасної планувальної організації забудови територій населених місць України стосовно розміщення нових та реконструкції існуючих АЗС, досліджено 50 проєктів будівництва/реконструкції АЗС малої, середньої та великої потужності шляхом проведення санітарно-епідеміологічної експертизи з використанням методології оцінок ризику.

Специфічними забруднюючими речовинами від роботи АЗС є бензин, вуглеводні насичені та гас, неспецифічними – діоксид азоту, оксид вуглецю від роботи двигунів автомобілів, а також сажа, діоксид сірки, метан від функціонування котелень і дизель-генераторів АЗС; вклад останніх у валові викиди запроектованих АЗС переважно є мінімальним.

Розрахункові максимальні концентрації специфічних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в районі розміщення малих за потужністю АЗС та індекси небезпеки розвитку негативних ефектів у здоров'ї населення залежно від віддаленості їх розміщення представлено в таблиці 2.

Максимальні концентрації специфічних забруднюючих речовин (бензину, насичених вуглеводнів, гасу, діоксиду азоту та оксиду вуглецю) в атмосферному повітрі в районі розміщення малих АЗС на відстані 25 м від джерел викидів (тобто на проммайданчику АЗС), на нормативній СЗЗ у 50 м та на відстані 100 м у жодному разі не перевищували гігієнічні нормативи за СанПиН 4946-89 "Санитарные правила по охране атмосферного воздуха населенных мест" та відповідали вимогам "Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. ДСП №173-96".

За сумарними показниками забруднення атмосфери, розрахованими за максимальними концентраціями специфічних забруднюючих речовин на всіх відстанях (25, 40, 50 та 100 м), рівень забруднення оцінювався як допустимий.

Таблиця 2

**Очікуване забруднення атмосферного повітря в зоні впливу малих за потужністю АЗС  
(за матеріалами розрахунків будівництва/реконструкції АЗС та коефіцієнти небезпеки розвитку  
негативних ефектів у здоров'ї населення)**

Забруднюючі речовини	Концентрації забруднюючих речовин на різних відстанях від джерел викидів, м							
	25		40		50		100	
	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК
Бензин	0,295-3,25	0,059-0,65	0,13-2,6	0,026-0,52	0,125-1,35	0,025-0,27	0,075-0,775	0,015-0,155
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>4,2-45,8</i></b>		<b><i>1,8-36,6</i></b>		<b><i>1,8-19,0</i></b>		<b><i>1,1-10,9</i></b>	
Вуглеводні C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	0,032-0,554	0,032-0,554	0,005-0,430	0,005-0,430	0,002-0,30	0,002-0,30	0,0001-0,06	0,0001-0,06
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>0,45-7,8</i></b>		<b><i>0,007-6,1</i></b>		<b><i>0,03-4,2</i></b>		<b><i>0,001-0,85</i></b>	
Гас	0,312-0,948	0,26-0,79	0,264-0,792	0,22-0,66	0,19-0,540	0,158-0,45	0,0036-0,46	0,003-0,383
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>31,2-94,8</i></b>		<b><i>26,4-79,2</i></b>		<b><i>1,90-54,0</i></b>		<b><i>0,36-46,0</i></b>	
Діоксид азоту	0,004-0,069	0,02-0,345	0,002-0,067	0,01-0,33	0,001-0,039	0,005-0,195	0,0008-0,0158	0,004-0,079
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>0,10-1,73</i></b>		<b><i>0,05-1,68</i></b>		<b><i>0,03-0,98</i></b>		<b><i>0,02-0,4</i></b>	
Оксид вуглецю	0,525-2,20	0,105-0,44	0,05-2,15	0,01-0,43	0,05-2,0	0,01-0,4	0,02-0,585	0,004-0,117
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>0,18-0,73</i></b>		<b><i>0,02-0,72</i></b>		<b><i>0,02-0,67</i></b>		<b><i>0,01-0,2</i></b>	

Згідно з Міжнародною методологією оцінки ризику для здоров'я людини, визначено, що коли розрахований коефіцієнт небезпеки хімічної речовини не перевищує одиниці, то ймовірність розвитку у людини шкідливих ефектів за щоденного впливу цієї сполуки упродовж життя несуттєва, і такий вплив характеризується як допустимий; у разі перевищення одиниці ймовірність виникнення шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню величини HQ [15, 18].

Класифікація рівнів неканцерогенного ризику наведена в таблиці 3.

Таблиця 3

### Класифікація рівнів неканцерогенного ризику [15]

Рівень ризику	Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (HQ) для окремих сполук
Високий	> 3,0
Насторожуючий	1,1 – 3,0
Допустимий	0,11 – 1,0
Мінімальний (цільовий)	0,1 і менше

На основі отриманих величин коефіцієнтів небезпеки хімічних речовин, що наведені в таблиці 3, можна виділити ряд сполук, які чинять на здоров'я населення прилеглої до території АЗС житлової забудови найбільший негативний вплив як токсиканти. Кількісний показник коефіцієнту небезпеки за максимальною концентрацією бензину залишається високим (>3) на всіх досліджуваних відстанях із тенденцією до різкого зменшення: на 25 м – 45,8, на 40 м – 36,6, на 50 м – 19,0 та на 100 м – 10,9. Найвищий коефіцієнт небезпеки визначається на промисловому майданчику (25 м) – 45,8, у 2,5 рази менший на нормативній СЗЗ (50 м) – 19,0 та у 4,2 рази менший на відстані 100 м у порівнянні з проммайdanчиком.

Розрахункові максимальні концентрації специфічних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в районі розміщення середніх за потужністю АЗС та індекси небезпеки розвитку негативних ефектів у здоров'ї населення залежно від віддаленості їх розміщення представлено в таблиці 4.

Таблиця 4

**Очікуване забруднення атмосферного повітря в зоні впливу середніх за потужністю АЗС (за матеріалами розрахунків будівництва/реконструкції АЗС та коефіцієнти небезпеки розвитку негативних ефектів у здоров'ї населення)**

Забруднюючі речовини	Концентрації забруднюючих речовин на різних відстанях від джерел викидів, м							
	25		40		50		100	
	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК
Бензин	1,1-3,99	0,22-0,80	0,5-2,25	0,1-0,45	0,295-2,1	0,06-0,42	0,13-0,395	0,026-0,079
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>15,4-56,2</i></b>		<b><i>7,0-31,7</i></b>		<b><i>4,2-29,6</i></b>		<b><i>1,8-5,6</i></b>	
Вуглеводні C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	0,33-0,51	0,33-0,51	0,105-0,45	0,105-0,45	0,1-0,43	0,1-0,43	0,0002-0,2	0,0002-0,2
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>4,6-7,2</i></b>		<b><i>1,5-6,3</i></b>		<b><i>1,4-6,1</i></b>		<b><i>0,003-2,8</i></b>	
Діоксид азоту	0,009-0,013	0,045-0,067	0,007-0,0104	0,035-0,052	0,006-0,01	0,03-0,05	0,0028-0,01	0,014-0,05
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>0,23-0,34</i></b>		<b><i>0,18-0,26</i></b>		<b><i>0,20-0,25</i></b>		<b><i>0,07-0,25</i></b>	
Оксид вуглецю	0,525-0,55	0,105-0,11	0,5-0,55	0,1-0,11	0,4-0,5	0,08-0,1	0,3-0,45	0,06-0,09
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>0,18-0,18</i></b>		<b><i>0,17-0,18</i></b>		<b><i>0,13-0,17</i></b>		<b><i>0,10-0,15</i></b>	



Очікуване забруднення атмосферного повітря в зоні розміщення середніх за потужністю АЗС на межі нормативної СЗЗ у 50 м за всіма специфічними речовинами не спостерігалось. Навіть на промислового майданчику (на відстані 25 м від джерел викидів АЗС) концентрації бензину, насичених вуглеводнів, діоксиду азоту та оксиду вуглецю в атмосферному повітрі становили від 0,045 до 0,8 ГДК і не перевищували гігієнічні нормативи за СанПиН 4946-89.

Аналіз отриманих величин коефіцієнтів небезпеки хімічних речовин, що наведені в таблиці 3, свідчить про високий коефіцієнт небезпеки за максимальною концентрацією бензину як на межі нормативної СЗЗ у 50 м – 29,6, так і на відстані, удвічі більшій за нормативну СЗЗ – у 100 м (5,6). Коефіцієнт небезпеки за максимальною концентрацією вуглеводнів також є високим ( $>3$ ) на межі нормативної СЗЗ – 6,3, та насторожуючий (1,1-3,0) на відстані 100 м (2,8).

Аналогічна ситуація щодо очікуваного забруднення атмосфери спостерігається у зоні розміщення АЗС великої потужності (таблиця 5).

На межі нормативної СЗЗ у 50 м АЗС великої потужності не створюють рівнів забруднення атмосферного повітря (за всіма забруднюючими речовинами), що перевищують гігієнічні нормативи за СанПиН 4946-89. Максимальні концентрації бензину, насичених вуглеводнів, діоксиду азоту та оксиду вуглецю в атмосферному повітрі становили від 0,041 до 0,59 ГДК.

Таблиця 5

Очікуване забруднення атмосферного повітря в зоні впливу великих АЗС (за матеріалами розрахунків будівництва/реконструкції АЗС та коефіцієнти небезпеки розвитку негативних ефектів у здоров'ї населення)

Забруднюючі речовини	Концентрації забруднюючих речовин на різних відстанях від джерел викидів, м					
	40		50		100	
	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК	мг/м <sup>3</sup>	долі ГДК
Бензин	1,00-2,95	0,20-0,59	0,925-1,45	0,185-0,29	0,1-0,95	0,2-
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>14,1-41,5</i></b>		<b><i>13,0-20,4</i></b>		<b><i>0,85-13,4</i></b>	
Вуглеводні С12-С19	0,14-1,00	0,14-1,00	0,032-0,59	0,032-0,59	0,001-0,53	0,001-0,53
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>2,0-14,1</i></b>		<b><i>0,45-8,3</i></b>		<b><i>0,01-7,5</i></b>	
Діоксид азоту	0,026-0,087	0,13-0,435	0,02-0,071	0,1-0,355	0,0034-0,031	0,017-0,155
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>0,65-2,18</i></b>		<b><i>0,5-1,8</i></b>		<b><i>0,09-0,78</i></b>	
Оксид вуглецю	0,585-1,6	0,117-0,32	0,2-0,705	0,04-0,141	0,045-0,6	0,009-0,12
<b><i>HQ</i></b>	<b><i>0,2-0,53</i></b>		<b><i>0,06-0,24</i></b>		<b><i>0,02-0,2</i></b>	

Величини коефіцієнтів небезпеки хімічних речовин, що наведені в таблиці 4, свідчать про високий коефіцієнт небезпеки за максимальною концентрацією бензину як на межі нормативної СЗЗ у 50 м – 20,4, так і на відстані, удвічі більшій за нормативну СЗЗ – у 100 м (13,4). Коефіцієнт небезпеки за максимальною концентрацією вуглеводнів також є високим на межі нормативної СЗЗ – 8,3 та на відстані 100 м (7,5), для діоксиду азоту на межі СЗЗ – насторожуючий (1,8), для оксиду вуглецю – допустимий (0,24). Зазначені показники коефіцієнтів небезпеки впливу бензину та вуглеводнів великих за потужністю АЗС перевищують аналогічні показники малих АЗС у 1,9 та 2,3 рази.

Із наведених вище матеріалів можна констатувати, що для оцінки впливу повітряного середовища у зоні розміщення АЗС на населення коефіцієнти небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів є більш інформативними, ніж показники забруднення. За величиною неканцерогенного ризику забруднюючі речовини від джерел викидів всіх типів АЗС (малих, середніх, великих), особливо гас, є небезпечними для здоров'я людини, хоча максимальні концентрації не перевищували їх ГДК і показник забруднення був меншим за одиницю.

Критичними органами та системами людини, на які у першу чергу впливають забруднюючі речовини (бензин, гас, оксид вуглецю та діоксид азоту) від джерел викидів АЗС є: органи дихання, серцево-судинна система, печінка, нирки, центральна нервова система і кров.

Директивами Європейського союзу 2008/50/ЄС від 21.05.2008 р., 2004/42/ЄС від 21.04.2004 р., 1999/32/ЄС від 26.04.1999 р., 98/70/ЄС від 21.05.1998 р., 94/63/ЄС від 20.12.1994 р. встановлені вимоги до якості бензину, дизельного палива та контролю викидів від АЗС, які потребують імплементації в Національне санітарне законодавство. За результатами цих досліджень було доведено, що санітарна класифікація підприємств та виробництв потребує перегляду та унормування диференційованих санітарно-захисних зон (мінімальна і максимальна СЗЗ) для АЗС з урахуванням потужності, впровадження ефективних повітроохоронних заходів та

запровадження ризикового підходу до санітарно-епідеміологічної оцінки розташування АЗС. Була показана необхідність впроваджувати на існуючих та проєктованих АЗС обладнання для утримання канцерогенних випаровувань при заправках транспортних засобів, що забезпечить зменшення забруднення прошарку повітря робочої зони працюючих на АЗС та довкілля прилеглої житлової забудови та відповідатиме вимогам директив ЄС (2008/50/ЄС від 21.05.2008 р., 2004/42/ЄС від 21.04.2004 р., 1999/32/ЄС від 26.04.1999 р., 98/70/ЄС від 21.05.1998 р., 94/63/ЄС від 20.12.1994 р.), що стосуються якості бензину, дизельного палива та контролю викидів від АЗС, та національного законодавства України (ДСП №173-96, СанПиН 4946-89).

Оцінюючи містобудівні нормативні документи у сфері планування і забудови територій Німеччини (м. Берлін), Литви, Данії, Республіки Беларусь (м. Мінськ), Казахстану можна констатувати наступне. В Німеччині, Литві та Данії нормативні та процедурні питання розроблення містобудівної документації та забудови зосереджені в одному документі – Містобудівному кодексі, в якому наведені норми територіального планування та будівельні норми.

У містобудівних нормативних документах країн ЄС основним показником планування та забудови територій є максимально-граничний коефіцієнт ступеня забудови. Ступінь забудови визначається за такими критеріями: коефіцієнт забудови або опорна площа споруд; коефіцієнт щільності або сумарна площа споруд; коефіцієнт кубатури; кількість поверхів; висота споруд.

Показники щільності забудови населених пунктів Німеччини, відповідно до Федерального будівельного кодексу країни (Baugesetzbuch, BauGB) (Додаток § 16 «Положення про забудову земельних ділянок»), розраховується в основному за співвідношенням площі забудови до площі земельної ділянки із збільшенням кількісного показника з наближенням до центру населеного пункту (табл. 6).

Таблиця 6

**Показники щільності забудови населених пунктів згідно з Додатком § 16 «Положення про забудову земельних ділянок» Федерального будівельного кодексу Німеччини (Baugesetzbuch, BauGB)**

Територія забудови	Коефіцієнт площі під фундаментом (GRZ)	Коефіцієнт поверхової площі (з урахуванням загальної площі поверхів) (GFZ)
райони для невеликих поселень (WS)	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>
райони виключно житлової забудови (WR)	<b>0,4</b>	<b>1,2</b>
райони збереження житлової забудови (WB)	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>
райони сільсько- та лісо-господарського призначення (MD)	<b>0,6</b>	<b>1,2</b>
райони зосередження торговельних і адміністративних об'єктів (MK)	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>

У пострадянських країнах (Республіка Беларусь, РФ, Казахстан), а також в українських нормах, зазначені показники були розроблені на співвідношенні кількості населення до площі земельної ділянки і становлять згідно з п.3.7 «ДБН 360-92\*\*. Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень»: 110-170 люд./га для малих міст, 190-220 люд./га для найзначніших міст. Щільність населення житлового кварталу з повним комплексом установ і підприємств місцевого значення приймається у межах 180-450 люд./га.

На підставі результатів вивчення закордонного досвіду, зокрема у Німеччині, для столиці країни м. Берліна передбачені окремі нормативні будівельні норми, які включені як додатки до Baugesetzbuch, BauGB, що нами пропонуються для інтеграції в містобудівне законодавство України.

При вивченні генерального плану міста Берліна в редакції від 01.06.1994 р. із змінами по листопад 2003 р., затвердженого сенатором з питань міського розвитку м. Берліна, було встановлено, що при плануванні території міста враховані всі зони обмежень, пов'язані із захистом навколишнього середовища. Зокрема у центральній частині, де зосереджена в основному громадська забудова (вищі, школи, лікувальні заклади, наукові інститути, заклади роздрібної торгівлі та ін.), всі міські вулиці на генплані обмежені «зонами захисту чистого повітря». У місцях підвищеного акустичного режиму, зокрема в зоні аеропорту – передбачена зона «шумозахисту». Водойми, річки на генплані мають «зони охорони водоймищ». Зазначені вимоги щодо обмеження планування і забудови м. Берліна повністю відповідають аналогічним вимогам в Україні. За українським законодавством це вимоги Водного Кодексу України, ДСП № 173-96, ДБН №360-92\*\* та ін.

Таким чином, для забезпечення оптимальних умов життєдіяльності населення при плануванні та забудові населених пунктів нами визначені основні елементи імплементації вимог директиви ЄС № 305/2011 щодо гармонізації національних норм будівництва та експлуатації будинків, будівель та виробничих споруд:

ризиковий підхід щодо розміщення промислових та виробничих об'єктів, який внесений в основний нормативний документ містобудування в частині охорони навколишнього середовища – Зміна № 1 до Державних будівельних норм України “ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд” для обов’язкового виконання проектними, експертними та інспекційними організаціями Мінрегіону (ухвалена на містобудівній раді України – 20.11.2009 р. та затверджена наказом Мінрегіонбуду України від 01.07.2010 р. № 524); забезпечення санітарно-епідеміологічної складової та унормування залучення громадськості у новітньому нормативному документі – ДБН «Планування та забудова територій», що відповідає вимогам Європейської Хартії, міжнародній програмі ВООЗ «Здорові Міста».

У 2015 році Президентом України підписано Закон України «Про засади державної регіональної політики». У преамбулі цього закону йдеться про те, що система місцевого самоврядування на сьогодні не задовольняє потреби суспільства. Метою є створення та підтримка сприятливого життєвого середовища, забезпечення умов для збереження громадського здоров’я, надання населенню високоякісних і доступних адміністративних, соціальних та інших послуг (публічних).

На виконання вимог Європейської Хартії місцевого самоврядування, яка ратифікована Україною, Закону України «Про засади державної регіональної політики» Урядом України схвалена Концепція реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади, яка передбачає децентралізацію влади – передачу функцій з рівня центральних органів виконавчої влади на нижчий.

В умовах децентралізації органів виконавчої влади та суттєвого обмеження державних контролюючих функцій різних служб країни, нами вперше науково обґрунтовано алгоритм виконання комплексу організаційно-методичних, санітарно-епідеміологічних заходів, які спрямовані на оптимізацію процедури встановлення та зміни нормативів СЗЗ для підприємств з різним класом небезпеки: для

об'єктів I-III класу небезпеки – на рівні головного державного санітарного лікаря України; для об'єктів IV-V класу небезпеки – на рівні головних державних санітарних лікарів областей, що реалізовано в наказах МОЗ України (№ 187 від 03.03.2010 р., № 247 від 09.10.2000 р.).

## **ВИСНОВКИ**

У роботі вперше на підставі комплексних гігієнічних досліджень науково обгрунтовано елементи інтеграції та імплементації міжнародних вимог до національної нормативної бази з питань містобудування та забезпечення оптимальних умов життєдіяльності людини в сучасних населених пунктах з різною містоутворюючою структурою, розроблені нові гігієнічні підходи до їх реалізації.

1. На підставі системного підходу до аналізу національного санітарного та містобудівного законодавства у сфері планування та забудови населених місць встановлена його невідповідність сучасним міжнародним вимогам. Обгрунтовано необхідність постійного науково-гігієнічного супроводу питань планування та забудови територій (в т.ч. об'єктів промислового та житлово-громадського будівництва), який ґрунтується на провідних факторах ризику для здоров'я населення [19].

2. У результаті експертизи генеральних планів трьох крупних міст України (Київ, Львів, Черкаси) з багатогалузевим та профілюючим промисловим комплексом виявлені найбільш гострі санітарно-епідеміологічні проблеми при їх плануванні та забудові: порушення функціонального зонування території; відсутність сучасних технологій виробництва та природоохоронних заходів; неефективне поводження з промисловими та побутовими відходами; невідповідність потужностей водозабезпечення та каналізування фактичній та перспективній потребам розбудови міст; відсутність планомірного розвитку об'єктів соціально-культурного, спортивного, оздоровчо-рекреаційного обслуговування широких мас населення;



включення прилеглих районів та населених пунктів до меж міст Києва, Львова без документального підтвердження та погодження з місцевими територіальними громадами.

3. Вирішення планувальних завдань містобудування, передбачених генпланами міст, безпосередньо впливає на стан навколишнього середовища та здоров'я населення. За аналізом показників забруднення атмосферного повітря досліджуваних міст у динаміці 20-річного терміну спостереження встановлено, що у містах з різним рівнем і характером промислового розвитку формується тенденція до зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу та рівнів середньорічних концентрацій забруднюючих речовин – від сильного, надзвичайно сильного і навіть як зони екологічного лиха у 1990 р. (коли промислові підприємства працювали з перевантаженням) до слабого (починаючи з 2002 р., коли вони були задіяні не на повну потужність).

При відновленні функціонування промислових підприємств на повну потужність необхідно, з одного боку, суворо дотримуватись вимог щодо функціонального зонування території міста, недопущення наближення перспективної житлової забудови до підприємств I-III класів небезпеки, виконання їх нормативних СЗЗ, з іншого – впровадження на промислових підприємствах I-III класів небезпеки сучасних технологій та ефективних природоохоронних заходів.

4. Нами науково доведено необхідність перегляду нормативів СЗЗ (на прикладі 100 автозаправочних станцій) для підприємств з урахуванням різних технологій, класу небезпеки з диференціацією їх потужності, ефективності природоохоронних заходів і оцінки ризику для здоров'я населення [20].

5. На підставі результатів вивчення закордонного досвіду, зокрема у Німеччині, для столиці країни м. Берліна, встановлено, що при плануванні території міста враховані всі зони обмежень, пов'язані із захистом навколишнього середовища, а саме: у центральній частині, де зосереджена в основному громадська забудова (вищі, школи, лікувальні заклади, наукові інститути, заклади роздрібної торгівлі та ін.), всі міські вулиці на генплані обмежені «зонами захисту чистого

повітря»; у місцях підвищеного акустичного режиму, зокрема в зоні аеропорту – передбачена зона «шумозахисту»; водойми, річки на генплані мають «зони охорони водоймищ», що повністю відповідають аналогічним вимогам в Україні. За українським законодавством це вимоги Водного Кодексу України, ДСП № 173-96, ДБН №360-92\*\* та ін.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сердюк А.М., Полька Н.С., Махнюк В.М. Сучасні проблеми гігієни планування та забудови населених місць (нормативно-правове регулювання). К.: Медінформ, 2014. 174 с.

2. Махнюк В.М. Наукове обґрунтування нових гігієнічних підходів до сучасного містобудування в Україні: дис. ... д-ра мед. наук : спец. 14.02.01 / НАМН України; ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім.О.М. Марзєєва НАМН України». К., 2015. 324 с.

3. Литвиченко О.М. Наукові основи охорони повітряного середовища від забруднення канцерогенними N-нітрозамінами та попередження онкогенного ризику для населення: автореф. дис. ... докт. біол. наук : спец. 14.02.01 «гігієна». К., 1999. 35 с.

4. Махнюк В.М. Санитарно-эпидемиологическая составляющая в проектах изменений к государственным строительным нормам Украины в сфере планировки и застройки населенных мест // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь ; Науч.-практ. центр гигиены. Минск : РНМБ, 2014. Т. 1, вып.24. С. 57-60.

5. Полька Н.С., Махнюк В.М., Бургазлій Н.П., Могильний С.М., Гозак С.В. Санітарно-гігієнічна оцінка проектів будівництва загальноосвітніх закладів у м. Києві // Довкілля та здоров'я. 2010. № 2 (53). С. 27-31.

6. Щорічна доповідь про стан здоров'я населення, санітарно-епідемічну ситуацію та результати діяльності системи охорони здоров'я України. 2013 рік / за ред. О.С. Мусія. К., 2014. 438 с.

7. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць від забруднення хімічними і біологічними речовинами: ДСП-201-97. Офіц. вид. Київ : МОЗ України, 1997. 57 с.

8. Пинигин М.А., Тепикина Л.А., Сабирова З.Ф. Итоги и перспективы разработки гигиенических основ охраны воздуха в районах размещения промышленных предприятий // Гиг. и сан. 2007. № 3. С.24-30.

9. Черниченко И.А., Сердюк А.М., Литвиченко О.Н., Баленко Н.В. Гигиеническое регламентирование и риск // Гиг. и сан. 2006. № 1. С. 30-32.

10. Янко Н.В., Махнюк В.М., Фещенко К.Д., Кіреєва І.С., Могильний С.М., Бухало І.Л. Гігієнічні аспекти використання ландшафтно-рекреаційних територій населених місць для відпочинку та оздоровлення населення на прикладі природного заповідника Шацького національного природного парку // Гігієна населених місць: зб. наук. пр. К., 2013. Вип. 62. С. 28-32.

11. Сердюк А.М., Дюканов В.Г., Турос О.І. Можливості оптимізації екологічної політики за рахунок впровадження екологічного аналізу факторів ризику для здоров'я // Гігієна населених місць: зб. наук. пр.– К., 2004. Вип. 44. С. 572-576.

12. Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Печенникова Е.В., Пономарева Е.В. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт). М., 1996. 159 с.

13. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Румянцев Г.И. Методологические аспекты оценки риска для здоровья населения при кратковременных и хронических воздействиях химических веществ, загрязняющих окружающую среду // Гиг. и сан. 2002. № 6. С. 5-6.

14. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. – Официальное издание. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

15. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря : методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007/ МОЗ ; наказ № 184. – Офіц. вид. К.: МОЗ України, 2007. 28 с.

16. Махнюк В.М., Могильный С.Н., Антомонов М.Ю. Гигиенические вопросы пересмотра нормативной санитарно-защитной зоны для автозаправочных станций // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь; Науч.-практ. Центр гигиены. Минск : РНМБ, 2015. Т. 1, вып. 25. С. 66-69.

17. Могильный С.М., Махнюк В.М., Литвиченко О.М. Гігієнічні вимоги до розміщення сучасних автомобільних заправних станцій в умовах сельбищної території великих міст // Довкілля і здоров'я : зб. матер. наук.-практ. конф., присвяченої 30-річчю Чорнобильської катастрофи. Тернопіль : Укрмедкнига, 2016. 172 с.

18. Перелік речовин, продуктів, виробничих процесів, побутових та природних факторів, канцерогенних для людини: Гігієнічний норматив ГН 1.1.2.123–2006. К. : МОЗ України, 2006. 17 с.

19. Сердюк А.М., Полька Н.С., Махнюк В.М., Савіна Р.В., Могильный С.М. Гігієна планування та забудови населених місць на варті громадського здоров'я (до 85-річного ювілею ДУ «Інститут громадського здоров'я ім.О.М.Марзєєва НАМНУ»). – К.: Міжрегіональний видавничий центр «Дедінформ», 2017. – 271 с.

20. Могильный С.М., Махнюк В.М., Черниченко І.О., Литвиченко О.М. Risk approach to sanitary-and-epidemiological assessment of the location of modern filling stations // Довкілля та здоров'я. К., 2017. Вип. 2 (82). С. 35-38.

## ПОРІВНЯЛЬНА ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ ТА НЕБЕЗПЕКИ ЛЕТКИХ ТА НЕЛЕТКИХ ХЛОРООРГАНІЧНИХ СПОЛУК У ВОДОПРОВІДНІЙ ПИТНІЙ ВОДІ

*Прокопов В.О., Труш Є.А., Липовецька О.Б., Зоріна О.В.,  
Куліш Т.В., Соболев В.А., Томашевська Л.А., Кравчун Т.Є.,  
Цицирук В.С.*

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім.О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ**

**Вступ.** Проблема забезпечення населення якісною питною водою залишається актуальною в усьому світі. Особливу занепокоєність викликає якість питної води в Україні, де основними джерелами питного водопостачання є поверхневі води, які потерпають від зростаючого антропогенного забруднення. Традиційна технологія підготовки питної води з поверхневих джерел найчастіше передбачає застосування хлору, який, з одного боку, гарантує епідемічну безпеку води, а з іншого – призводить до утворення побічних продуктів дезінфекції, зокрема, хлорорганічних сполук (ХОС) в результаті взаємодії хлору з розчиненими у природній воді органічними речовинами. Основними групами ХОС є леткі тригалогенметани (ТГМ), пріоритетним з яких є хлороформ, та нелеткі галогеноцтові кислоти (ГОК), з яких найчастіше реєструються монохлороцтова та трихлороцтова кислоти [1-3].

Аналіз даних літератури свідчить, що характер, концентрація та різноманітність галюїдованих сполук, які утворюються в процесі хлорування води, залежать від кількісного та якісного складу присутніх у ній органічних речовин, типу та дози дезінфектанту, тривалості контакту з ним, температури води, кількості мінеральних солей, пори року, реакції середовища та ін. [4-10].

Більшість ідентифікованих у воді ХОС мають експериментально встановлену високу токсичність, канцерогенність та мутагенну активність і обумовлюють високий ризик для здоров'я населення від споживання забрудненої цими речовинами питної води. Основний шлях впливу для ХОС – пероральний, вони всмоктуються в шлунково-кишковому тракті, швидко надходять в кров та розподіляються в печінці, м'язах, жировій тканині, нирках, мозку та сім'яниках [11-14].

В Україні контроль якості питної води централізованих систем питного водопостачання на вміст летких ХОС (ТГМ) став обов'язковим з 2015 року. ГОК дотепер не включені в перелік пріоритетних контрольованих показників якості питної води.

Наукові роботи з проблеми ГОК в нашій країні не проводились: не було розроблено та впроваджено методик визначення у воді ГОК, що не дозволяло встановити реальні їх рівні у воді джерел та питній воді, дослідити вплив різних факторів на утворення ГОК, не вивчалась біологічна дія ГОК на теплокровний організм, що не сприяло розробці та науковому обґрунтуванню гігієнічних нормативів ГОК у воді тощо. Відсутність моніторингових спостережень щодо вмісту ГОК у хлорованій питній воді не дозволяла прогнозувати можливий їх негативний вплив на здоров'я населення в разі надходження до організму ізольовано або в комбінації з іншими ХОС, насамперед із ТГМ, що є постійними забруднювачами питної води, обробленої хлором. Водночас при споживанні хлорованої питної води до організму надходять ХОС обох класів з однаковою лімітуючою токсикологічною ознакою шкідливості і тому можна припустити, що їх сумісна біологічна дія може бути сильнішою, ніж кожної речовини окремо.

Науковці водної лабораторії ДУ «ІГЗ НАМНУ» були одними з перших в країні, що досліджували проблему ТГМ у хлорованій питній воді з гігієнічних позицій та обґрунтували заходи щодо попередження їх негативного впливу на здоров'я населення. Дослідження з вивчення ГОК є логічним продовженням напрямку вивчення ХОС у хлорованій питній воді, **метою** яких є наукове обґрунтування гігієнічної

значущості та небезпеки ГОК в порівнянні з ТГМ як побічних продуктів хлорування води та розробка профілактичних заходів.

У зв'язку з поставленою метою вирішувались наступні **завдання:**

1. Провести аналіз та узагальнення світового досвіду вивчення та оцінки ГОК як побічних продуктів дезінфекції води хлором.

2. Адаптувати міжнародну методику визначення масової концентрації пріоритетних ГОК у природній та питній воді стосовно вимог санітарного та екологічного законодавства України.

3. Дати порівняльну оцінку сучасному стану забруднення ТГМ та ГОК хлорованої питної води з поверхневих джерел в різні сезони року, визначити рівень вмісту цих речовин на етапах водоочисної технології за участю різних типів хлорокисників на водопровідних станціях, а також у водопровідних мережах.

4. Оцінити в експериментальних дослідженнях вплив на утворення та вміст ТГМ та ГОК у воді окремих технологічних та природних факторів.

5. Вивчити в хронічному санітарно-токсикологічному експерименті характер ізольованої та комбінованої дії пріоритетних ТГМ та ГОК у питній воді на організм лабораторних тварин.

6. Оцінити онкоризик для здоров'я населення від споживання водопровідної питної води, забрудненої ХОС (на прикладі міст Києва та Кропивницького).

7. Обґрунтувати гігієнічні рекомендації щодо попередження або мінімізації утворення та надходження ГОК до питної води та напрямки подальшого розвитку проблеми летких та нелетких ХОС в Україні.

**Програма, об'єкти та методи дослідження.** Дана стаття базується на матеріалах завершеної НДР «Гігієнічна оцінка токсичних галогеноцтових кислот, що утворюються при хлоруванні питної води, та ризики для здоров'я населення» (2014-2016 рр.) і є скороченим їх варіантом.

Програма досліджень для реалізації завдань роботи передбачала проведення натурних досліджень у хлорованій воді ТГМ

та ГОК на очисних спорудах окремих водопровідних станцій, експериментальних досліджень для з'ясування особливостей та залежностей від деяких чинників утворення ТГМ та ГОК у воді при хлоруванні, токсикологічного експерименту для визначення ізольованої та комбінованої дії хлороформу та моноклороцтової кислоти на теплокровний організм, а також розрахунків індивідуального та популяційного канцерогенних ризиків при споживанні хлорованої питної води. В роботі використано широкий спектр різних методів, а саме літературно-пошуковий, гігієнічної оцінки, експериментального моделювання, санітарно-гігієнічні, в тому числі хроматографічний, токсиколого-гігієнічні (гематологічні, біохімічні, імунологічні), медико-статистичні, оцінки ризиків.

Поглиблені дослідження природної та хлорованої питної води на вміст ТГМ та ГОК проводились в період 2014-2016 рр. на Деснянському та Дніпровському водопроводах м. Києва, дніпровському водопроводі металургійного комбінату м. Запоріжжя та на водоочисному комплексі «Дніпро-Кіровоград» у складі водопровідних очисних споруд, розташованих у м. Світловодську, та 120-км водоводу по транспортуванню питної води до м. Кропивницького.

На київських водопроводах визначення у воді ТГМ та ГОК проводилось на різних етапах технології водопідготовки (трубопровід сирій води, камера реакції, відстійник, після фільтрів, резервуар чистої води (РЧВ)). На двох інших водопровідних об'єктах (м. Запоріжжя та Світловодськ) моніторингові спостереження за вмістом ХОС у хлорованій питній воді проводилися щомісяця в різні сезони року.

Моніторинг питної води з київських мереж централізованого питного водопостачання (суміш дніпровсько-деснянсько-артезіанської води) на вміст ХОС проводився у всіх адміністративних районах столиці шляхом відбору проб з водопровідних кранів квартир мешканців.

Окрім натурних досліджень, в умовах лабораторії були проведені експериментальні дослідження, спрямовані на визначення особливостей утворення ТГМ та ГОК в залежності від окремих



факторів (доза та тип хлорокисника, час контакту, рН, температура води). Ці дослідження проводились на природній воді, відібраної з місця водозабору Деснянської водопровідної станції (ВС). В дослідженнях використано найбільш поширені реагенти: хлорна вода, гіпохлорит натрію, хлораміачна вода та діоксид хлору в дозах 3, 5 та 7 мг/дм<sup>3</sup> за активним хлором. Час експозиції хлору з водою для кожної дози становив 15, 30 та 60 хвилин. У пробах хлорованої води по закінченні часу експозиції визначали вміст залишкового хлору, потім воду дехлорували (гіпосульфитом натрію) для припинення подальшої взаємодії хлору з органічними речовинами води і тільки після цього досліджували її на вміст ТГМ та ГОК.

Також проводились дослідження з визначення впливу на процес утворення ХОС у воді при хлоруванні температурного фактору та реакції середовища (рН). Обидва ці дослідження проводились при використанні для хлорування природної води двох реагентів: хлорної та хлораміачної води. В цих експериментах були використані дози хлора 3, 5 та 7 мг/дм<sup>3</sup>, а час експозиції становив 60 хвилин.

Температура води, що підлягала хлоруванню, була прийнята 3-4°C, що характерно для зимового періоду року, та 18-20°C – для літнього. Температурний режим вихідної води в заданих параметрах підтримувався завдяки використанню в цих дослідах повітряного хладотермостату ХТ-3/70-2 зі стабільністю відтворення температури  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ .

Реакція водного середовища в дослідах по вивченню її впливу на процес утворення ХОС у воді при хлоруванні приймалася на рівні 4, 7 та 10 одиниць рН, що досягалось за допомогою використання для цього розчину 0,1N (1N) соляної кислоти та 0,1N (1N) лугу.

Для дослідження хлорованої питної води на вміст 9-ти пріоритетних ГОК (монохлороцтова, дихлороцтова, трихлороцтова, монобromoцтова, дибromoцтова, трибromoцтова, бромхлороцтова, дибромхлороцтова, дихлорбromoцтова кислоти) та 7-ми сполук галогенметанового ряду (хлороформ, чотирьоххлористий вуглець, трихлоретилен, тетрахлоретилен, дибромхлорметан, дихлорбромметан, бромформ) застосували метод газової хроматографії з

електронно-захватним детектуванням, використовуючи адаптовану нами з урахуванням складу води поверхневих джерел і діючих технологій водопідготовки в Україні МП УВК 1.100 – 2010 «Методика виконання измерений массовой концентрации 9 галогенуксусных кислот в питьевой воде, воде источников водоснабжения методом реакционной газовой хроматографии с электронно-захватным детектированием» (модифікація МУП «Уфаводоканал» американських методик US EPA), та ДСТУ ISO 10301:2004 «Якість води. Визначення високолетких галогенованих вуглеводнів методом газової хроматографії» відповідно, при зміні умов хроматографування. Дослідження ХОС проводили на газовому хроматографі «Кристаллюкс 4000 М».

Визначення у природній та питній воді інших (не хлорорганічних) гідрохімічних показників проводили за загальноприйнятими методиками згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною".

На підставі аналізу даних літератури нами було сплановано проведення токсиколого-гігієнічних досліджень з метою визначення ізольованої та комбінованої дії пріоритетних летких (хлороформу) та нелетких (монохлороцтової кислоти) токсичних ХОС при пероральному надходженні з питною водою до організму експериментальних тварин. В 6-ти місячному хронічному експерименті використано білих безпородних щурів масою 160-170 г, які утримувались на стандартному раціоні віварію та вільному доступі до води та їжі. Для створення модельних водних розчинів використовували нормативної якості питну воду з артезіанської свердловини, в яку додавали хлороформ (ХФ) та монохлороцтову кислоту (МХОК) в заданих концентраціях.

Тварини (по 8 голів у групі) були розподілені на 10 груп: 1 – контрольна (вживала стандартну артезіанську воду), 6 дослідних груп, тварини яких споживали питну воду з вмістом окремо кожної з двох взятих у дослід хлорорганічних сполук на рівні 1, 3 та 5 ГДК відповідно, та 3 дослідні групи, які вживали питну воду з комбінацією: хлороформ та МХОК на рівні 1, 3 та 5 ГДК кожної речовини. Експериментальні дослідження здійснювалось з

дотриманням принципів біоетики та вимог гуманного ставлення до тварин [14, 15].

Структурно-метаболический та функціональний статус тварин визначали за імунологічними, гематологічними та біохімічними показниками в цільній крові та сироватці. Гематологічні дослідження включали показники морфологічного складу крові, імунологічні та широке коло біохімічних маркерів – показників обмінних процесів оцінювали за вмістом субстратів та активністю ферментів [16-19].

Гематологічні дослідження виконані згідно з загальноприйнятими методиками за допомогою автоматичного гематологічного аналізатора PCE – 90 Vet, фірми НТІ (США) [19]. Дослідження біохімічних та імунологічних показників проводили на біохімічному аналізаторі «Stat Fax – 1904» та імуноферментному аналізаторі «Stat Fax – 303 Plus» (США) стандартними загальноприйнятими методами та за допомогою діагностичних тест-наборів фірми «Sentinel» (Італія) [16-18].

Обрахунок і аналіз отриманих даних проводились з використанням загальноприйнятих методів статистичної обробки результатів медико-біологічних досліджень [20].

Проведено також оцінку індивідуального та популяційного ризиків для населення м. Києва та м. Кропивницького від споживання хлорованої питної води, що містить ХОС. Розрахунки канцерогенних ризиків виконано за допомогою вітчизняних методичних вказівок «Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води» (МВВ 2.2.4-122-2005). Розрахунок проводили відповідно до міжнародних стандартів, виходячи з показника агрегованого індивідуального канцерогенного ризику в популяції чисельністю 1 млн населення ( $1 \times 10^{-6}$ ). Оцінку канцерогенного ризику проведено за загальновизнаною класифікацією за чотирма діапазонами ризику відповідно до підходів ВООЗ до оцінки ризику для здоров'я людини.

Основні наукові результати. Натурні дослідження вмісту летких та нелетких хлорорганічних сполук у питній воді річкових водопроводів при використанні в технології її підготовки сполук хлору проводились на водопровідних станціях міст Києва, Світловодська та Запоріжжя. Перелік та дози хлорагентів, які застосовуються у технології підготовки питної води на досліджуваних ВС в різні періоди спостереження, представлені в таблиці 1.

**Таблиця 1 – Характеристика водопровідних станцій, на яких проводилися натурні дослідження з визначення вмісту у воді летких та нелетких ХОС**

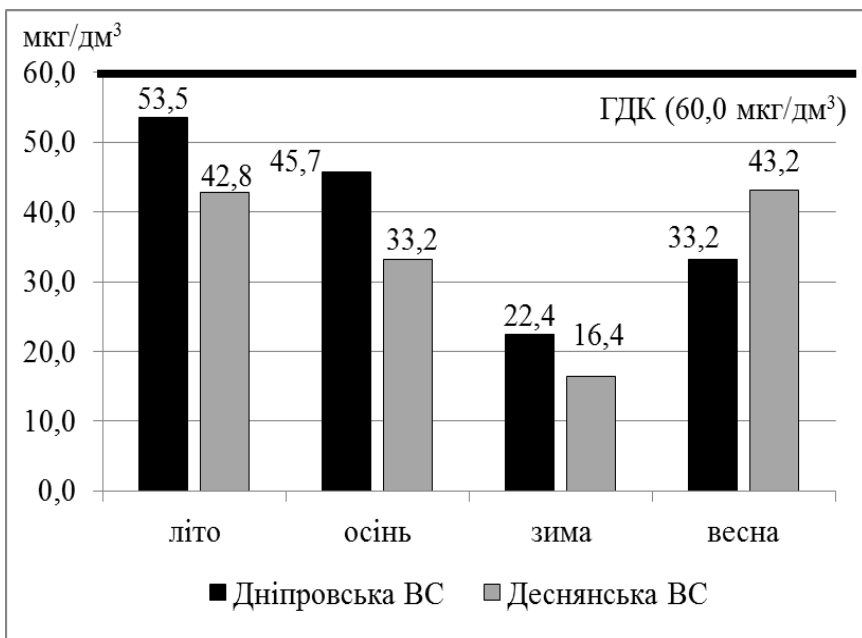
Характеристика ВС	Дніпровська ВС м. Києва	Деснянська ВС м. Києва	ВС м. Світловодська	ВС м. Запоріжжя
Належність ВС	ПАТ «АК «Київводоканал»	ПАТ «АК «Київводоканал»	ОКВП «Дніпро- Кіровоград»	ТОВ «ЗМК «Запоріжсталь»
Джерело водопостачання	р. Дніпро	р. Десна	р. Дніпро	р. Дніпро
Технологія водопідготовки	типова схема для усіх ВС: водозабірна споруда → реагентна обробка води (первинне хлорування, коагуляція, флокуляція) → відстоювання → фільтрування → заключне знезараження води → резервуар чистої води (РЧВ) → магістральний трубопровід → водопровідна мережа			
Реагенти (коагулянти, флокулянти) та їх дози	сульфат алюмінію (40-130 мг/дм <sup>3</sup> ); кремнієва кислота (0-4,5 мг/дм <sup>3</sup> ); Магнафлок LT27 (0-0,1 мг/дм <sup>3</sup> ).	сульфат алюмінію (10-100 мг/дм <sup>3</sup> ); взимку- гідрокси- хлорид алюмінію “Полвак-28” (20-80мг/дм <sup>3</sup> ).	гідроксихлорид алюмінію “Полвак-28” (40 мг/дм <sup>3</sup> ); сульфат алюмінію (15-60 мг/дм <sup>3</sup> ).	гідроксихлорид алюмінію “Полвак-28” (40-60 мг/дм <sup>3</sup> ).
Первинне хлорування та дози хлорагентів	аміак + хлор 0,1-0,5 1,5-4,0 мг/дм <sup>3</sup> мг/дм <sup>3</sup>	аміак + хлор 0,1-0,5 1,5-4,0 мг/дм <sup>3</sup> мг/дм <sup>3</sup>	хлор 5,0 мг/дм <sup>3</sup>	хлор 3,0-5,0 мг/дм <sup>3</sup>
Остаточне знезараження та дози хлорагентів	0-0,5 мг/дм <sup>3</sup> (хлор) 0,25-1,5 мг/дм <sup>3</sup> (озон)	0-0,6 мг/дм <sup>3</sup> (хлор)	1,5 мг/дм <sup>3</sup> (хлор), дохлорування – 1,5 мг/дм <sup>3</sup> (хлор)	0,5-1,0 мг/дм <sup>3</sup> (хлор)
Водопровідна мережа	внутрішньо- будинкові крани	внутрішньо- будинкові крани	водовод “Дніпро- Кіровоград”	внутрішньо- будинкові крани

Як видно з таблиці, при практично однаковій технології підготовки питної води, на водопровідних станціях використовуються різні за активністю до утворення ХОС хлорагенти, а саме «м'який» хлорамін (київські річкові водопроводи) та «агресивний» хлор (водопроводи міст Світловодська та Запоріжжя).

Моніторинговими дослідженнями з визначення в різні сезони року у воді після хлорування вмісту ХОС на водоочисних спорудах річкових водопроводів м. Києва отримано такі результати: з 7 ТГМ виявлено 2 речовини – хлороформ та дихлорбромметан (ДХБМ) на Дніпровській ВС, а також хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан (ДБХМ) – на Деснянському водопроводі. Із 9 нелетких ГОК визначались лише моноклороцтова та трихлороцтова кислоти (ТХОК). Інші представники летких та нелетких ХОС у воді були відсутні.

За однакових природних та технологічних умов утворення обох класів ХОС у воді при хлоруванні відбувається водночас та підпорядковується одним і тим же особливостям та залежностям: із збільшенням органічного забруднення природної води, що притаманно весняно-літньому періоду року, та зпідвищенням в цих умовах доз хлорагенту концентрація представників обох класів ХОС у хлорованій воді зростає.

На прикладі хлороформу показано наявність сезонної залежності вмісту хлороформу у питній воді (рисунок 1). Приведені на графіку дані свідчать про сезонне коливання хлороформу у прохлорованій воді: від 53,5 до 22,4 мкг/дм<sup>3</sup> (Дніпровський водопровід) та від 43,2 до 16,4 мкг/дм<sup>3</sup> (Деснянський водопровід). При цьому видно, що навіть в теплий період року, коли утворюється найбільша кількість хлороформу, їх рівні не перевищували ГДК.

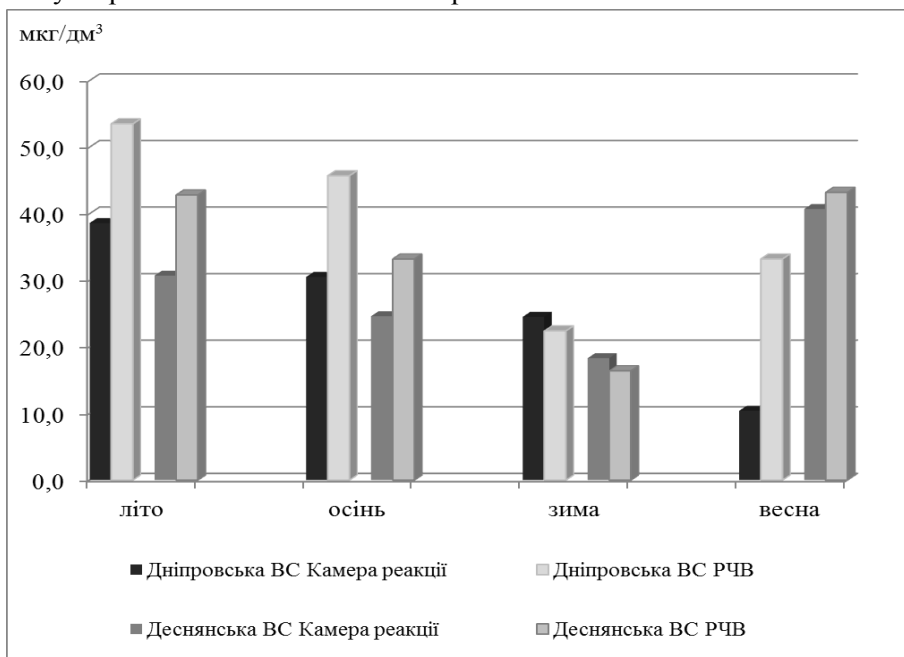


**Рис. 1 – Сезонна динаміка вмісту хлороформу у питній воді з РЧВ на Дніпровській та Деснянській ВС м. Києва (середньо-сезонні дані)**

Рівні вмісту інших летких та нелетких ХОС, що визначались у воді, стосовно хлороформу були значно нижчими і не перевищували встановлені для них допустимі рівні. Вміст у хлорованій воді ГОК (МХОК та ТХОК) завжди на порядок й більше був меншим за визначену в ній концентрацію хлороформу.

Як свідчать приведені на рисунку 2 дані, основна кількість ТГМ та ГОК утворюється на київських водопроводах на етапі первинного хлорування природної води (камера реакції), на послідовних етапах водопідготовки (реагентна обробка води → відстоювання → фільтрування) видалення з води ХОС не відбувається, концентрація їх навіть збільшується (РЧВ) в результаті взаємодії органічних речовин води з хлором, який визначається упродовж всього часу її перебування на очисних спорудах (6-8 годин).

На відміну від розчинних хлорорганічних речовин, інші органічні речовини, що знаходяться у вихідній воді у зваженому та колоїдному стані, в процесі очистки на спорудах водопроводу зменшуються за показником перманганатної окиснюваності (ПО) в середньому на 50 %. За меншими до 1,5-2 разів сумарними дозами хлору на Деснянському водопроводі, ніж на Дніпровському, що пов'язано з помірним органічним забрудненням деснянської води, в ній утворюється й менша кількість речовин обох класів ХОС.



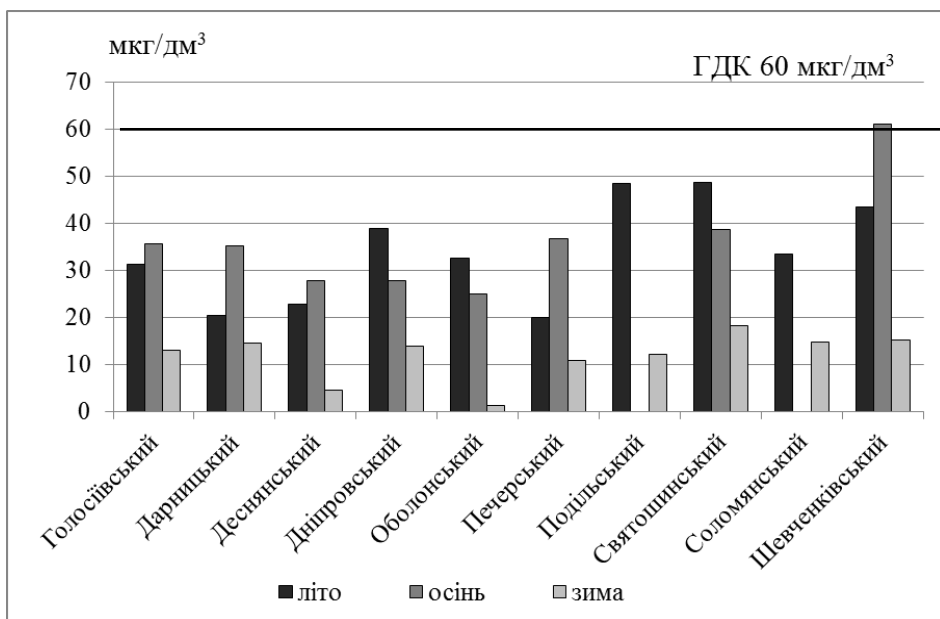
**Рис. 2 – Вміст хлороформу на етапах водопідготовки на Дніпровській та Деснянській ВС м. Києва (середньо-сезонні дані)**

Таким чином, проведені дослідження свідчать, що чинні водоочисні технології за традиційних споруд та реагентів, що на них використовуються, не виконують бар'єрної функції щодо видалення з хлорованої води представників обох класів ХОС та ці речовини без перешкод надходять у водопровідні мережі населених міст і в разі

перевищення допустимих рівнів можуть створювати ризик для здоров'я людей від споживання хлорованої питної води. Проте використання в технології водопідготовки хлорування з преамонізацією є ефективним заходом по зменшенню до безпечних рівнів утворення ХОС (ТГМ та ГОК) у питній воді на очисних спорудах водопроводів.

Представляло також інтерес дослідити поведінку ХОС у водопровідних мережах, враховуючи значний час перебування в них хлорованої питної води та можливість додаткового утворення ХОС в результаті взаємодії органічних речовин з хлором, проведення дохлорування води, змішування в мережах питної води з різних джерел водопостачання тощо.

Сезонна динаміка змін концентрації ХОС у хлорованій питній воді з мереж на прикладі хлороформу проілюстрована на рисунку 3.



**Рис. 3 – Сезонна динаміка вмісту хлороформу в питній воді районних водопровідних мереж м. Києва (середньо-сезонні дані)**



Наведенні на рисунку дані щодо хлороформу, а також результати визначення у воді інших ХОС (ТГМ та ГОК), що регулярно досліджувалися нами в 10 районах столиці, свідчать, що упродовж року рівні вмісту пріоритетних летких та нелетких ХОС в мережах можуть несуттєво змінюватись в межах допустимих рівнів відповідно до сезонної динаміки змін цих показників після водопровідних очисних споруд (РЧВ), а також залежати від різного співвідношення у мережах річкової та артезіанської питної води. Щорічні середні по місту концентрації у питній воді ТГМ та ГОК становили: хлороформу 25,9 мкг/дм<sup>3</sup>, дихлорбромметану 3,8 мкг/дм<sup>3</sup>, ТХОК 3,5 мкг/дм<sup>3</sup>, МХОК реєструвалась у воді в поодиноких пробах на рівні слідів. Усі ці речовини у питній воді з мереж були меншими за гігієнічні нормативи, що робить споживання такої води безпечною для споживачів.

Дослідження на вміст пріоритетних летких та нелетких ХОС у хлорованій питній воді з р. Дніпро також проводились на відомчому водопроводі Запорізького меткомбінату. Тут, на відміну від київських річкових водопроводів, в технології водопідготовки використовується хлор-газ, який є більш агресивним у порівнянні з хлораміном. Ці дослідження виявили значно більше забруднення питної води ХОС після водоочисних споруд водопроводу меткомбінату, ніж після очисних споруд київських водопроводів. Так рівні вмісту хлороформу у хлорованій питній воді після водопровідних очисних споруд (ВОС) в різні сезони року за середніми даними становили 115,6-117,7 мкг/дм<sup>3</sup>, а з розподільчих мереж – 110,4-122,8 мкг/дм<sup>3</sup>, тобто були вище за ГДК у 1,5-2 рази. Вміст у питній воді ДХБМ визначався на рівні 27,7-30,6 та 29,7-34,0 мкг/дм<sup>3</sup>, а ДБХМ – 1,5-2,5 та 1,8-1,9 мкг/дм<sup>3</sup> відповідно, з яких перша речовина за середніми рівнями відповідала або дещо перевищувала гігієнічний норматив (30 мкг/дм<sup>3</sup>), а інша у всіх випадках була нижча за допустимий рівень (10 мкг/дм<sup>3</sup>).

Разом з ТГМ в питній воді виявлялися дві галогеноцтові кислоти. Вміст монохлороцтової та трихлороцтової кислоти в питній воді після ВОС за середніми рівнями (1,0-1,6 та 17,1-30,9 мкг/дм<sup>3</sup>) не перевищував прийняті для них гігієнічні нормативи.

Іншим об'єктом, на якому проводилися дослідження хлорованої питної води з р. Дніпро (Кременчуцьке водосховище) на вміст летких і нелетких ХОС, був водоочисний комплекс «Дніпро-Кіровоград». Після водопровідних очисних споруд (м. Світловодськ) хлорована питна вода по 120-км водоводу «Дніпро-Кіровоград» надходить у прилеглі населені пункти області. На шляху від м. Світловодська до м. Кропивницького на водопровідних насосних станціях «Олександрія», «Ново-Пилипівська», «Димитрівська», «Знам'янка» питна вода ще дохлорується з використанням гіпохлориту натрію.

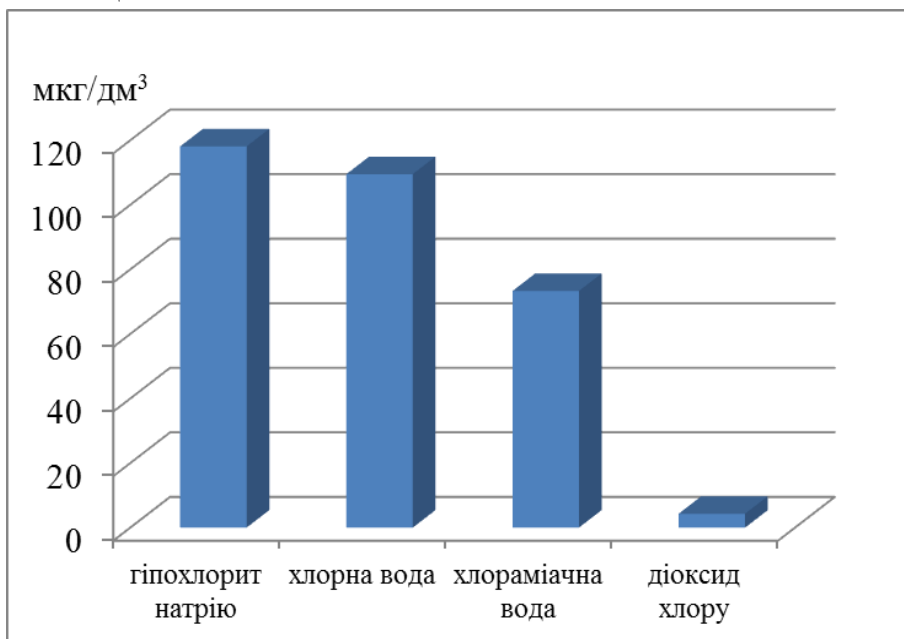
Упродовж всього шляху проходження питної води по водоводу «Дніпро-Кіровоград» (від м. Світловодська до м. Кропивницького) вміст в ній хлороформу практично не змінюється і залишається понаднормативним. Середня концентрація хлороформу у питній воді з водоводу «Дніпро-Кіровоград» складає від 151,6 до 167,4 мкг/дм<sup>3</sup>, а максимальні рівні коливаються в межах 193,2-248,0 мкг/дм<sup>3</sup>, що перевищує гігієнічний норматив у 2-3 та 3-4 рази відповідно.

Окрім хлороформу, у питній воді з водоводу «Дніпро-Кіровоград» виявлені й нелеткі ГОК, зокрема монохлороцтова та трихлороцтова кислоти. Їх рівні у воді в основному не перевищують встановлені ВООЗ для них нормативи. Проте вміст МХОК у питній воді за максимальними (7,7-21,5 мкг/дм<sup>3</sup>) та середніми (від (4,8±3,0) до (6,7±5,9) мкг/дм<sup>3</sup>) рівнями є достатньо високим. Вміст у воді ТХОК стосовно ГДК є незначним.

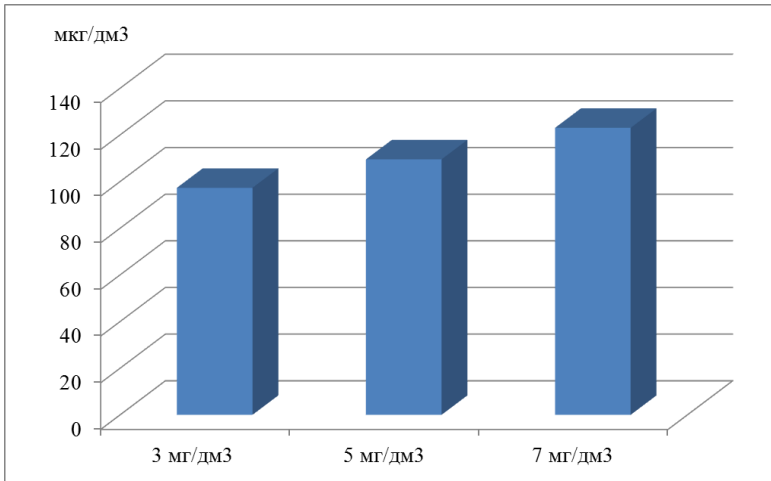
Таким чином, наведені дані свідчать, що газоподібний хлор, який використовується в технології підготовки питної води з р. Дніпро на водопроводі меткомбінату «Запоріжсталь» та на водоочисному комплексі «Дніпро-Кіровоград» призводить до утворення в хлорованій питній воді летких та нелетких ХОС в концентраціях значно вищих за ті, що реєструються на київських питних водопроводах, де використовується метод хлорування з преамонізацією. Сумарні надвисокі, передусім за рахунок хлороформу, речовини обох класів ХОС (ТГМ та ГОК), враховуючи

однакову лімітуючу ознаку їх шкідливості, роблять хлоровану питну воду із зазначених водопровідних об'єктів небезпечною для здоров'я споживачів і тому для поліпшення ситуації необхідно впровадження дієвих заходів на водопровідних станціях по мінімізації утворення на них токсичних ХОС.

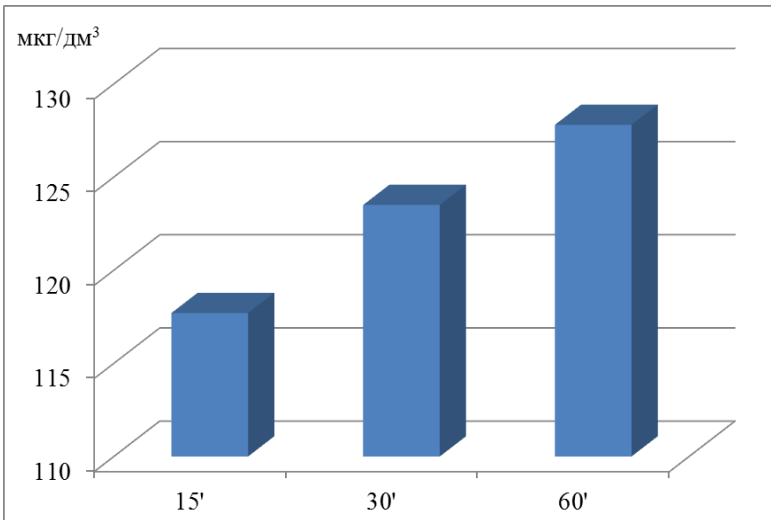
В лабораторних умовах проведено коло досліджень, спрямованих на з'ясування реакційної спроможності різних типів хлорвмісних агентів до утворення летких та нелетких ХОС при хлоруванні природної води, залежності цього процесу від дози хлору та часу експозиції, температурного фактора та рН середовища. На рисунках 4-6 на прикладі хлороформу представлена залежність його утворення у воді при хлоруванні від типу, дози хлорокисника та часу експозиції.



**Рис. 4 – Залежність утворення хлороформу у воді від типу хлорокисника (умови експерименту: ПО вихідної води 4,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, доза хлору – 5 мг/дм<sup>3</sup>, експозиція – 60 хв)**



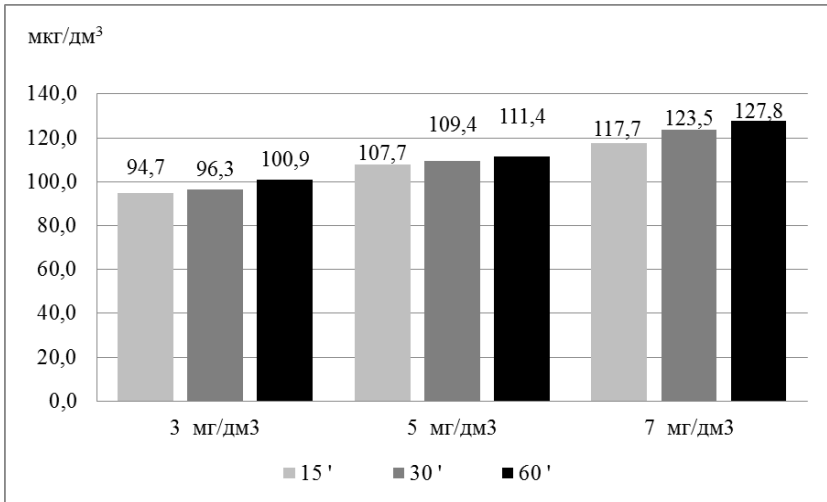
**Рис. 5 – Залежність утворення хлороформу у воді від дози хлорокисника (умови експерименту: ПО вихідної води 4,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, доза хлору (хлорна вода) – 5 мг/дм<sup>3</sup>, експозиція – 60 хв)**



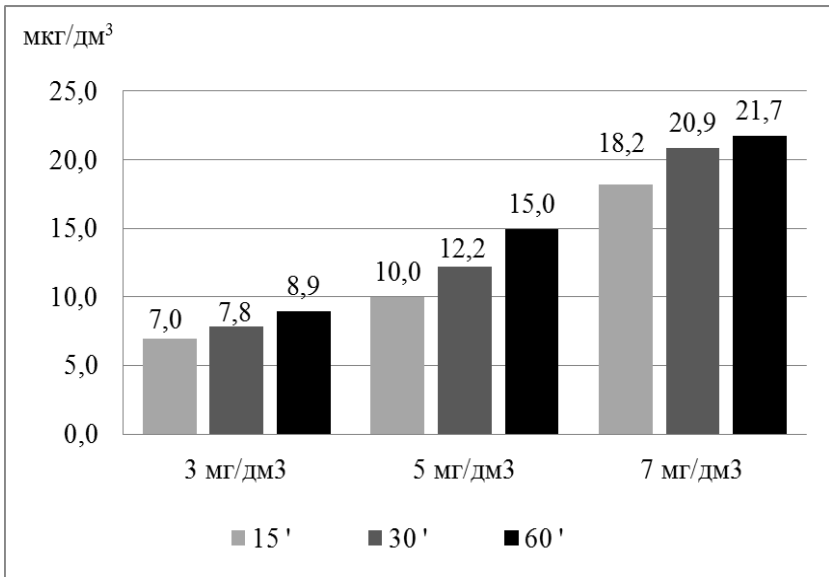
**Рис. 6 – Залежність утворення хлороформу у воді від часу експозиції хлорокисника (хлорна вода) з органічними речовинами (умови експерименту: ПО вихідної води 4,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, доза хлору – 5 мг/дм<sup>3</sup>, експозиція – 60 хв)**

Наведені на рисунках дані показують, що за спроможністю до утворення летких ХОС (хлороформу) у природній воді хлорокиснювачі можна розмістити в наступній послідовності: *гіпохлорит натрію* > *хлорна вода* > *хлораміачна вода* > *діоксид хлору*, що узгоджується з отриманими нами раніше даними [21]. Найбільші концентрації хлороформу утворюються при обробці води хлор-газом чи гіпохлоритом натрію, помітно менші – при обробці хлораміном та практично не утворюються при використанні діоксиду хлору. Рівні вмісту хлороформу підпорядковуються дозо-часовій залежності, збільшуючись із зростанням доз хлору та часу експозиції (рисунок 7). Починаючи з дози хлор-газу або гіпохлориту натрію 3 мг/дм<sup>3</sup> та хлораміну на рівні 5 мг/дм<sup>3</sup>, концентрації у воді хлороформу вже через 15 хвилин перевищують ГДК. Встановлені особливості та залежності утворення хлороформу у воді при хлоруванні притаманні й іншим представникам ТГМ, а саме дибромхлорметану, дихлорбромметану та іншим.

У вихідній воді при хлоруванні разом з леткими утворюються й нелеткі ХОС, зокрема монохлороцтова та трихлороцтова кислоти. Їх утворення у воді підпорядковується тим закономірностям, що й при утворенні ТГМ. В усіх варіантах дослідів, за різних хлорагентів, доз та експозицій, мінімальні рівні монохлороцтової кислоти становили 1,9 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальні – 5,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Мінімальні та максимальні рівні трихлороцтової кислоти були 7,0 та 21,7 мкг/дм<sup>3</sup> відповідно (рисунок 8).



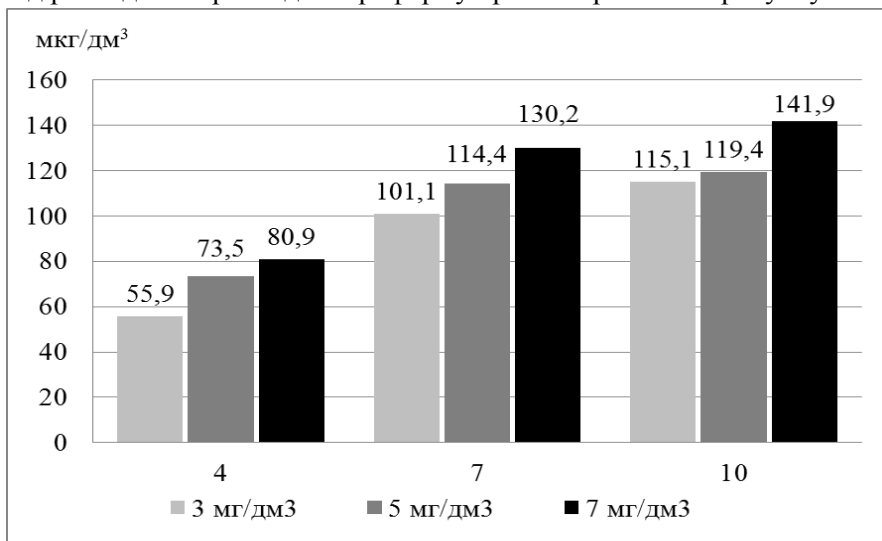
**Рис. 7 – Дозо-часова залежність рівнів утворення хлороформу при обробці вихідної води хлорною водою (усереднені дані)**



**Рис. 8 – Дозо-часова залежність рівнів утворення ТХОК при обробці вихідної води хлорною водою (усереднені дані)**

Таким чином, в експериментальних дослідженнях, в яких, на відміну від натурних досліджень, є можливість моделювати різні умови процесу хлорування води, встановлено основні особливості та залежності утворення ТГМ та ГОК при хлоруванні води: обидва класи ХОС за пріоритетними речовинами утворюються водночас; процес утворення ГОК, як і ТГМ, підпорядковується «дозо-часовій» залежності; рівні ГОК у воді значно поступаються кількості утворених ТГМ; на відміну від ТГМ (хлороформ), рівні ГОК у воді є значно нижчими за встановлені для них нормативи; процес утворення ТГМ та ГОК, за рівних умов хлорування, відбувається з різною ефективністю відповідно до окислювального потенціалу хлорагентів.

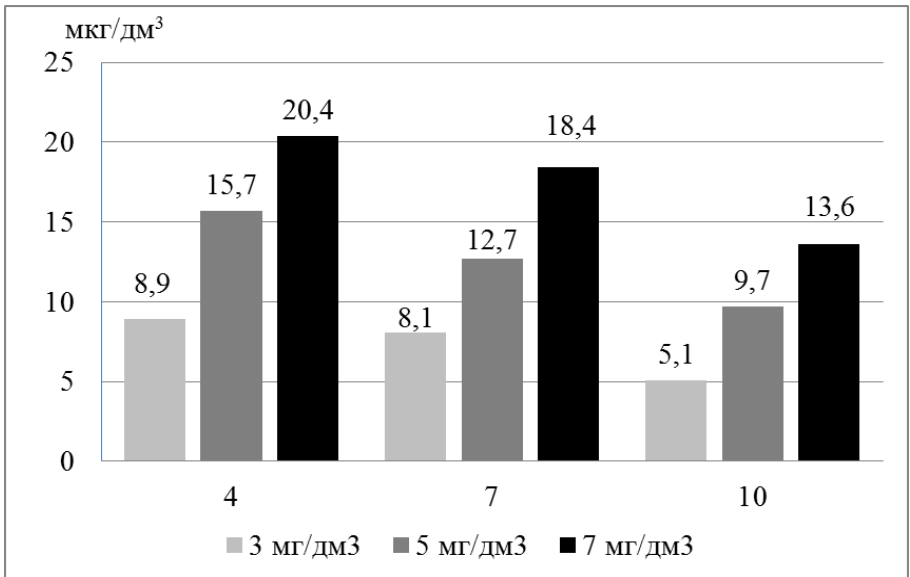
Отримані нами дані також свідчать, що утворенню ХОС (ТГМ та ГОК) у воді при хлоруванні сприяють зміни рН водного середовища: зсув рН в лужний бік (10 одиниць) збільшує утворення ТГМ (хлороформ, дихлорбромметан, чотирихлористий вуглець), в кислий (4 одиниці) – ГОК (МХОК та ТХОК). Залежність утворення ТГМ від рН води на прикладі хлороформу проілюстрована на рисунку 9.



**Рис. 9 – Вплив рН на утворення хлороформу при обробці вихідної води хлорною водою (усередненні дані)**

З даних рисунку витікає, що підвищення рН з 4 до 10 одиниць сприяє збільшенню формування хлороформу у воді, обробленої водним розчином хлор-газу, при усіх дозах цього реагенту.

На відміну від хлороформу, трихлороцтова і монохлороцтова кислоти реагують на зміну рН води в лужний бік (з 4 до 10 одиниць) зменшенням рівня їх утворення при хлоруванні, що показано на прикладі ТХОК (рисунок 10).

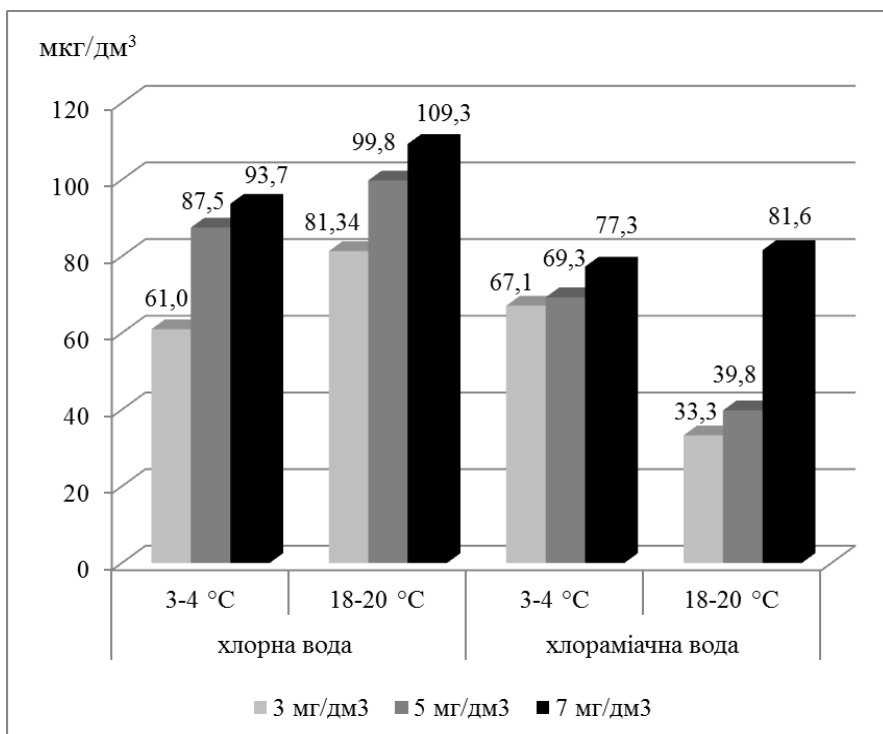


**Рис. 10 - Вплив рН на утворення ТХОК при обробці вихідної води хлорною водою (усередненні дані)**

Вплив рН на утворення ТГМ та ГОК відмічається і при використанні для обробки води замість хлору хлораміачної води з тією лише різницею, що, при збереженні наведеної вище залежності їх утворення від рН, рівні вмісту ХОС у воді порівняно з хлором були помітно меншими. Вплив температурного фактору на утворення ХОС у воді при хлоруванні досліджено за двома режимами – 18-20°C



та 3-4°C. Було встановлено, що зниження температури води (3-4°C) уповільнює реакцію взаємодії хлору з органічними речовинами, що призводить до зменшення рівня утворення ХОС, та, навпаки, підвищення температури (18-20°C) – до їх збільшення, що корелює з даними отриманими в натурних умовах на річкових водопроводах. Ця особливість утворення ХОС в залежності від температурного фактору відмічається при обробці води як хлорною водою, так і хлораміачною водою та стосується речовин обох класів ХОС (ТГМ та ГОК), що на прикладі хлороформу проілюстровано на рисунку 11.



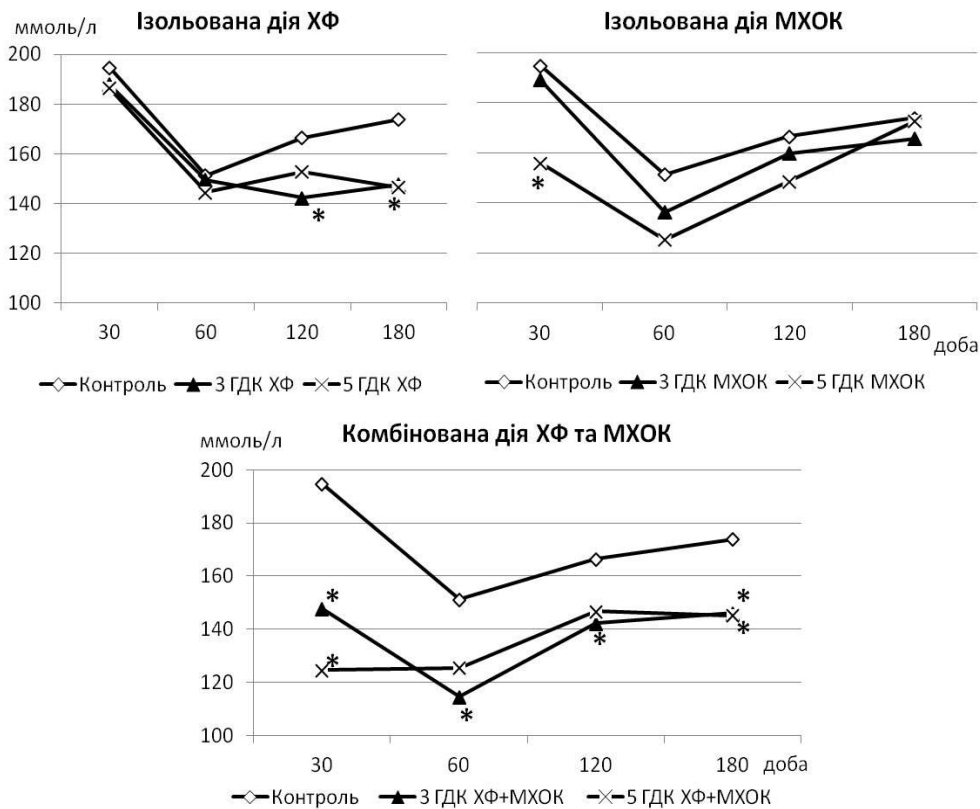
**Рис. 11 – Залежність утворення хлороформу від температурного фактору при обробці вихідної води різними хлорексидниками (усередненні дані)**

В цілому, отримані дані засвідчили, що окрім основних чинників (тип та доза хлорагента, концентрація органічних речовин, експозиція), що прямо пропорційно впливають на інтенсивність утворення летких та нелетких ХОС при хлоруванні води, певну роль на цей процес відіграють й інші фактори, в тому числі рН водного середовища та температура.

З метою оцінки особливостей та характеру ізольованої та комбінованої дії пріоритетних ТГМ (хлороформ) та ГОК (монохлороцтова кислота) з питною водою на організм піддослідних тварин було проведено хронічний санітарно-токсикологічний експеримент. Зміни в організмі тварин під дією досліджуваних речовин оцінювалися за комплексом біохімічних, гематологічних та імунологічних показників.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що споживання питної води із вмістом хлороформу та МХОК на рівні 1 ГДК як окремих речовин, так і їх комбінації, не викликало достовірних змін за досліджуваними показниками в організмі піддослідних тварин.

У тварин, що споживали питну воду з вмістом хлороформу та МХОК на рівні кожної із речовин 3 та 5 ГДК спостерігались зміни рівнів біохімічних показників: аспартатамінотрансферази (рис. 12), креатиніну, лужної фосфатази тощо. В групах тварин, які зазнавали комбінованого впливу хлороформу та монохлороцтової кислоти на рівні кожної із речовин у воді 3 та 5 ГДК, ці зміни були більш виражені та проявлялися у більш ранній період експерименту.



**Рис. 12 – Динаміка змін аспартатамінотрансферази в сироватці крові підослідних тварин ( $M \pm m$ ,  $n=5$ , \* –  $p < 0,05$ )**

Зниження вмісту АСТ та креатиніну в сироватці крові підослідних тварин, а також зростання активності лужної фосфатази може свідчити про функціональні порушення метаболічних процесів в печінці та нирках, що з часом можуть наростати та призводити до виникнення патологічних процесів в цих органах.

Гематологічні дослідження (лейкоцитарні та еритроцитарні клітини) виявили найвиразніші зміни в групах тварин, які отримували з питною водою хлороформ та зазнавали поєднаного впливу хлороформу та МХОК на рівні кожної із речовин 3 та 5 ГДК. Характер

і зміни гематологічних показників залежали від діючої речовини і ставали більш вираженими з підвищенням її концентрації та часу впливу. При комбінованій дії хлороформу та МХОК зміни досліджуваних показників в більшій мірі обумовлені дією хлороформу. Наявність змін в організмі тварин при споживанні питної води з понаднормативним вмістом ХОС дозволяє припустити можливість вичерпування компенсаторних механізмів, розвитку предпатологічних станів з послідуочим виникненням окремих патологій з боку органів травлення, сечової системи тощо. Звідси споживання населенням питної води з підвищеним вмістом токсичних ХОС є одним з факторів, що можуть призвести до захворювання людей.

На підставі результатів власних досліджень про понаднормативний вміст в хлорованій питній воді окремих річкових водопроводів хлороформу, який за рівнями переважав інші ТГМ, а також й ГОК, що утворюються у воді разом з ТГМ, високу токсичність хлороформу, встановлену в експерименті на тваринах, а також приймаючи до уваги дані літератури про його канцерогенність, було розраховано канцерогенний ризик для населення від споживання хлорованої питної води.

Для оцінки канцерогенного ризику хронічного щоденного надходження хлороформу з питною водою протягом усього життя людини визначалися показники індивідуального канцерогенного ризику (імовірність появи у окремої людини захворювання на рак внаслідок дії факторів ризику за певний проміжок часу або протягом життя) та популяційного канцерогенного ризику (загальне число очікуваних онкозахворювань (додаткових до фонових) у конкретній популяції, у населення міста, району тощо) для перорального шляху надходження хлороформу.

Розрахунки та оцінка канцерогенних ризиків були виконані для двох населених пунктів (міст Київ та Кропивницький), які забезпечуються дніпровською питною водою, що виробляється на водопроводах м. Києва (Дніпровському та Деснянському) та м. Світловодську (водоочисний комплекс «Дніпро-Кіровоград»). Ці

водопроводи мають практично однакові типові технологічні схеми водопідготовки з традиційним набором водоочисних споруд, але відрізняються використанням на них неоднакових хлорагентів: для м. Києва це хлораміачна вода, а для м. Світловодська – хлор-газ. Як свідчать наші дослідження, при використанні у водо підготовці хлор-газу у питній воді утворюються понаднормативні рівні хлороформу (водоочисний комплекс «Дніпро-Кіровоград»), а в разі використання хлораміачної води забруднення води хлороформом не перевищує ГДК (київські річкові водопроводи).

Виходячи з результатів дослідження хлорованої питної води в досліджуваних населених пунктах, для розрахунків канцерогенного ризику були використані наступні середньорічні рівні вмісту хлороформу: для м. Києва 27,0 мкг/дм<sup>3</sup>, для м. Кропивницького – 161,3 мкг/дм<sup>3</sup>.

Розраховано, що для населення м. Києва середньодобова доза хлороформу, яка може надходити до організму з питною водою, становить 0,001157 мг/кг, а тому індивідуальний канцерогенний ризик складає  $3,6 \cdot 10^{-5}$ . Розрахований для пріоритетного шляху надходження (перорального) індивідуальний канцерогенний ризик для населення м. Києва від споживання хлорованої питної води знаходиться в межах цільового ризику і не вимагає додаткових заходів по його зниженню.

За даними Державного управління статистики у м. Києві, середня кількість населення, що проживає у місті, становить 2880,53 тис. осіб. Отже, популяційний ризик для м. Києва становитиме 103 додаткових випадки раку протягом усього життя. А щорічний популяційний ризик становитиме 1,5 додаткових випадки раку за рік, спричинених споживанням питної води з вмістом хлороформу на рівні 27 мкг/дм<sup>3</sup>.

Для населення м. Кропивницького середньодобова доза хлороформу, яка може надходити до організму з питною водою, становить 0,0069 мг/кг. Звідси, індивідуальний канцерогенний ризик для мешканців м. Кропивницького складає  $2,1 \cdot 10^{-4}$ . Даний індивідуальний ризик знаходиться в діапазоні: більше  $1 \cdot 10^{-4}$ , але менше  $1 \cdot 10^{-3}$ . Такий ризик прийнятний для професійних груп, але

неприйнятний для населення в цілому. Встановлений ризик потребує розробки і проведення планових оздоровчих заходів.

За даними Державного управління статистики середня кількість населення, що проживає у м. Кропивницькому, становить 233,33 тис. осіб. Отже, популяційний ризик для м. Кропивницького становитиме 50 додаткових випадків раку протягом усього життя. А щорічний популяційний ризик становитиме 0,7 додаткових випадки раку за рік, спричинених споживанням питної води з вмістом ХФ на рівні 161,3 мкг/дм<sup>3</sup>.

Таким чином, за умови тривалого споживання хлорованої водопровідної питної води із вмістом хлороформу на рівні 0,5 ГДК в м. Києві можна очікувати 103 додаткових випадки раку протягом життя (на 28880,53 тис. населення), а в м. Кропивницькому – 50 додаткових випадки раку на 233 тис. населення. Дана кількість додаткових випадків розрахована на фактичну кількість населення у досліджуваних містах та не може бути порівняна. Для того щоб порівняти отримані результати нами проведено перерахунок популяційного ризику на стандартизований показник – 100 тис. населення. В результаті перерахунку для м. Києва популяційний ризик становить 3,6 додаткових випадки раку протягом усього життя на 100 тис. населення, а для м. Кропивницького – 21,4 додаткових випадки на 100 тис.

На підставі виконаних досліджень намічено напрямки подальшого розвитку в Україні проблеми летких і нелетких ХОС, що утворюються при використанні в технології підготовки питної води сполук хлору, основними з яких є такі:

- удосконалення та впровадження в роботу підприємств з виробництва питної води та контролюючих установ сучасних методик визначення масової концентрації ХОС в хлорованій питній воді;
- організація моніторингу за станом забруднення хлорованої питної води ХОС, передусім нелеткими ГОК, з метою встановлення реальних рівнів цих токсикантів і оцінки ступеня їх небезпеки;

- проведення епідеміологічних досліджень з метою пошуку кількісних зв'язків між реальним забрудненням водопровідної води ХОС і показниками неінфекційної захворюваності населення;
- обґрунтування пропозицій щодо доцільності включення пріоритетних нелетких ХОС до переліку показників для постійного контролю в хлорованій питній воді;
- впровадження в технології підготовки питної води на річкових водопроводах замість „чистого” хлору інших реагентів типу хлорамінів та діоксиду хлору, а також ширше використання у побуті водоочисних систем індивідуального та колективного призначення, здатних видаляти з питної води ХОС.

## **ВИСНОВКИ**

Комплексними санітарно-гігієнічними та медико-біологічними дослідженнями вирішено актуальне завдання та отримано нові наукові дані щодо забруднення питної води, що виробляється з поверхневих джерел за традиційною водоочисною технологією з використанням сполук хлору, небезпечними леткими (ТГМ) та нелеткими (ГОК) хлорорганічними сполуками, визначено рівні вмісту ХОС цих класів і гігієнічну значущість наявних представників ТГМ та ГОК у хлорованій питній воді, встановлено вплив на процес їх утворення у воді окремих природних та технологічних чинників, з'ясовано характер ізольованої та комбінованої дії пріоритетних ТГМ та ГОК на теплокровний організм, визначено ризик для здоров'я людей від споживання забрудненої ХОС питної води, а також обґрунтовано напрямки подальшого розвитку в Україні проблеми летких та нелетких ХОС.

1. Виконані дослідження засвідчили, що в хлорованій питній воді річкових водопроводів з 9 досліджуваних ГОК постійно виявлено 1 або 2 речовини (монохлороцтова та трихлороцтова кислоти), а з 7 ТГМ – 2 або 4 речовини (хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, чотирихлористий вуглець). На річкових водопроводах

міст Запоріжжя та Світловодська, де в технології водопідготовки використовується хлор-газ, рівні вмісту ТГМ (хлороформу) у питній воді з РЧВ в 2-4 рази перевищують ГДК. Проведена на водопроводах м. Києва заміна хлору на хлорамін забезпечила постійне знаходження хлороформу у воді в межах допустимих рівнів. Рівні вмісту пріоритетних ГОК (монохлороцтової та трихлороцтової кислот) у воді, обробленої хлором, вищі за їх рівні у воді в разі використання для її обробки хлораміну, проте в обох випадках ГОК не перевищують встановлені для них нормативи та становлять одиниці-десятки мкг/дм<sup>3</sup>. На водопровідних водоочисних спорудах ТГМ та ГОК не видаляються та транзитом надходять до водопровідних мереж питної води.

2. Визначено особливості утворення ХОС у воді при хлоруванні: ГОК та ТГМ утворюються водночас з максимумом на етапі первинного хлорування; рівні вмісту цих сполук у воді підпорядковуються однаковим дозо-часовим залежностям та сезонним коливанням та для ТГМ, передусім хлороформу, в 10 разів й більше, є вищими ніж для ГОК.

3. Показано, що зростання рівнів ТГМ та ГОК відбувається в природній воді з підвищенням дози та часу дії хлорагентів, а також температури води. Зсув рН в лужний бік збільшує утворення ТГМ, а в кислий – ГОК.

4. В хронічному санітарно-токсикологічному експерименті з використанням пріоритетних представників ТГМ та ГОК з'ясовано, що хлороформ та монохлороцтова кислота в концентраціях у воді вищих за ГДК (60 та 20 мкг/дм<sup>3</sup> відповідно) виявляють загально-токсичну дію на організм тварин (білі щури), прояв якої посилюється при сумісному їх надходженні, що в більшій мірі обумовлено дією хлороформу. Виходячи з результатів токсикологічного дослідження, доцільність постійного контролю пріоритетних ГОК, зокрема монохлороцтової кислоти, у хлорованій питній воді стає очевидною, а концентрація 20 мкг/дм<sup>3</sup> (норматив ВООЗ) є науково обґрунтованою, на відміну від концентрації 60 мкг/дм<sup>3</sup> (радянський норматив), при



якій реєструються порушення в органах та системах піддослідних тварин.

5. Розраховано індивідуальний канцерогенний ризик від забруднення питної води хлороформом, вміст якого завжди значно вищий за рівні інших представників ТГМ, а також на порядок й більше – за рівні пріоритетних ГОК. Для розрахунків використано середньорічний вміст у питній воді хлороформу, який для м. Києва становив  $27,0 \text{ мкг/дм}^3$  (0,5 ГДК), а для м. Кропивницького –  $161,3 \text{ мкг/дм}^3$  (2,7 ГДК). Було встановлено, що для населення м. Києва індивідуальний канцерогенний ризик знаходиться на рівні  $3,6 \times 10^{-5}$ , тобто перебуває в межах цільового ризику і не вимагає додаткових заходів з його зниження, а для м. Кропивницького –  $2,1 \times 10^{-4}$ , що потребує проведення планових оздоровчих заходів.

6. Обґрунтовано напрямки подальшого розвитку в Україні проблеми летких та нелетких ХОС в хлорованій питній воді, включаючи проведення епідеміологічних спостережень по визначенню їх впливу на неінфекційну захворюваність населення, розробку заходів з попередження або мінімізації надходження ХОС до питної води та ін.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Прокопов В.О., Зоріна О.В. Щодо водопровідної питної води, що надається населенню з відхиленням якості від нормативних вимог. Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (десяті марзєєвські читання). Вип. 14. К., 2014. С. 64-66.

2. Прокопов В.О., Труш Є.А., Куліш Т.В., Липовецька О.Б. До проблеми вивчення летких та нелетких небезпечних хлорорганічних сполук, що утворюються в питній воді при хлоруванні. Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (дванадцяті марзєєвські читання). Вип. 16. К., 2016. С.180-183.

3. Прокопов В.О. Стан та якість питної води централізованих систем водопостачання України в сучасних умовах (погляд на проблему з позицій гігієни). Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2014. Вип. 64. С. 56-67.

4. Гюнтер Л.И., Алексеева Л.П., Петрановская М.С. Летучие галогенорганические загрязнения питьевых вод, образующиеся при водоподготовке. Химия и технология воды. 1985. № 5. С. 59-64.

5. Прокопов В.О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. К. : Медицина, 2016. 400 с.

6. Leguble B., Croue J. Chlorination of humic substances in aqueous solution: yields of volatile and major non-volatile organic halides. Science of the Total Environment. 1985. № 47. P.217-222.

7. Bruchet A., Anselme C., Mersigug O. THM formation potential and organic content: a new analytical approach. Aqua. 1987. № 2. P. 102-109.

8. Yang X., Shang C., Huang J.-C. DBP formation in breakpoint chlorination of wastewater. Water Research. 2005. Vol. 39. № 19. P. 4577-4767.

9. Fleischacker S., Randtke S. Formation of organic chlorine in public water supplies. American Water Works Association. 1983. Vol. 75. № 3. P. 132-138.

10. Kanan A., Karanfil T. Formation of disinfection by-products in indoor swimming pool water: The contribution from filling water natural organic matter and swimmer body fluids. Water Research. 2011. Vol. 45. № 2. P. 926-932.

11. Gray N. Drinking water quality: problems and solutions. Cambridge University Press, 2008. 520 p.

12. Schencka K., Sivaganesana M., Rice G. Correlations of water quality parameters with mutagenicity of chlorinated drinking water samples. Journal of Toxicology and Environmental Health. 2009. Vol. 72. № 7. P. 461-467.

13. Richardson S., Plewa M., Wagner E. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in

drinking water: a review and roadmap for research. Mutation Research. 2007. Vol. 636. P. 178-242.

14. Резніков О.Г. Загальні етичні принципи експериментів на тваринах. Ендокринологія. 2003. Т. 8. № 1. С. 142-145.

15. Principles and methods for assessing direct immunotoxicity associated with exposure to chemicals. Geneva : WHO, 1996. 390 p.

16. Покровский А.А. Биохимические методы исследования в клинике. М. : Медицина, 1969. 652с.

17. Камышников В.С. Справочник по клинико–биохимической лабораторной диагностике. – в 2-х т. Минск: Беларусь, 2000. Т. 2. 495с.

18. Клінічна біохімія / за ред. О.П. Тимошенко. К. : Професіонал, 2005. 288 с.

19. Руководство по клинической лабораторной диагностике / под ред. М.А. Базарновой. К. : Вища школа, 1982. С. 5-51.

20. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. К., 2006. 558 с.

21. Зоріна О.В. Гігієнічне обґрунтування шляхів мінімізації утворення хлорорганічних сполук при застосуванні хлору у водопідготовці : дис. ... канд. біол. наук : 14.02.01 / Ін-т гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва. Київ, 2006. 149 с.

**ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК  
СЕЛЕНУ І ГЕРМАНІЮ, ОТРИМАНИХ ЗА  
НОВІТНЬОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ, ТА ВСТАНОВЛЕННЯ  
МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ ДЛЯ  
ПЕРВИННОЇ ПРОФІЛАКТИКИ  
МІКРОЕЛЕМЕНТНИХ ДЕФІЦИТІВ**

*Гуліч М.П., Ємченко Н.Л., Харченко О.О., Моїсеєнко І.Є.,  
Єрмоленко В.П., Яценко О.В., Любарська Л.С.,  
Томашевська Л.А., Кравчун Т.Є., Цицирук В.С.,  
Лемешко Л.П.*

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ**

Здоров'я людини багато в чому визначається повноцінністю харчового раціону та стабільністю надходження до організму поживних речовин в тому числі мікронутрієнтів [1]. В умовах підвищеного нервово-емоційного навантаження та підсилення впливу несприятливих факторів навколишнього середовища, потреб людини в макро- та мікроелементах зростає [2].

Згідно визначенню експертів ВОЗ, дефіцит мінеральних речовин і вітамінів в харчуванні населення нашої планети стане катастрофою XXI століття. За даними UNICEF дефіцит мікроелементів коштує країнам близько 5% від валового національного продукту [3]. Навіть збалансований раціон харчування, відповідаючий середнім енергозатратам сучасної людини – 2200-2550 ккал, не може забезпечити її фізіологічні потреби у макро- та мікроелементах. На сьогоднішній день їхній дефіцит становить серйозну соціальну, медичну та гігієнічну проблему. Для її вирішення зокрема пропонується проводити корекцію раціону харчування широких верств населення [4].

Перспективним напрямком у вирішенні цієї проблеми може бути збагачення продуктів харчування макро- та мікроелементами у вигляді їх комплексних сполук з харчовими кислотами, такими як лимонна та янтарна, які синтезуються в організмі людини і беруть участь у циклі Кребса [5]. Як відомо цитрати – це сполуки, які найбільш повно відповідають вимогам, що ставляться до інгредієнтів у складі продуктів харчування [6]. На сьогоднішній день цитрати деяких біометалів дозволені до використання в харчовій промисловості для збагачення ними харчових продуктів, в тому числі і дитячого харчування [7]. Але отримати цитрати хімічним способом не так просто, ці методи матеріалозатратні і продукт, який отримується, не завжди задовольняє вимогам хімічної чистоти. Крім того, вони забруднюють навколишнє середовище.

Реальні перспективи кардинального вирішення проблеми ліквідації дефіциту мікроелементів в харчуванні населення шляхом збагачення продуктів харчування за рахунок карбоксилатів біогенних металів харчових кислот з'явилися в результаті інтенсивного розвитку нанотехнологій. Досягнення нанотехнологій дають можливість отримати такі хімічні сполуки, хімічний синтез яких проблематичний.

Створено пріоритетний напрямок в нанотехнології, за допомогою якого отримані карбоксилати харчових кислот навіть таких низькорекційноздатних металів як золото і срібло, а також надчисті карбоксилати ряду металів (цинку, магнію, марганцю, заліза, міді, кобальту, молібдену, в тому числі германію і навіть, як вважають автори, неметалу селену) [8].

В дослідженнях 2011-2013 рр. цитрати біоелементів (Zn, Fe, Cu, Mg, Ge і Se) були застосовані в технології культивування вищих грибів на рідкому поживному середовищі, що сприяло підвищенню їх харчової та біологічної цінності.

Все це свідчить про перспективність подальшого вивчення цитратів біоелементів, отриманих за нанотехнологією.

**Метою** даної роботи було науково обґрунтувати можливості використання нових сполук селену та германію, отриманих за

нанотехнологією для збагачення харчового раціону людини цими мікроелементами.

За нанотехнологією ми отримуємо нові речовини, які за традицією називаємо Н-цитратами.

Тому основними нашими завданнями було:

- 1) виробити методичні підходи до дослідження цих продуктів нанотехнології;
- 2) встановити види сполук, знайти їм аналоги в хімічних і токсикологічних дослідженнях;
- 3) ідентифікувати отримані розчини Н-цитратів германію та Н-селенлимонної кислоти;
- 4) встановити їх склад, особливості їх хімічної поведінки у розчинах;
- 5) вибрати і опрацювати методи кількісного визначення складників цих розчинів, тобто селену, германію і лимонної кислоти;
- б) оцінити як їхню токсичність як об'єктів нанотехнології [9], так і їхню токсичність, обумовлену дією на організм самих елементів.

**Об'єктами дослідження були** нові продукти аквананотехнології умовно названі Н-цитратами германію та Н-селенлимонною кислотою. Вони отримані в ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», м. Київ.

**Предметом дослідження було:** хімічна будова, властивості та безпечність цих сполук.

Програма науково-дослідної роботи включала розробку методичних підходів до дослідження, створення його методичної бази, ідентифікацію Н-цитратів германію та Н-селенлимонної кислоти, оцінку їх безпечності як продуктів нанотехнології, оцінку їх токсичності як сполук токсичних елементів.

Для розробки методичних підходів до дослідження і його методичної бази застосовували пошуково-інформаційний метод.

Для встановлення валентної форми германію в його Н-цитратах використовували відомі [10] краплинні реакції. Для визначення в розчинах цих сполук германію та селену лимонної кислоти або цитрат-іону застосовували запропонований і опрацьований нами в попередніх дослідженнях метод високоефективної

рідинної хроматографії (ВЕРХ). Визначення проводили на приладі Agilent Technology-2000 при  $\lambda=210$  нм.

Встановлення будови сполук селену та германію з лимонною кислотою проводили методом рентгеноструктурного аналізу на рентгенівському дифрактометрі Inel FQVJNOX 1000. Робота виконувалась в ДУ «Інститут загальної і неорганічної хімії НАН України».

Для оцінки безпечності сполук селену (відсутності в їх розчинах наночастинок) використовували методи хімічного аналізу цих сполук та встановлення рН відповідних розчинів.

Для визначення селену застосовували методи аналітичної хімії. Правильність отриманих результатів перевіряли за методом мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. Дослідження проведено в ДУ «Інститут гігієни праці і професійних захворювань НАМН України».

Для оцінки токсичності германію та селену у його сполуках, застосовували визначення їх  $LD_{50}$ . Оцінювали токсичну дію Н-цитрату германію у підгострому експерименті з акцентом на показники функціонального стану нирок (вміст у периферичній крові тварин креатиніну і сечовини). Визначалась також активність амінотрансфераз (АЛТ і АСТ) як показник функціонального стану печінки та гематологічні показники за морфологічним складом крові.

Експерименти проведено на здорових статевозрілих білих мишах масою тіла 25 г та щурах лінії Wistar масою 200 г. Приміщення віварію обладнані примусовою вентиляцією, температура у приміщенні складала 20°C, відносна вологість – від 40 до 60 %. Раціон тварин складався із концентрованого гранульованого комбікорму. Тварини отримували питну воду зі скляних пляшок через металеві наконечники, мали вільний доступ до води. Внутрішньошлункове введення сполук германію і селену здійснювали з дотриманням атравматичної техніки, враховували дані про кількість рідини, що може бути введена до організму тварини залежно від маси тіла. В якості контрольної речовини застосовували дистильовану воду.

Біохімічні дослідження проводили на біохімічному аналізаторі «Stat Fax – 1904» та імуноферментному аналізаторі «Stat Fax – 303 Plus» (USA) за стандартними загальноприйнятими методами та за допомогою діагностичних тест-наборів фірми «Sentinel» (Італія).

Гематологічні дослідження виконані за загальноприйнятими методиками [11] на автоматичному гематологічному аналізаторі PCE – 90 Vet, фірми НТІ (США). Лейкоцити та еритроцити підраховували та визначали за методом Coulter, який оснований на вимірюванні змін електричного опору. Паралельно проводилось визначення концентрації гемоглобіну в крові колориметричним методом.

## **ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ**

Досліджувані нами раніше біометали цинк, магній, залізо а також германій, який проявляє властивості як металу, так і неметалу, за нанотехнологією утворюють з лимонною кислотою хелатні комплекси.

Селен же є аналогом сірки – неметалом. Правда з низкою органічних сполук, які є органічними реагентами в аналітичній хімії: діамінами, диетилдитіокарбаматом, деякими сірковмісними реагентами, він утворює внутрішньокоординаційні комплекси. Жодних даних щодо цитратного комплексу селену, або лимоннокислої солі селену, отриманих хімічним шляхом, в літературі немає. В той же час відомо, що неметали: As, Se і I утворюють елементарні сполуки – сполуки, в яких елемент безпосередньо зв'язаний з вуглецем: селеносахара, селеноамінокислоти, тиреоїдні гормони [12].

Першим кроком нашого дослідження було встановлення виду сполук германію та селену, отриманих за нанотехнологією, умовно названих Н-цитратами германію та Н-селенлимонної кислоти, і їх хімічної будови.

Для об'єктивної оцінки ступеню достатності в Н-цитратах германію та Н-селенлимонній кислоті лимонної кислоти, необхідно знайти їм аналоги серед звичайних хімічних сполук та співставити



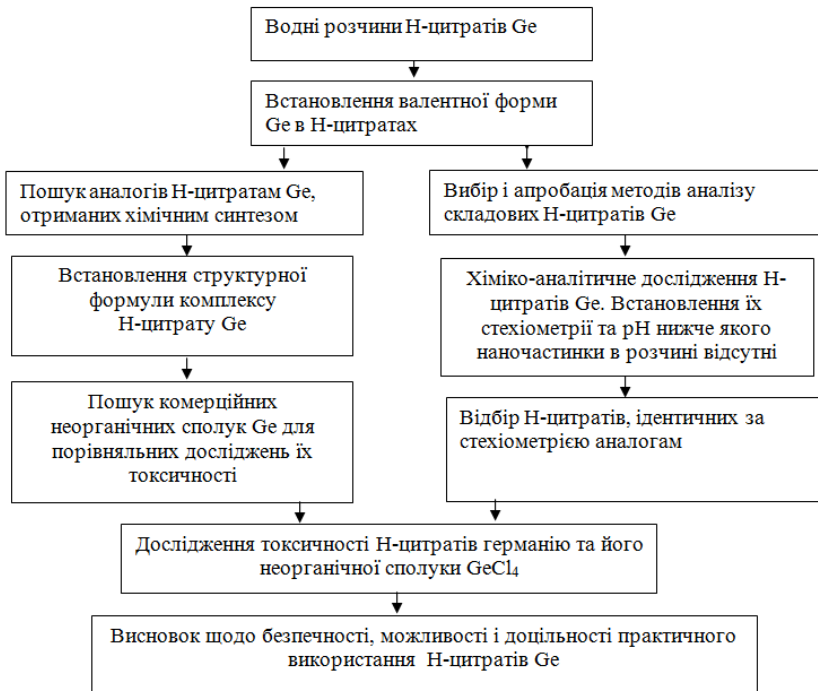
масові співвідношення [метал]:[кислота], отримані для Н-цитратів експериментальним шляхом, та розраховані для їх хімічних аналогів. Це, в свою чергу, вимагає пошуку або розробки відповідних аналітичних методів визначення складових цих сполук.

Наступним кроком до вирішення питання щодо можливості практичного застосування розчинів германію та селену повинна стати оцінка їх токсичності, оскільки це декларується для всіх продуктів нанотехнології, та вивчення їх дії на організм.

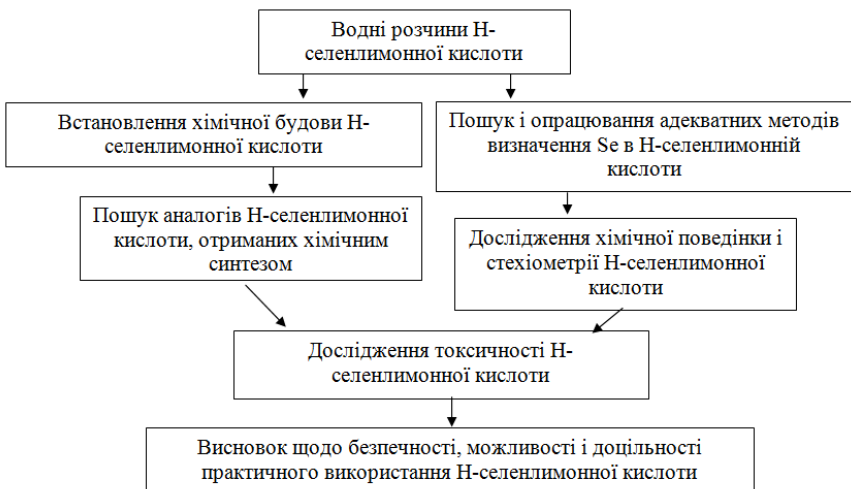
Необхідно також прийняти до уваги особливості германію як хімічного елементу. Він проявляє властивості як металу, так і неметалу, крім того він надзвичайно активний комплексоутворювач. В комплексах проявляє свій хімічний дуалізм, тобто виступає і металом і неметалом або частково гідролізує. Має дві валентні форми Ge (II) і Ge (IV), що утворюють різні комплекси. Ge (II) має координаційне число 4 а, Ge (IV) – координаційне число – 6. За даними Комісії Експертної групи з вітамінів та мінералів (Великобританія) сполуки Ge (II) відносно більш токсичні.

З огляду на вищенаведене запропоновані нами алгоритми дослідження Н-цитратів германію та селену будуть наступними: рис. 1 та рис. 2.

Більшість сполук германію аніонної форми, але в комплексоутворення вступає в більшість випадків катіон германію, який може бути в двох ступенях окиснення  $Ge^{+2}$  і  $Ge^{+4}$ .



**Рис. 1 – Схема дослідження Н-цитратів германію**



**Рис. 2 – Схема дослідження Н-селенлимонної кислоти**

Для нього характерні комплекси з кисневмісними лігандами. Утворює він комплекси і з лимонною кислотою, співвідношення метал-ліганд в яких найчастіше дорівнює 1:2 але буває і 1:1, і 1:3. Комплекси стійкі в слабкокислому та кислому середовищі і розкладаються в лужному.

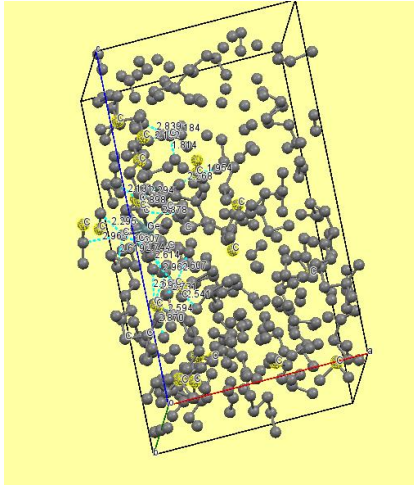
Все це дає нам право очікувати, що отримані за нанотехнологією розчини-продукти реакції високоенергетичних наночасточок германію з лимонною кислотою будуть комплексними цитратами (по аналогії з дослідженими нами раніше H-цитратами Zn, Mg, Fe).

Наступною нашою задачею було встановити які ж саме комплекси утворює Ge (IV) з лимонною кислотою. Відомості щодо комплексоутворення германію (IV) з лимонною кислотою протирічиві і обмежені. Так є дані, що свідчать про утворення германоцитратного комплексу складу 1:1, стійкого при pH 2,6-6,5 [13].

Для встановлення відповідності H-цитратів германію вищенаведеному комплексу нами проводилось їх рентгеноструктурне дослідження. Найбільш близька за картотекою ASTM речовина – Germanium-1.1 – dimethyl-6,7-cycloundecanediol, формула якого  $C_{12}H_{26}GeO_2$ .

Визначено відсотковий вклад елементів в загальну масу сполуки. Він складає для вуглецю (C) – 27,43 %, для кисню (O) – 42,63 %; для водню (H) – 2,3 %, а для германію (Ge) – 27,64 % за нашими розрахунками. Таке масове співвідношення між компонентами загалом відповідає вищенаведеній структурній формулі комплексу германію з лимонною кислотою, отриманому хімічним шляхом.

3d структурна формула H-цитрату германію, отримана з допомогою рентгеноструктурного аналізу, наведена на рис. 3.



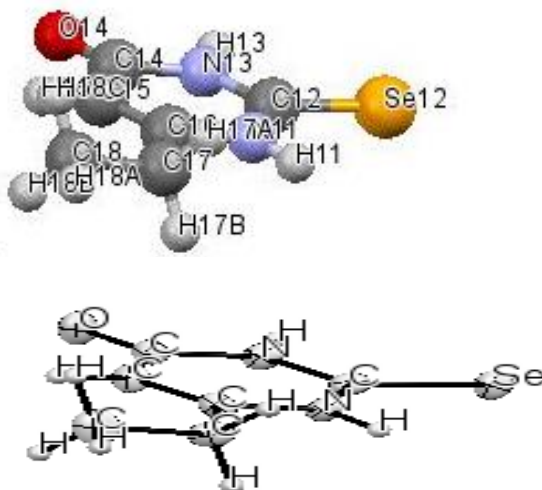
**Рис. 3 – 3d структура Н-цитрату германію**

На рисунку видно, що германій знаходиться в центрі координаційної сфери, координується з чотирма атомами кисню та заміщає 2 водні у карбоксилатних групах. Формула Н-цитрату германію буде такою  $[\text{GeO}_2(\text{Cit})_2]^{2-}$  або  $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_{14}\text{GeO}_2$ . Молекулярна маса його 486,6 г.

Досліджуваний розчин Н-селенлимонної кислоти концентрації приблизно 100 мг/л селену перед випробовуванням було сконцентровано висушуванням за кімнатної температури від 150 до 20  $\text{cm}^3$ .

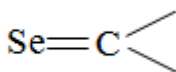
Зйомка рентгенограм проводилась на рентгенівському рефрактометрі вищевказаної марки з вертикальним гоніометром, реєстрація відбувалась в реальному часі, схема фокусування асиметрична.

Вид сполуки селену з лимонною кислотою, отриманої за нанотехнологією, представлено на рис. 4, у двох варіантах: модель та структурна формула, на якій видно подвійний (пряма лінія) і одинарний (зигзагоподібна лінія) зв'язки між атомами сполуки



**Рис. 4 – Модель та структурна формула Н-селенлимонної кислоти**

На рисунку чітко видно, що у даній сполуці селен зв'язується безпосередньо з атомом вуглецю подвійним зв'язком, тобто є група



Це свідчить про належність її до селенорганічних сполук. За класифікацією, наведеною у [14], ця сполука відноситься до класу селенкарбоних кислот:  $\text{RC}(\text{O})\text{SeR}$ ;  $\text{RC}(\text{Se})\text{OR}$ ;  $\text{RC}(\text{Se})\text{SeR}$ , а точніше – це моноселенлимонна кислота.

Підтвердженням цього є те, що, як відомо, введення селену до молекули кислоти або інших органічних сполук проходить через  $\text{Se}^0$ . Саме така форма селену отримується на першій стадії нанотехнологічного процесу.

Для того щоб оцінити безпечність Н-цитрату германію необхідно, як уже вказувалось, визначити достатність в них лимонної кислоти. Для цього потрібно встановити фактичні масові співвідношення  $[\text{Ge}]$  і  $[\text{Cit}]$  у розчинах Н-цитратів і порівняти їх з розрахованим для їх хімічного аналога – комплексу складу 1:2.

Все це, в свою чергу, призводить до необхідності вибору методів кількісного визначення компонентів комплексу Н-цитратів германію, адекватних поставленій задачі: аналізу бінарної системи метал-цитрат досить високої концентрації в присутності лимонної кислоти, яка утворює з германієм стійкі комплекси, а отже, може масувати його, заважаючи визначенню.

Для визначення германію застосовували метод комплексонометричного титрування, ваговий та спектрофотометричний методи.

Якщо порівняти результати визначення германію в його «Н-цитраті» отримані трьома методами (табл. 1) можна бачити, що два з них дали збіжні результати, а комплексонометричне титрування вдвічі більший, можливо при взаємодії комплексу з цитратом утворюється різнолігандний комплекс і еквівалент германію при цьому буде вдвоє меншим.

Таблиця 1

**Результати порівняльного визначення германію в його Н-цитраті**

Метод	Отриманий вміст Ge, г/дм <sup>3</sup> M±m	Середньо-квдратичне відхилення S, г/дм <sup>3</sup>	Похибка, %
Комплексометрія	5,68±0,11	0,16	1,94
Ваговий	2,07±0,014	0,02	0,7
Фотометричний	2,13±0,109	0,19	5,1

Найбільш точним є ваговий метод. Його можна рекомендувати як арбітражний, але більш простий і ефективний фотометричний метод – як лабораторний. Збіжність їх складає 2,86 %, що свідчить про їх правильність. Для визначення високих концентрацій селену застосовуються титриметричні і вагові методи. Для визначення вмісту селену, меншого ніж 0,01%, використовують прості доступні фотоколориметричні методи.

Виходячи з нашої аналітичної задачі – визначення середніх (міліграмових) кількостей селену у присутності досить високих

кількостей лимонної кислоти були вибрані гравіметричний, титриметричний (тіосульфатний) та фотоколориметричний методи. Також було розроблено екстракційно-фотометричний метод визначення селену в селенлимонній кислоті, отриманій за нанотехнологією.

Результати визначення селену цим методом, а також їх статистичне опрацювання наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Результати визначення селену у його Н-селенлимонній кислоті екстракційно-фотометричним методом та валідаційні характеристики методу**

Оптична густина проби, А	Кількість Se в пробі, М, мг	Концентрація Se, мг/дм <sup>3</sup> , X <sub>se</sub>
0,35	0,565	114
0,37	0,615	123
0,40	0,700	140
		X <sub>сер</sub> = 125,7±7,62 S <sub>отн</sub> =10,5% σ=6,1%

Для перевірки правильності апробованих методик цей же зразок моноселенлимонної кислоти було проаналізовано високочутливим і високовартісним методом мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. Отримане значення концентрації у зразку селену (150 мг/дм<sup>3</sup>) було прийняте нами за «опірне». Різниця між цим значенням та отриманим нами за екстракційно-фотометричним методом (125,7 мг/дм<sup>3</sup>) складає 24,3 мг/дм<sup>3</sup> або 16,2 % що за метрологічними вимогами цілком прийнятно.

Отже, розроблена нами методика екстракційно-фотометричного визначення селену з діетилдітіокарбаматом натрію як достатньо прецизійна і точна (правильна) і, разом з тим, доступна, недорога і нескладна у виконанні може бути запропонована як лабораторний метод контролю якості і безпечності сполуки селену і лимонної кислоти, отриманої за нанотехнологією. Визначення

співвідношення [Ge]:[Cit] проводили за допомогою фотометричного методу (визначення германію) та методом ВЕРХ (визначення лимонної кислоти). Результати подані у табл. 3.

Таблиця 3

**Масові співвідношення [Ge]:[Cit] у Н-цитратах германію, n=3**

Зразок	Вміст Ge, г/дм <sup>3</sup>	Вміст лимонної кислоти, г/л	Масові співвідношення [Ge]:[Cit]
«Ge1»	2,13±0,11	12,67±0,08	1:5,95
«Ge2»	2,00±0,21	5,99±0,00	1:3,00
«Ge3»	1,85±0,15	2,58±0,04	1:1,39
«Ge4»	8,05±0,05	101,07±0,06	1:12,55

Розраховане значення масового співвідношення компонентів комплексного цитрату германію, взятого нами за аналог (отриманий хімічним синтезом) складає 1:5,34. Із наведеного видно, що аналогу відповідає зразок Н-цитрату «Ge1». В Н-цитраті «Ge4» надлишок лимонної кислоти неоправдано великий. У зразку «Ge3» можливе утворення комплексу складу 1:1, а у зразку Н-цитрату «Ge3» не можна виключати наявність в розчині наночасток германію, оскільки лимонної кислоти не вистачає на взаємодію з усією кількістю металу.

Для спрощення оцінки достатності в розчинах Н-цитратів германію лимонної кислоти, запропоновано скрінінг-тест цієї величини за рН розчину. З цією метою нами також було досліджено залежність рН розчинів Н-цитратів германію від масового співвідношення [Ge]:[Cit] та надлишку/недостачі цитрат-іону. Вихідні дані представлені в табл. 4.

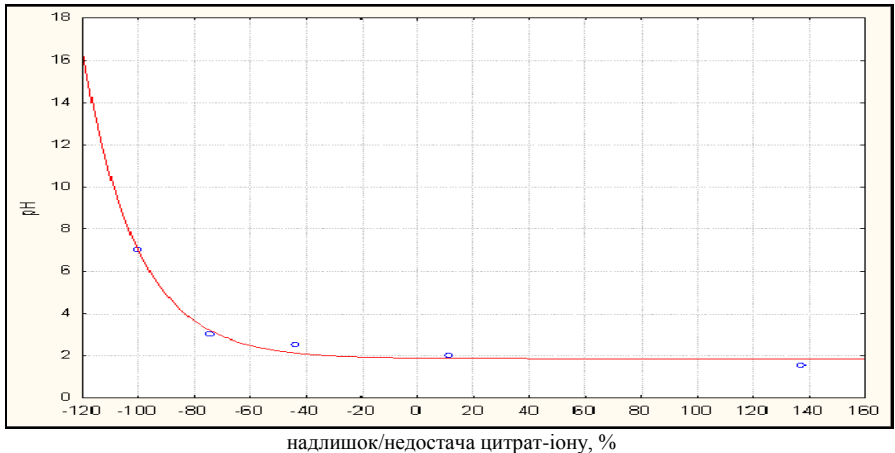


Таблиця 4

**Залежність рН розчинів Н-цитратів германію від співвідношення [Ge]:[Cit] та надлишку/недостачі цитрат-іону**

рН	Співвідношення [Ge]:[Cit]	Надлишок/недостача цитрат-іону, %
2,0	1:5,95	+ 11,42
2,5	1:3,00	- 43,82
3,0	1:1,39	- 74,00
1,5	1:12,55	+ 137,60

Виходячи з даних табл. 4 було побудовано математичну модель залежності між рН розчинів Н-цитратів германію та надлишком/недостачею цитрат-іону. Параметри математичної моделі були розраховані чисельними методами (метод Levenberg – Marquardt). Математична модель, представлена на рис. 5.



**Рис. 5 – Математична модель залежності рН розчинів Н-цитрату германію від надлишку /недостачі цитрат-іону**

Математична модель записувалась у вигляді:

$$y = (y_0 - y_\infty) \exp(-kx) + y_\infty; \quad (1)$$

- де:  $y$  – величина рН;  
 $y_0$  – початкове значення функції;  
 $y_\infty$  – граничне значення функції;  
 $x$  – значення аргумента (надлишок/недостача цитрат-іону);  
 $k$  – параметр швидкості.

Враховуючи хімію процесу, нульове значення функції визначалось як максимальне значення рН=16, при цьому значення  $x$  (недостача цитрат-іону) дорівнює – 120.

Модель дозволяє визначити оптимальні значення рН, для виконання умови відсутності в розчині НЧ. Як видно з рис. 5 для розчинів Н-цитратів германію рН завжди і для всіх зразків Н-цитратів повинно бути в межах від 1,5 до 2,0. В цих розчинах присутній надлишок лимонної кислоти, що гарантує відсутність НЧ. Ця величина рН може бути взята як опірня для технологічного контролю безпечності Н-цитратів германію. рН в цьому випадку дорівнювало трьом і увесь контроль зводиться до вимірювання на рН-метрі рН розчинів Н-цитратів германію.

Зразки Н-селенлимонної кислоти, представлені для дослідження, були отримані за одною і тією ж технологією і повинні були б мати близькі концентраційні рівні селену і лимонної кислоти.

Результати хімічного аналізу їх на вміст селену екстракційно-фотометричним методом та лимонної кислоти за методом ВЕРХ та їхнє рН представлено у табл. 5.

Таблиця 5

**Результати хімічного аналізу розчинів Н-селенлимонної кислоти, отриманої за нанотехнологією**

Зразок (№)	Вміст селену, (M±m), мг/дм <sup>3</sup>	Вміст лимонної кислоти (M±m), г/дм <sup>3</sup>	Масові співвідношення компонентів сполуки [Cit]:[Se]	рН
1	24,0 ± 3,0	18,20 ± 0,08	758,0:1	1,0
2	125,7 ± 7,6	17,30 ± 0,10	136,6:1	2,7
3	167,0 ± 10,9	23,00 ± 0,09	137,7:1	3,0

Теоретична величина співвідношення [Cit]:[Se] буде 2,28:1. Як видно із даних таблиці фактично лимонної кислоти у досліджуваних сполуках набагато більше (для першого зразку в 329 разів, для другого і третього у 60 разів). Про високу концентрацію в розчинах досліджуваних сполук лимонної кислоти свідчить їхнє рН, оскільки рН розчину лимонної кислоти становить приблизно 3.

Необхідно також звернути увагу ще на одну обставину. Останнім часом з'явилися роботи, в яких нульвалентний селен ( $\text{Se}^0$ ) у вигляді наночастинок признано нетоксичним і при цьому здатним засвоюватись організмом тварин, хоча і не так ефективно, як селеніти [15].

Тобто можна стверджувати, що як продукт нанотехнології, в якій на першому етапі утворюється саме  $\text{Se}^0$ , Н-селенлимонна кислота цілком безпечна. Проте як нова органічна сполука високотоксичного елементу селену, вона вимагає розгляду її хімічних властивостей. Так, на відміну від комплексів біометалів з лимонною кислотою, отриманих за цією нанотехнологією, які характеризуються достатньо високою стійкістю, при нагріванні зразків цієї сполуки (для рентгеноструктурного аналізу) було встановлено, що при температурі, вищій  $78^\circ\text{C}$ , вона розкладається на оксид селену  $\text{SeO}_2$  і лимонну кислоту. За нашими даними цей розклад уже має місце при температурі  $50^\circ\text{C}$ .

Таким чином, отримані нами дані підтверджують, що органічні сполуки неметалів (As, Se, I) досить лабільні (нестійкі) сполуки, що потребують більш детального дослідження в динаміці та враховуванні отриманих результатів при їх практичному застосуванні, а також про необхідність токсикологічних досліджень Н-моно-селенлимонної кислоти як сполуки високотоксичного елементу.

Гостру токсичність хлориду германію та Н-цитрату германію при внутрішньошлунковому надходженні до організму оцінювали за загальноприйнятим показником – величиною середньо летальної дози і клінічними ознаками інтоксикації.

Вибір доз було розпочато з урахуванням інформації про нетоксичну для людини дозу солей германію на рівні 1,4 г/кг [16]. Для введення мишам такої дози використовували розчин сполук германію з концентрацією 80 г/дм<sup>3</sup>. Кількість германію для мишей, еквівалентна дозі 1,4 г/кг, складала 42 мг. Виходячи з наявної концентрації 80 г/дм<sup>3</sup> така кількість германію містилась в 0,5 мл цього розчину. Тому мишам вводили його по 0,5 мл розчинів германію.

Результати показали, що при пероральному шляху надходження до організму тварин доза в 1,4 г/кг виявилася смертельною для мишей. Тварини починали гинути через 2-3 хвилини після введення. Клінічна картина гострого отруєння для досліджуваних речовин (хлориду германію та цитрату германію) була однотиповою. Симптоми гострої інтоксикації проявлялись майже одразу після введення та характеризувались важким диханням, гіподинамією, судомами, паралічем задніх кінцівок. При розтині загиблих тварин відмічались повнокрів'я внутрішніх органів.

Такі ж симптоми інтоксикації як зниження спонтанної активності, ціаноз, судоми спостерігались за дії діоксиду германію при дослідженні більш високих доз.

Стовідсоткова летальність тварин свідчить, що недіюча доза для людини, є смертельною для мишей.

Зменшення дози цитрату германію в 10, 100 та 1000 разів для одноразового введення не призвело до загибелі тварин. При дозах 14 та 1,4 мг/кг поведінка тварин, рухова активність, зовнішній вигляд, споживання корму і води піддослідних мишей не відрізнялись від контролю. Після введення Н-цитрату германію в дозі 140 мг/кг в перші хвилини у мишей знизилась рухова активність, яка нормалізувалась впродовж 30 хвилин. Впродовж 14 діб спостережень всі тварини не виявили клінічних ознак інтоксикації: поведінкові процеси та їхній зовнішній вигляд були без змін в порівнянні з контролем.

Поряд з зовнішнім обстеженням в кінці експерименту (через 14 діб) було оглянуто стан внутрішніх органів тварин при розтині. Візуальне обстеження не виявило морфологічних змін.

Таким чином, у даному експерименті не встановлено гострої токсичної дії Н-цитрату германію в дозах від 1,4 до 140 мг/кг.

Дослідження по встановленню гострої токсичної дії та параметрів небезпечності були продовженні в наступній серії експерименту. Слід зазначити, що для вибору доз враховувалось те, що літературні дані щодо визначення гострої токсичності на лабораторних тваринах мають досить велику розбіжність. Так параметри LD<sub>50</sub> діоксиду германію були на рівні 6300 мг/кг для мишей і 3700 мг/кг для щурів при пероральному введенні. Крім того, вважається, що LD<sub>50</sub> не може бути досягнуто, навіть, при дозах вище 10 г/кг. За умов внутрішньошлункового надходження діоксиду германію LD<sub>50</sub> складає 1550 мг/кг [17].

В нашому експерименті клініка отруєння було аналогічною, однак доза, яка викликала таку картину була 100 % смертельна – LD<sub>100</sub>.

Для визначення LD<sub>50</sub> Н-цитрату германію в гострому експерименті були вибрані такі дози: 240, 330 і 490 мг/кг. Розрахунок доз проводився виходячи з концентрації робочого розчину та кількості рідини фізіологічно можливої для тварин даного виду та маси тіла. Величину середньосмертельних доз розраховували за допомогою загально прийнятого методу найменших квадратів для пробіт-аналізу кривих летальності. Після внутрішньошлункового одноразового введення речовини, протягом 14 діб спостерігали за поведінкою тварин, їхнім зовнішнім виглядом, станом шерстяного покриву, терміном виникнення та характером інтоксикації і терміном летальності тварин.

При дозі 240 мг/кг тварини почувалися задовільно, поведінкові реакції без особливостей відносно тварин в контрольній групі. Введення мишам Н-цитрату германію дозою 330 мг/кг викликало деяку загальмованість, яка нормалізувалась впродовж години. Поряд з тим, відмічена загибель однієї тварини через добу. Залишилось 5 мишей, які добре почувалися протягом 14 діб спостережень.

Після впливу Н-цитрату германію в дозі 500 мг/кг летальність тварин розпочалась через 30 хвилин. Впродовж доби всі тварини

загинули. Інтотоксикація характеризувалась зниженням рухливості, важким диханням. Загибель була на фоні дихальної недостатності, в положенні лежачи на боці, з судомами кінцівок і хвоста. Розтин тварин показав повнокрів'я внутрішніх органів, здуття шлунку.

Отримані результати гострої токсичності Н-цитрату германію дозволили визначити середньосмертельну дозу для мишей на рівні 400 мг/кг (за пробіт-аналізом).

Визначену дозу LD<sub>50</sub> для мишей було перевірено на щурах. Дослідні тварини одноразово отримували Н-цитрат германію, а контрольні в тій же кількості дистильовану воду.

Час загибелі та летальність щурів при одноразовому внутрішньошлунковому введенні Н-цитрату германію в дозі 400 мг/кг досліджували за тією ж схемою, що і в досліді на мишах. Після надходження речовини спостерігалась загибель щурів впродовж 1-2 днів. Клінічні симптоми отруєння були аналогічні клінічній картині отруєння мишей.

Зважаючи на 50% загибель щурів та однотипові клінічні симптоми гострої інтоксикації можна вважати, що при пероральному надходженні в організм Н-цитрату германію LD<sub>50</sub> для щурів і мишей дорівнює 400 мг/кг. Це свідчить, що в умовах проведених досліджень особливостей видової чутливості не встановлено.

Слід зазначити, що отримані результати співпадають з даними літератури щодо симптомів отруєння органічними сполуками германію, зокрема, зниження спонтанної активності, ціаноз, судоми через параліч дихання у щурів та мишей при відносно низьких концентраціях та багаторазовому введенні [18].

Між тим, у щурів та мишей, що отримували сполуки германію при високих рівнях впродовж 7 діб не виявлено змін внутрішніх органів при простих анатомічних дослідженнях. Тобто такі результати отримані при багаторазовому введенні можливо пов'язані зі швидкістю ефектів біотрансформації.

Дані літератури свідчать про можливість токсичного впливу германію на нирки. Як уже згадувалось, інтоксикація германієм людей відбувалась в результаті споживання добавок неорганічного германію

протягом тривалого періоду часу і була іноді летальною. Причиною летальності була дисфункція нирок і їх відмова, а першими симптомами її була втрата маси і втомлюваність, м'язова слабкість [19].

У зв'язку з цим нами було проведено дослідження токсичності Н-цитрату германію у підгострому експерименті з акцентом на показники функціонального стану нирок лабораторних тварин. Було використано Н-цитрат германію в таких вихідних концентраціях: 1,5 та 8,0 г/дм<sup>3</sup>. Для виявлення його можливих біологічних ефектів було проведено випробування досліджуваних речовин близьких до рівня порогової дози, яка складає 1/10 від ЛД<sub>50</sub>, тобто тваринам щодня протягом 30 діб вводили дозу «Н-цитратів» германію, що дорівнює 40 мг/кг.

Протягом усіх 30 діб введення Н-цитрату германію стан всіх тварин був задовільним, їх поведінка, зовнішній вигляд, споживання корму і води не відрізнялись від контрольних тварин. Зовнішніх симптомів інтоксикації і летальних випадків не спостерігалось, що свідчить про відсутність вираженої токсичної дії цієї сполуки.

Після проведення всіх сеансів введення двох зразків Н-цитрату германію з вихідними концентраціями 1,5 та 8,0 г/дм<sup>3</sup>, для визначення його впливу на організм піддослідних тварин було проведено біохімічні та гематологічні дослідження їхньої периферичної крові.

Основними показниками функціонального стану нирок лабораторних тварин є сечовина, креатинін та залишковий азот у крові. При цьому відомо, що діагностично більш цінним із двох останніх є креатинін, оскільки при нирковій недостатності рівень його у сироватці крові підвищується раніше, ніж рівень залишкового азоту.

Гематологічні дослідження включали вивчення еритроцитарної системи периферичної крові, яка забезпечує транспорт кисню та регулювання кислотно-лужної рівноваги і виділення із організму вуглекислоти, а також її лейкоцитарна система – як індикатор на інфекційні, алергічні і інші подразнення.

В рамках цих досліджень визначали у периферичній крові щурів та мишей концентрацію гемоглобіну, абсолютну кількість

еритроцитів, середню концентрацію гемоглобіну в еритроцитах, середній об'єм еритроцитів та ширину їх розподілу, а також абсолютну і відносну кількість лімфоцитів, моноцитів і гранулоцитів.

Також було проведено дослідження в плазмі крові щурів вмісту аспаратамінотрансферази (АСТ) і аланінамінотрансферази (АЛТ), які каналізують переамінування амінокислот відповідно до оксилоацетату та пірувату і є діагностичними ферментами деструкції тканин печінки. Результати біохімічних досліджень представлені у табл. 6 та 7.

Таблиця 6

**Біохімічні показники крові лабораторних тварин, що отримували зразок Н-цитрату германію з концентрацією германію 1,5 г/дм<sup>3</sup>**

Показник	Щури			Миші		
	контроль	дослід	норма	контроль	дослід	норма
Креатинін, ммоль/дм <sup>3</sup>	0,80 ± 0,09	0,40 ± 0,10*	0,13 – 0,36	0,70 ± 0,06	0,26 ± 0,02*	0,13 – 0,36
Сечовина, ммоль/дм <sup>3</sup>	6,40 ± 0,30	6,10 ± 0,40	4,68 – 8,46	4,20 ± 0,42	4,10 ± 0,85	4,68 – 8,46

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна,  $p < 0,05$

Таблиця 7

**Біохімічні показники крові лабораторних тварин, що отримували зразок Н-цитрату германію з концентрацією германію 8,0 г/дм<sup>3</sup>**

Показник	Щури		
	контроль	дослід	норма
Креатинін, ммоль/дм <sup>3</sup>	0,80 ± 0,09	0,35 ± 0,10*	0,13 – 0,36
Сечовина, ммоль/дм <sup>3</sup>	6,39 ± 0,31	9,63 ± 0,99*	4,68 – 8,46±0,56
АСТ, ммоль/дм <sup>3</sup>	147,40 ± 2,54	124,70 ± 15,66	
АЛТ, ммоль/дм <sup>3</sup>	49,80 ± 3,15	46,70 ± 12,21	

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна,  $p < 0,05$



Як бачимо із табл. 6, концентрація креатиніну у периферичній крові як щурів, так і мишей вдвічі або навіть втричі менша від контрольної величини. Причому ця картина спостерігається як для крові тварин, що отримували зразок «Н-цитрату» германію з концентрацією металу  $1,5 \text{ г/дм}^3$ , так і для крові тих тварин, що отримували більш концентрований зразок ( $8,0 \text{ г/дм}^3$ ). Але необхідно відзначити, що дані щодо концентрації креатиніну в усіх 3-х варіантах досліджу не виходили за межі фізіологічної норми цього показника. Тому, в даному випадку некоректно було б говорити про падіння рівню креатиніну в крові тварин. З другого боку, ці дані не можуть свідчити і про негативний вплив зразків Н-цитрату германію на функцію нирок дослідних тварин. Адже висота рівня креатиніну в крові слідує за тяжкістю пошкодження клубочків, так як у нормі виведення креатиніну відповідає його продукції. При зменшенні фільтруючої площі клубочків зменшується і профільтована кількість креатиніну, а утворення його незмінно продовжується, тобто вміст його у крові при ураженні нирок має рости.

Високий рівень креатиніну у крові тварин контрольних груп пояснюється їх підвищеною м'язовою активністю, оскільки попередником креатиніну в ланці метаболізму аргініну є фосфокреатин, який слугує «енергетичним буфером» м'язового скорочення, а сам креатинін є показником «м'язового метаболізму».

Концентрація сечовини у крові лабораторних тварин, що отримували Н-цитрат германію концентрації  $1,5 \text{ г/дм}^3$  достовірно не відрізнялась від контролю і була на рівні фізіологічної норми. Рівень її у щурів дослідної групи, що отримувала зразок Н-цитрату германію концентрації  $8,0 \text{ г/дм}^3$  був достовірно вищим від контрольного. Проте значення цього показника достовірно не відрізнялось від границі фізіологічної норми. Отже біохімічні дослідження крові тварин не виявили у крові впливу Н-цитрату германію на функцію нирок.

Рівень трансаміназ (АСТ і АЛТ) у крові дослідних і контрольних тварин (табл. 7) також достовірно не різнився, що свідчить про відсутність вираженого токсичного впливу Н-цитрату германію на печінку.

Результати гематологічних досліджень периферичної крові лабораторних тварин наведено у табл. 8 та 9.

Таблиця 8

**Гематологічні показники периферичної крові лабораторних тварин,  
що отримували зразок Н-цитрату германію з концентрацією германію 1,5 г/дм<sup>3</sup>**

Показник	Щури			Миші		
	контроль	дослід	норма	контроль	дослід	норма
Концентрація гемоглобіну, г/дм <sup>3</sup>	125,00±0,10	112,25±12,61	65–115	111,00±5,04	108,50±11,21	94–106
Абсолютна кількість еритроцитів $n \cdot 10^{12}/\text{дм}^3$	7,92±0,10	6,78±0,70	6,0–9,3	7,00±0,11	9,62±0,88*↑	7,9–11,7
Середня концентрація гемоглобіну в еритроцитах, г/дм <sup>3</sup>	280,00±0,56	264,50±2,42*↓		286,00±3,92	244,50±2,80*	
Середня концентрація гемоглобіну в 1 еритроциті, пг	16,50±0,11	16,48±0,25		12,90±0,20	11,22±0,58*↓	
Середній об'єм еритроцитів, fl	59,75±0,08	52,50±0,48*↓		58,0±2,07	46,10±2,49↓	
Ширина розподілу еритроцитів, %	10,50±0,17	11,00±0,22↑		13,05±0,36	18,08±1,37*↑	

Показник	Щури			Миші		
	контроль	дослід	норма	контроль	дослід	норма
Абсолютна кількість лейкоцитів, $\text{п} \cdot 10^9/\text{дм}^3$	14,75±2,00	19,70±4,59	4,8–15,2	10,80±0,22	11,23±2,41	7,5–13,0
Абсолютна кількість лімфоцитів, $\text{п} \cdot 10^9/\text{дм}^3$	10,70±0,16	14,15±3,34		9,00±0,17	7,45±2,41	
Відносна кількість лімфоцитів, %	70,10±2,20	72,15±4,34	53–75	69,35±5,30	65,20±9,33	37–68
Абсолютна кількість моноцитів, $\text{п} \cdot 10^9/\text{дм}^3$	1,25±0,03	0,60±0,17*↓		0,55±0,03	0,45±0,23*	
Відносна кількість моноцитів, %	3,65±0,08	3,10±0,22*	0–1	3,10±0,17	3,40±1,99	0,5–5,5
Абсолютна кількість гранулоцитів, $\text{п} \cdot 10^9/\text{дм}^3$	5,05±0,42	4,95±1,65		3,25±0,31	3,33±0,84	
Відносна кількість гранулоцитів, %	26,25±2,14	24,75±4,10	22,4	27,55±0,31	30,40±7,43	3,8–45,5

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна,  $p < 0,05$

Таблиця 9

**Гематологічні показники периферичної крові лабораторних тварин,  
що отримували зразок Н-цитрату германію з концентрацією германію 8,0 г/дм<sup>3</sup>**

Показник	Щури		
	контроль	дослід	норма
Концентрація гемоглобіну, г/дм <sup>3</sup>	134,00±0,84	132,67±2,51	65–115
Абсолютна кількість еритроцитів $n \cdot 10^{12}/\text{дм}^3$	8,18±0,01	8,45±0,21	6,0–9,3
Середня концентрація гемоглобіну в еритроцитах, г/дм <sup>3</sup>	282,00±0,84	290,33±1,67↑	
Середня концентрація гемоглобіну в 1 еритроциті, пг	16,30±0,18	16,87±0,16*↑	
Середній об'єм еритроцитів, фл	58,00±0,08	58,27±0,25	
Ширина розподілу еритроцитів, %	10,00±0,08	10,03±0,21	
Абсолютна кількість лейкоцитів, $n \cdot 10^9/\text{дм}^3$	24,50±0,08	44,80±8,03*	4,8–15,2
Абсолютна кількість лімфоцитів, $n \cdot 10^9/\text{дм}^3$	16,80±0,08	20,33±6,25	
Відносна кількість лімфоцитів, %	68,50±0,89	66,03±1,42	53–75
Абсолютна кількість моноцитів, $n \cdot 10^9/\text{дм}^3$	0,70±0,80	1,77±0,92*	
Відносна кількість моноцитів, %	3,00±0,08	3,80±0,12*	0–1
Абсолютна кількість гранулоцитів, $n \cdot 10^9/\text{дм}^3$	7,00±0,83	4,60±2,72*	
Відносна кількість гранулоцитів, %	26,50±1,28	30,16±1,42	22,4

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна,  $p < 0,05$

Як видно із таблиць 8 та 9, концентрація гемоглобіну та абсолютна кількість еритроцитів в усіх цих групах тварин не зазнала суттєвих змін, за винятком підвищення їх рівня до фізіологічної норми (7,9-11,7  $\cdot 10^{12}/\text{дм}^3$ ) у групі мишей, які отримували Н-цитрат германію.

Середня концентрація гемоглобіну в еритроцитах щурів та мишей, що отримували Н-цитрат германію з вихідною концентрацією 1,5 г/дм<sup>3</sup> була дещо зниженою відносно показників контрольних груп, а у групі щурів, що отримували зразок Н-цитрату германію з концентрацією 8 г/дм<sup>3</sup> – підвищилась. Причому середня концентрація гемоглобіну у одному еритроциті не змінювалась від його введення. Середній об'єм еритроцитів у перших двох групах дещо зменшився, у третій – не змінився. Ширина розподілу еритроцитів трохи збільшилась у групі піддослідних мишей. Абсолютна кількість лейкоцитів у крові щурів і мишей не змінилась при введенні Н-цитрату германію з концентрацією 1,5 г/см<sup>3</sup> і була в межах фізіологічної норми, в той час як для третьої групи тварин (табл. 9) вона різко збільшилась як у контролі, так і в досліді, але особливо в останньому.

Абсолютна і відносна кількість лімфоцитів у крові тварин усіх груп достовірно не відрізнялась від контролю і була в межах фізіологічної норми.

Абсолютна і відносна кількість моноцитів у першій дослідній групі щурів знизилась, а в другій – підвищилась. У групі мишей достовірних змін цього показника не виявлено.

Абсолютна і відносна кількість гранулоцитів достовірно не розрізнялась в досліді і контролі, але в усіх 4-х групах щурів, на відміну від груп мишей, відносна їх кількість була дещо вищою за нормативну величину.

Таким чином при гематологічних дослідженнях периферичної крові лабораторних тварин, що отримували Н-цитрат германію в дозі 40 мг/кг (2 зразки з концентраціями германію 1,5 і 8,0 г/дм<sup>3</sup>) були виявлені незначні і в більшості своїй різнонаправлені зміни деяких показників як варіації в рамках видової фізіологічної норми.

Винятком із загальної картини є підвищення у крові щурів, що отримували більш концентрований зразок Н-цитрату германію, абсолютної кількості лейкоцитів. Причому і у контрольному і, особливо, у дослідному зразку крові тварин цей показник виходив за границі фізіологічної норми. Оскільки доза германію в цьому випадку була такою ж як і в 2-х попередніх варіантах експерименту, в яких все було в нормі, можливо це підвищення пояснюється надзвичайно високою варіабельністю даного показника. Так у людини протягом дня він може підвищуватись більше ніж удвічі.

Загалом, аналізуючи результати проведених експериментів та дані літератури, слід зазначити, що Н-цитрату германію, як і іншим сполукам германію властива біологічна активність. Їхній вплив на організм проявляється в залежності «доза – ефект» та в залежності «доза – час – ефект».

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що гостра токсичність при внутрішньошлунковому надходженні в організм Н-цитрату германію для білих мишей та щурів при невираженій видовій чутливості становить за LD<sub>50</sub> 400 мг/кг. Згідно ГОСТ 12.1.007 – 76 (1990) – Н-цитрат германію відноситься до 3 класу небезпечності (помірно небезпечні речовини). Проте в під гострому експерименті залежності «доза – час – ефект» при дії на організм лабораторних тварин 2-х зразків Н-цитрату германію не виявлено. Протягом усього часу експерименту ніяких ознак токсичного впливу його на тварин не спостерігалось, не виявлено також негативного впливу Н-цитрату германію на функцію нирок і печінки та вираженого негативного впливу його на картину крові експериментальних тварин.

Гостру токсичність Н-селенлимонної кислоти при внутрішньо шлунковому надходженні до організму оцінювали також за загальноприйнятим показником – величиною середньо летальної дози і клінічними ознаками інтоксикації.

В експерименті встановлення гострої токсичності Н-селенлимонної кислоти були використані розчини в таких вихідних концентраціях: 170, 340 та 750 мг/л. Випробування зразка Н-селен-

лимонної кислоти концентрації 170 мг/л проведено при внутрішньо-шлунковому введенні різних доз «нативного» зразка, які складали в залежності від введеного об'єму рідини 1,36, 3,4 мг/кг для мишей, та 3,0 і 4,2 мг/кг для щурів.

Одноразове надходження в організм мишей Н-селенлимонної кислоти в дозах 1,36 та 3,4 мг/кг не викликало їх загибелі. Для щурів дози 3,0 та 4,2 мг/кг також не викликали н загибелі та ознак отруєння. Слід зазначити, що дози 3,4 та 4,2 мг/кг містились в максимальних фізіологічно можливих для мишей масою тіла 25 г, та для щурів масою 200 г об'ємах. За неможливості визначення токсичних доз при одноразовому внутрішньошлунковому введенні, було проведено дво- та трьох – кратне введення речовини через кожні 2 години.

Для мишей за відсотком загибелі від сумарних доз  $LD_{50}$  складає 4,08 мг/кг,  $LD_{66}$  – 6,8 мг/кг та  $LD_{100}$  – 10,2 мг/кг. Таким чином рівень  $LD_{50}$  більше 4,08 мг/кг і менше 6,80 мг/кг. Для щурів летальні дози при дробному введенні складають 8,5 мг/кг і більше.

На наступному етапі досліджувався зразок Н-селенлимонної кислоти з вихідною концентрацією 340 мг/дм<sup>3</sup>. З цієї концентрації розраховувались дози для визначення ефекту при дробному введенні. Мишам та щурам вибрали дози, які при одноразовому введенні з концентрації Н-селенлимонної кислоти 170 мг/дм<sup>3</sup> не викликали ефекту.

Отримані результати показали, що при сумарній дозі для мишей 6,8 мг/кг та для щурів – 8,5 мг/кг загибелі тварин не було.

Збільшення вихідної концентрації Н-селенлимонної кислоти до 750 мг/л дозволило збільшити дозу для введення в мінімальних об'ємах. Так для мишей в 0,2 мл розчину доза становила 6 мг/кг, яка викликала 100 % загибель. Також летальними виявилися дози 7,5 та 3,75 мг/кг для щурів.

Доза для мишей 3,0 мг/кг не викликала загибелі тварин, а введення в максимальній кількості цього розчину викликало 100 % загибель, їх доза при цьому складала 7,5 мг/кг.

Для щурів доза в 3,75 мг/кг виявилась летальною. Симптоми гострої інтоксикації проявлялись майже зразу після введення та

характеризувались важким диханням, ціанозом, гіподинамією, зниженням спонтанної активності.

Розраховані за методом пробіт-аналізу  $LD_{50}$  Н-селенлимонної кислоти складає для мишей – 4,07 мг/кг, для щурів – 2,57 мг/кг.

Таким чином, отримані результати показують безумовну біологічну активність Н-селенлимонної кислоти зі слабо вираженою видовою чутливістю.

Виявлено дозову залежність токсичності цієї сполуки. Крім того спостерігалась залежність гострої токсичності від концентрації її у вихідному розчині (вірніше не від концентрації, а від способу її досягнення). Так, найбільш токсичним виявився зразок Н-селенлимонної кислоти з концентрацією 750 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким чином, Н-селенлимонна кислота хоча і менш токсична ніж неорганічні сполуки селену (селенат і селеніт натрію), все ж має досить низький поріг токсичності, а крім того, вона відносно нестійка, що може ускладнювати її практичне використання.

Ці недоліки відсутні у елементарного (нульвалентного) селену. Він стійкий на повітрі і в розчинах, і при цьому менш токсичний, ніж усі його сполуки. Вивчення біодоступності нульвалентного селену, отриманого у вигляді наночастинок шляхом абляції мішені лазером, показало, що введення його навіть у нутритивно адекватних кількостях щурам з його недостатністю призводить до приросту їхньої маси, підвищення рівню селену у крові, печінці та підвищує їхній імунний статус. Тобто наноселен засвоюється лабораторними тваринами, хоча і не так ефективно як селеніт натрію.

З огляду на вищенаведене було вирішено доповнити токсикологічні дослідження Н-селенлимонної кислоти дослідженням гострої токсичності елементарного нульвалентного Н-селену, отриманого за використаною у даній роботі ерозійно-вибуховою технологією (I етап), як альтернативи їй у царині практичного використання.

Гостру токсичність елементарного нульвалентного Н-селену при внутрішньошлунковому надходженні до організму планували



оцінювати також за загальноприйнятим показником – величиною середньолетальної дози і клінічними ознаками інтоксикації.

В експерименті було використано колоїдний розчин елементарного (нульвалентного) селену з концентрацією 2,5 г/дм<sup>3</sup>. Максимально можливий об'єм на одне введення для щурів масою 200 г складає 5 мл, для мишей масою 25 г – 0,5 мл. Були досліджені наступні дози для щурів та мишей: 10, 30 та 50 мг/кг.

Одноразове надходження в організм щурів та мишей розчину нульвалентного Н-селену в досліджених дозах не викликало загибелі тварин. Стан всіх тварин був задовільним, їхня поведінка, зовнішній вигляд, споживання корму і води не відрізнялись від контрольних тварин. Симптомів інтоксикації і летальних випадків не спостерігалось.

Оскільки при одноразовому внутрішньолунковому введенні не вдалось визначити токсичні дози, було проведено дробне (дво- та трикратне) введення речовини через 2 години. Отримані результати показали, що для щурів та мишей загибелі від сумарних доз не спостерігалось, токсичні дози визначити також не вдалось.

Дробне надходження в організм щурів розчину нульвалентного Н-селену в досліджених дозах не викликало загибелі тварин. Стан всіх тварин був задовільним, їхня поведінка, зовнішній вигляд, споживання корму і води не відрізнялись від контрольних тварин. Симптомів інтоксикації і летальних випадків не спостерігалось.

Отримані результати показали, що навіть при найбільшій фізіологічно можливій сумарній дозі розчину елементарного нульвалентного Н-селену для щурів та мишей, що становить 100 мг/кг, не виявлено ніяких ознак інтоксикації. Це робить неможливим визначення параметрів гострої токсичності та свідчить про його невиражену біологічну активність.

Тобто, досліджені нами органічні сполуки селену, отримані за нанотехнологією, значно менш токсичні за його неорганічні форми, а відтак і більш придатні для збагачення харчових продуктів або виробництва ДД.

При цьому безумовно перевагу треба віддати більш стійкому в розчині і менш токсичному елементарному Н-селену.

## ВИСНОВКИ

1. Розроблено методичні підходи до гігієнічної оцінки безпечності сполук германію та селену з карбоновими кислотами, отриманих за нанотехнологією, в основу яких покладено положення, що при достатній кількості лимонної кислоти в розчинах Н-цитратів не може бути наночастинок. Запропоновано алгоритм дослідження цих сполук.

2. Встановлено хімічну приналежність та структуру цих сполук. У випадку германію – це комплексний цитрат складу  $[Ge] : [Cit] = 1:2$ . у випадку неметалу селену – це моноселенлимонна кислота, типова органічна сполука з хімічним зв'язком  $Se = C$  (селен – вуглець).

3. Розроблена методична база хіміко – аналітичного дослідження даних сполук. Запропоновані методи їх контролю: для визначення в Н-цитратах германію вибрано ваговий метод, як арбітражний і фотометричний метод з фенілфлуороном, як лабораторний; для визначення селену запропоновано екстракційно-фотометричний метод з діетилдітіокарбаматом натрію; для визначення лимонної кислоти застосували метод ВЕРХ.

4. Проведено хіміко-аналітичне дослідження зразків Н-цитрату германію та Н-селенлимонної кислоти. Встановлено фактичні співвідношення  $[Ge] : [Cit]$ , шляхом порівняння отриманих величин з розрахунковими показано, що практично всі зразки не містять наночастинок (НЧ). Виявлено лабільність селенлимонної кислоти, яка з часом гідролізує до селеноводню (селеноводневої кислоти).

5. Розроблено тест – метод визначення безпечності даних сполук як продуктів нанотехнології за величиною рН їхніх розчинів. Встановлено опірні значення рН для їх технологічного контролю. Так,

наночастинок у Н-цитраті германію не буде при  $\text{pH} < 2$ , а  $\text{pH}$  Н-селенлимонної кислоти має бути  $> 3$ , що вказує на відсутність у зразку селеноводневої кислоти.

6. Проведено токсикологічні дослідження Н-цитрату германію. У гострому експерименті встановлено як для мишей, так і для щурів  $\text{LD}_{50}$  на рівні 400 мг/кг. Це дозволило віднести його до 3 класу небезпечності (помірно небезпечні речовини).

У підгострому експерименті при введенні тваринам германію у вигляді Н-цитратів з концентраціями 1,5 та 8,0 мг/дм<sup>3</sup> ніяких ознак токсичної дії не спостерігалось. Не виявлено також негативного впливу їх на функцію нирок, печінки та загалом на картину крові.

7. Показано, що при токсикологічному дослідженні Н-селенлимонної кислоти в порівнянні з елементарним нульвалентним Н-селеном, максимально можливі дози Н-селенлимонної кислоти становлять 6,5 мг/кг для мишей і 8,5 мг/кг для щурів, а елементарного нульвалентного Н-селену – від 10 до 100 мг/кг, які не викликали ні смертності, ні будь-яких ознак її токсичної дії. Це свідчить про їх низьку токсичність.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бацукова Н.Л., Филонов В.П., Аветисова А.Р. Современные проблемы питания человека // Здоровье и окружающая среда : сб. науч. тр. Минск, 2008. Вып. 12. С. 8-11.

2. Глобальная стратегия ВОЗ по питанию, физической активности и здоровью : Руководство для стран по мониторингу и оценке осуществления / ВОЗ. 2009. 47 с. – Режим доступа: ([http : // www. euro. who. Int. / document/E81507r. pdf](http://www.euro.who.int/document/E81507r.pdf)).

3. Лобода А.М. Мікроелементні порушення у дітей // Современная педиатрия. 2009. № 1(23). С. 89-92.

4. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Новосибирск : Наука и технология, 2004. 547 с.

5. Новинюк Л.В. Железосодержащие соли лимонной кислоты для обогащения продуктов ценными нутриентами // Пищевые ингредиенты : сырье и добавки. 2008. № 2. С. 64-66.

6. Новинюк Л. В., Кудрявцева Т. А. Обогащение молочных продуктов цитратами и лактатами // Молочная промышленность. 2007. № 9. С. 18 – 23.

7. Michaelsen K.F., Weaver L., Branca F., Robertson A. Кормление и питание грудных детей и детей раннего возраста : методические рекомендации для Европейского региона ВОЗ с особым акцентом на республики бывшего Советского Союза / Европейское региональное бюро ВОЗ. Копенгаген, 2001. 369 с. (Европейская серия № 87).

8. Пат. № 39397 UA Надчистый водный розчин нанокислоты металу / М.В. Косінов, В.Г. Каплуненко. Опубл. 25.02.2009 ; Бюл. № 4/2009.

9. Курляндский Б.А. О нанотехнологии и связанных с нею токсикологических проблемах // Токсикологический вестник. 2007. №6. С. 2-3.

10. Назаренко В.А. Аналитическая химия германия. М. : Наука, 1973. 262 с.

11. Руководство по клинической лабораторной диагностике / под ред. М. А. Базарновой. К. : Вища школа, 1982. С. 5-51.

12. Химический энциклопедический словарь. М. : Советская энциклопедия, 1983. 790 с.

13. Назаренко В.А., Андрианов А.М. Комплексные соединения германия и состояние его в растворах // Успехи химии. 1965. Вып. 8. С. 1313-1331.

14. Clive D.L. The chemistry of sulfur, selenium, tellurium and polonium // J. Tetrahedron. 1978. Vol. 34, № 8. P. 1049-1132.

15. Распопов Р.В., Арманова Е.А., Трушина Э.Н. и др. Характеристика биодоступности нульвалентного селена у крыс // Вопросы питания. 2011. № 4. С. 36-41.

16. Лазарев Н.В., Гадаскина И.Д. Вредные вещества в промышленности. М. : Химия, 1977. 607 с.

17. Shauss A.G. Nephrotoxicity and neurotoxicity in humans from organogermanium compounds and germanium dioxide // Biological Trace Element Research. 1990. Vol. 29. P. 267-280.

18. Asano K. Influence of propagermanium (sk-818) on chemically induced renal lesions in rats // Journal of Toxicological Sciences. 1994. Vol. 19. P. 131 – 143.

19. Schauss A.G. Nephrotoxicity in humans by the ultratrace element germanium // Biological Trace Element Research. 1991. Vol. 5. P.120-125.

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО  
ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ  
НАНОСРІБЛА**

*Бабій В.Ф., Кондратенко О.Є., Пімушина М.В., Брень Н.І.,  
Томашевська Л.А., Кравчун Т.Є., Цицирук В.С.,  
Гуменнікова Н.М.*

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ**

Останнім часом у світі відбувається бурхливий розвиток виробництва наноматеріалів, які широко впроваджуються у різні галузі діяльності людини. Безумовно, поява нанотехнологій та численні розробки наноматеріалів сприяють виникненню нових засобів і матеріалів, які відрізняються наявністю унікальних властивостей, що є перспективним для застосування у різноманітних сферах життєдіяльності. Разом з тим, на сьогодні проблема досліджень біологічних властивостей наноматеріалів та умов безпечного їх використання виходить на перший план.

В Україні інтенсивно проводиться синтез нових наноматеріалів, що містять наночастки металів, в тому числі срібла, які активно впроваджуються у різні галузі промисловості, медицину та фармакологічну сфери, ветеринарну медицину та сільськогосподарське виробництво. Слід зазначити, що препарати з наночастками срібла розглядаються як альтернатива традиційним антимікробним, протигрибковим та дезінфекційним засобам. Відомо, що срібло стимулює роботу імунної системи, стабілізує обмін речовин в організмі та знезаражує близько 100 видів небезпечних бактерій, вірусів та грибів [1, 2].

Значне поширення наноматеріалів у різних галузях споживчих товарів викликає занепокоєння через недостатню інформацію про небезпечність наноматеріалів для організму людини та довкілля. Через наявність потенційних ризиків наноматеріалів найрозвинутіші країни активно включаються до участі у міжнародних організаціях, таких як Організація економічного співробітництва та розвитку, робоча група з промислових наноматеріалів (OECD WPMN); Міжнародна організація по стандартизації / Технічний комітет 229 (ISO / TC 229); Регламент по реєстрації, оцінці, дозволу і обмеженню хімічних речовин (REACH) тощо. Ці міжнародні організації розробляють і впроваджують керівні принципи дослідження наноматеріалів і правила роботи в області стандартизації. Крім того, представники EPA FIFRA (Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act) збирали інформацію про проведення умовної реєстрації виробів, які містять наносрібло [3].

Важливим є той факт, що, крім безпосереднього впливу у складі продукції, наносрібло може експонувати населення через об'єкти довкілля, куди воно потрапляє в результаті утилізації матеріалів та виробів, що містять наночастки срібла. Наприклад, при переробці сміття на сміттєспалювальних заводах більша частина наночасток срібла накопичується у попелі та шламах систем очистки стічних вод, звідки може потрапляти на поля у складі добрив, змиватись у водойми та накопичуватись у численних водних та ґрунтових організмах. Зважаючи на шляхи надходження наносрібла до організму людини, населення найбільше його отримує при пероральному та епікутанному шляхах, тоді як працівники виробництва, на яких виробляються наночастки, отримують їх при інгаляційній експозиції (таблиця 1).

**Основні шляхи надходження наночастинок до організму людини при використанні товарів вжитку**

Шлях надходження	Тип товару
Шкіра (дермальний)	Сонцезахисні засоби (лосьйон) Лосьйони по догляду за шкірою Лакофарбові вироби Герметики Освіжувачі повітря
Легені (інгаляційний)	Лакофарбові вироби Спреї по догляду за шкірою Сонцезахисні спреї Харчові добавки та барвники
Шлунково-кишковий тракт	Біо- та харчові добавки Пакування для харчових продуктів

Відомо, що срібло набуло широкого впровадження завдяки його антимікробним властивостям, але при цьому цей метал може спричиняти токсичні ефекти по відношенню до клітин, ґрунтових та водних організмів, теплокровних тварин у цілому. Слід зазначити, що досліджень з токсичної дії наноматеріалів на організми проведено в Україні недостатньо. Залишається невирішеним питання безпечності для людини та навколишнього середовища новостворених засобів та препаратів, що містять наночастишки срібла.

Механізми токсичності срібла, за сучасними уявленнями, полягають у їх можливості проникати через біологічні бар'єри організму, накопичуватись у клітинах та вивільняти в них у високих локальних концентраціях іони  $Ag^+$  при дії окисників, у тому числі ендогенних [4, 5]. Одновалентне срібло є агресивним для клітин через його здатність інгібувати ферменти та мембранні транспортери, що містять тіолові групи [6].

У літературі існує велика кількість експериментальних даних щодо токсичного впливу наночастинок срібла на різні біологічні об'єкти,



але вони інколи суперечать одні одним. Це можна пояснити відмінностями у розмірах та формі наночастинок, складу покриття їх поверхні, використання різних стабілізаторів частинок у розчині, недостатньою тривалістю експерименту та обмеженим набором біомаркерів токсичності, що використовуються при вивченні наноматеріалів.

За даними літератури найбільша кількість срібла накопичується в органах у такому порядку: печінка > селезінка > нирки [7-9]. Показано здатність наночастинок срібла проникати через стінки кишківника, надходити у систему циркуляції та накопичуватись у внутрішніх органах. Автори зазначають, що на першій стадії не відбувається розчинення наносрібла у значній кількості, а навпаки, у випадку введення у шлунково-кишковий тракт розчинних форм срібла відмічається зворотній процес, а саме формування його металічних наночастинок у внутрішніх органах [10, 11].

Згідно інформації інших авторів, можливе захоплення клітинами різного типу наночастинок срібла, після чого під дією окисників (в тому числі, ендогенних) відбувається вивільнення іонів срібла, які мають здатність до незворотного інгібування ферментів та мембранних транспортних систем при зв'язуванні із тіоловими групами активних білків [12].

Встановлено, що поглинання клітинами наночастинок срібла включає ендоцитоз, опосередкований у ліпідному шарі, та енергетично незалежну дифузію [13]. Дослідження деградації показує, що наносрібло у клітинах розчиняється швидко і срібло окислюється до оксидів, а після цього стабілізується, утворюючи зв'язки із сіркою (Ag-S-) всередині клітини. Дослідження цитотоксичності показали, що наносрібло зменшує життєздатність клітин та збільшує вироблення активних форм кисню. Зменшенню цитотоксичності, викликаній впливом наносрібла або  $Ag^+$ , сприяє преінкубація з N-ацетил-L-цистеїном (ефективний антиоксидант та хелатор  $Ag^+$ ). Це дослідження свідчить про те, що цитотоксичність наносрібла пов'язана з внутрішньоклітинним вивільненням іонів срібла та наступним їх зв'язуванням із SH-групами амінокислот та білків, а

також цей процес впливає на функції білків та системи антиоксидантного захисту клітин.

Біологічна дія наносрібла залежить не лише від заряду, а і від форми та розміру наночасток. Численні дослідження показують, що значно вищі концентрації срібла в органах піддослідних тварин були саме при обробці наночастками срібла розміром 10 нм. Наприклад, токсичні ефекти (гепатоцелюлярний некроз, крововилив у жовчний міхур) були виявлені у мишей, яким вводили частинки 10 нм, в той час як у мишей, оброблених частинками 40 і 100 нм прояви були менш виражені [14]. Це підтверджує дані, отримані іншими дослідниками, про те, що із зменшенням розміру наночасток збільшується їх питома поверхня, і токсичність таких частинок для організму зростає. Таким чином, наночастки найменшого розміру (10 нм) є найбільш небезпечними.

Результати експериментальних досліджень щодо вивчення токсичних властивостей наночасток металів, у тому числі наносрібла, представлені різними авторами, суперечливі та неоднозначні, але переважно свідчать про можливі токсичні ризики, пов'язані із впливом наночасток на організм.

Останнім часом препарати наносрібла все частіше використовують у ветеринарній медицині та у сільськогосподарському виробництві для профілактики захворювань у теплокровних тварин, зокрема у птахів, які вирощують для споживання м'ясної продукції та яєць [15, 16]. У сучасних умовах існує необхідність вводити у раціон сільськогосподарської птиці біологічно активні речовини, комплексні препарати, нанопрепарати, які сприяють підвищенню стійкості організму, продуктивності, зниженню затрат кормів та покращенню якості продукції. Використання колоїдного срібла для курчат стимулює місцеві механізми захисту слизових оболонок трахеї та ротоглотки, що виражається у збільшенні кількості фагоцитуючих лейкоцитів і клітин епітелію та їх адсорбуючої здатності. Випоювання птиці колоїдним сріблом посилює еритропоез та лейкопоез, підвищує дихальну функцію еритроцитів за рахунок збільшення кількості гемоглобіну [17]. Крім того, засоби наносрібла

застосовують для дезінфекції яєць з метою подовження терміну їх зберігання. У зв'язку з цим, зростає розповсюдження наночасток срібла у харчових ланцюгах, що може призвести до несприятливих наслідків [18-20]. Таким чином, питання вивчення шляхів безпечного застосування срібла у нанодисперсному стані є актуальним і вкрай важливим.

**Мета роботи** – визначення токсичної дії наносрібла на організм та наукове обґрунтування безпечного застосування засобів, що містять наночастки срібла.

**Об'єкти дослідження** – дезінфекційний засіб, що містить наночастки срібла; яйця, органи і м'язова тканина одомашнених перепелів; органи піддослідних щурів; культури клітин.

**Методи дослідження.** Для розв'язання поставлених завдань було обрано як традиційні токсикологічні методи досліджень (визначення параметрів гострої токсичності при введенні в шлунок білих щурів; визначення параметрів гострої токсичності при нанесенні на шкіру мурчаків; вивчення шкірно-подразнюючих та сенсibiliзуючих властивостей), так і альтернативний токсикологічний метод досліджень (метод експрес-оцінки загальної токсичності з використанням культури клітин).

В основі методу експрес-оцінки загальної токсичності з використанням культури клітин полягає аналіз змін залежності показника рухливості сперматозоїдів бика від часу. Оцінка показника рухливості здійснюється підрахунком зміни інтенсивності світлового потоку при пересуванні сперматозоїдів через оптичну зону. Дослідження проводили за оцінкою рухливості сперматозоїдів із застосуванням аналізатору токсичності типу АТ-05.

Показник рухливості  $m = f(t)$  визначено як

$$m = a \times c \times V, \quad (1)$$

де:  $a$  – постійний коефіцієнт;  
 $c$  – концентрація рухливих клітин;  
 $V$  – середній модуль швидкості руху клітин.

Для визначення ступеня токсичності досліджуваного зразку необхідно порівняти його з контрольним середовищем, який є розчином глюкози (4 %) та цитрату натрію трьохзаміщеного (1 %) у дистильованій воді. В кожен пробірку з контрольним та дослідним розчинами додають певну кількість маточної суспензії сперматозоїдів.

Для кожної проби робочих розчинів реєструється залежність  $m = f(t)$ . За ступінь токсичності досліджуваного розчину приймають величину індексу токсичності  $I_t$ , який може приймати значення від 0 до 100 % і більше у випадку стимуляції досліджуваним розчином життєдіяльності спермійів. Оцінка результатів випробувань здійснюється шляхом порівняння отриманих значень індексів токсичності для досліджуваних зразків та допустимого інтервалу індексу токсичності [21].

Визначення кількості срібла у яйцях, м'язовій тканині перепелів та органах піддослідних щурів проводили методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії; попередньо була проведена пробопідготовка, яка полягає у мінералізації проб. *Мінералізація – це повне руйнування органічних речовин проби, яка досліджується, при нагріванні з концентрованими мінеральними кислотами з наступним високотемпературним озоленням.*

Мінералізацію проб тканин і харчових яєць перепелів проводили у декілька етапів згідно [22]:

1. У наважку проби (не більше 2 г) додавали розчин азотної кислоти (1:1) та нагрівали, поступово підвищуючи температуру нагріву. Після випаровування кислоти додавали її по краплях до повного обвуглювання зразку. Час обвуглювання – 6-8 годин.

2. По закінченні обвуглювання мінералізацію проводили у муфельній печі при температурі 450°C протягом 8 годин. На виході отримували золу білого або злегка забарвленого кольору без обвуглених частинок. При необхідності процедуру повторювали.

3. Отриману золу змочували азотною кислотою та випарювали кислоту до утворення вологих солей.

4. Додавали розчин 1 н. азотної кислоти та проводили фільтрування зразків, доводячи до об'єму 10 мл.

5. Отримані розчини аналізували на атомно-абсорбційному спектрофотометрі типу КАС-120.1 при довжині хвилі 328,1 нм.

6. Розраховували концентрацію срібла у мг/кг проби за формулою:

$$C_x = \frac{(C_{\text{пр}} - C_{\text{хол}}) \cdot V}{m} \quad (2),$$

де:  $C_{\text{пр}}$ ,  $C_{\text{хол}}$  – концентрація елемента, знайдена за калібровочним графіком у зразку та холостій пробі відповідно, мг/л ;

$V$  – об'єм розчину проби, що містить срібло, мл;

$m$  – наважка зразку, г.

Метод атомно-абсорбційної спектрофотометрії ґрунтується на вимірюванні поглинання (абсорбції) резонансної лінії вільними атомами елемента, який досліджується, при проходженні світла через атомну пару досліджуваного зразка [23, 24].

Метод атомно-абсорбційної спектроскопії широко використовується при аналізі широкого спектру матеріалів. Це пояснюється тим, що він має високу експресність та точність. Перевагою його перед багатьма іншими методами аналізу в тому, що він має високу селективність, низькі межі виявлення елементів, просту підготовку проб до аналізу, оскільки у багатьох випадках немає необхідності у проведенні операцій, пов'язаних із визначенням заважаючих елементів. Крім того, цей метод дає можливість визначення декількох елементів у одному розчині за єдиною методикою з отриманням кінцевих результатів у одиницях концентрації.

Для обробки отриманих результатів використовували методи математичної статистики [25].

Для оцінки функціонального стану основних ланок метаболізму (вуглеводного, ліпідного та білкового) в організмі піддослідних тварин визначали відповідні біохімічні показники: вміст глюкози, холестерину, білка, сечовини, активність амінотрансфераз та лужної фосфатази.

Визначення вмісту загального білка має велике значення для характеристики функціональних станів організму, які супроводжуються синдромом гіпер-, гіпо- та парапротеїнемії. Білки входять до складу всіх клітинних компонентів організму та міжклітинних структур, виконуючи каталітичну, структурну, регуляторну, рецепторну, транспортну, механічну, захисну та інші функції. Білковий спектр кожного організму зумовлює особливу роль білків в оцінці функціонального стану організму. Концентрацію загального білку у біологічному матеріалі визначали біуретовим методом з використанням реактиву Фоліна в модифікації Peterson [26].

Для характеристики білкового обміну важливу роль має визначення вмісту кінцевих продуктів обміну білка – залишкового азоту, майже 50 % якого складає сечовина. Сечовина синтезується з аргініну в циклі Кребса у гепатоцитах [27]. Рівень сечовини в крові визначали діацетилмонооксимним методом.

Рівень глюкози в організмі тісно пов'язаний з вмістом білку та сечовини і може свідчити про функціональні пошкодження нирок при інтоксикації хімічними речовинами. Глюкоза – основний представник вуглеводів плазми крові, основне джерело енергії в організмі. Завдяки тому, що глюкоза представлена альдегідною формою, вона має відновлюючі властивості. З кров'ю воротної вени вона надходить до печінки, частково затримується гепатоцитами, а частково потрапляє в загальний кровоток і використовується клітинами і тканинами. Вміст глюкози в крові та органах визначали глюкозооксидазним методом [28].

Важливим показником ліпідного обміну є холестерол [29]. Холестерин, як і інші ліпіди, транспортується в крові у складі ліпопротеїнів. Ліпопротеїни низької густини є основною транспортною формою холестерину від печінки до периферичних тканин. І навпаки, холестерин, що виділяється з плазматичних мембран, транспортується у печінку у складі ліпопротеїнів високої густини. Холестерин, що надходить у печінку у складі ліпопротеїнів високої густини, частково виводиться у формі вільного холестерину або його ефірів.

Порушення вмісту холестерину характеризує ступінь порушення обміну ліпідів та ліпопротеїнів. Гіперхолестеринемічний стан розвивається в процесі порушення вуглеводного обміну. Гіпохолестеринемія виникає при зниженому синтезі холестерину у печінці під час дії токсичних речовин, що супроводжується ураженням печінки. Визначення вмісту холестерину в сироватці крові є розповсюдженим показником стану ліпідного та вуглеводного обмінних процесів під впливом факторів довкілля. Метод визначення холестерину засновано на застосуванні ферментативного окислення в присутності пероксиду водню [29].

Продукт розпаду гемового компонента гемоглобіну утворюється в клітинах ретикуло-ендотеліальної системи і з крові транспортується в клітини печінки. Рівень концентрації білірубину в крові характеризує з одного боку, швидкість розпаду гемопротеїдів в еритроцитах, а з другого – порушення метаболізму в гепатоцитах, що важливе для оцінки функціонального стану організму під впливом токсичних агентів. Визначення вмісту загального білірубину в сироватці крові засновано на реакції з сумішшю діазореактивів [28].

Процеси підтримки концентрації та основних функцій біохімічних субстратів, реакцій їх трансформації залежать від стану активності ряду ферментів, що беруть участь у регуляції мембранного транспорту при дії різних екзогенних впливів [30].

Метаболічне перетворення амінокислот здійснюють ферменти аспартатамінотрансфераза (АСТ) та аланінамінотрансфераза (АЛТ). Аспартатамінотрансфераза (АСТ; глутамат-оксалоацетаттрансаміназа, КФ 2.6.1.1) каталізує реакцію переамінування до оксалоацетата. У ссавців найбільш висока активність АСТ відмічена у печінці, нервовій тканині, скелетних м'язах та міокарді.

Аланінамінотрансфераза (АЛТ; глутамат-піруваттрансаміназа КФ 2.6.1.2) каталізує реакцію переамінування до пірувату. АЛТ – друга активна амінотрансфераза, присутня у багатьох органах: печінці, скелетних м'язах, міокарді, підшлунковій залозі. Найбільше АЛТ міститься у гепатоцитах і є основним діагностичним ферментом деструкції тканин печінки [29].

Гідролітичне розщеплення фосфорно-ефірних зв'язків органічних сполук забезпечує лужна фосфатаза, яка відіграє важливу роль в процесах обміну вуглеводів, нуклеотидів, ліпідів в організмі. Лужна фосфатаза міститься практично в усіх тканинах організму, у кістковій тканині, паренхімі та стінках жовчних проток печінки, проксимальних відділах звитих каналців нирок. Завдяки своїй локалізації у клітинній мембрані, фермент приймає участь у процесі транспортування біологічно активних сполук.

Активність лужної фосфатази плазми крові може характеризувати функціональні порушення при екзогенному впливі. Метод визначення концентрації лужної фосфатази базується на вимірі швидкості гідролізу різних фосфатних ефірів [31, 32].

Таким чином, стан метаболічних показників може характеризувати ступінь порушень структурно-функціональних процесів в організмі під впливом несприятливої дії зовнішніх чинників. З урахуванням інформативності зазначених показників було використано комплекс взаємопов'язаних біохімічних показників для визначення біологічного ефекту дії.

Дослідження проводили на біохімічному аналізаторі «Stat Fax - 1904» та імуноферментному аналізаторі «Stat Fax – 303 Plus» (USA) стандартними загальноприйнятими методами та за допомогою діагностичних тест-наборів фірми «Sentinel» (Італія). Основні методичні принципи ґрунтуються на визначенні оптичної густини у стандартних точках при визначенні субстратів або зміни швидкості реакції у режимі кінетики для визначення ферментативної активності за середньою зміною поглинання за хвилину.

Гематологічні дослідження виконані згідно з загальноприйнятими методиками [33]. Нормальний рівень динамічної рівноваги складу крові підтримується постійним руйнуванням та поповненням складу морфологічних елементів крові, який оцінюється підрахунком кількості еритроцитів та лейкоцитів периферичної крові. Кількісні зміни лейкоцитів свідчать про реактивну здатність організму до швидкого перерозподілу в крові і можуть бути визначені підрахунком лейкоцитарної формули.



Паралельно проводилось визначення концентрації гемоглобіну в крові. Фізіологічне значення цього показника ілюструє кооперативний характер зв'язування кисню гемоглобіном, що забезпечує транспортну функцію білка.

Гематологічні дослідження здійснювали за допомогою автоматичного гематологічного аналізатора PCE – 90 Vet фірми НТІ (США).

Лейкоцити та еритроцити підраховували та вимірювали за методом Coulter, який оснований на вимірюванні змін електричного опору. Рівень гемоглобіну визначали колориметричним методом.

Обрахунок і аналіз отриманих даних проводили з використанням загальноприйнятих методів статистичної обробки результатів медико-біологічних досліджень (визначення середньо-арифметичних величин досліджуваних показників, стандартної похибки, квадратичного відхилення) з обчисленням t-критерію Ст'юдента [34, 35].

Наведений комплекс методів досліджень дозволяє визначити особливості формування реакцій відповіді організму піддослідних тварин на дію різних концентрацій досліджуваної речовини.

**Результати досліджень.** При визначенні токсикологічної характеристики дезінфекційного засобу, що містить наночастки срібла, традиційними токсикологічними методами встановлено, що при пероральному шляху надходження засіб відноситься до IV класу безпеки (малонебезпечні речовини) за ГОСТ 12.1.007-76. При нанесенні на шкіру засіб також належить до малонебезпечних речовин (IV клас безпеки за ГОСТ 12.1.007-76 (1999) МУ 1.2.1105-02. Засіб не має місцево-подразнюючої дії на шкіру та слизові оболонки очей; не проявляє сенсibiliзуючої дії.

Результати визначення гострої токсичності засобу на основі наносрібла методом експрес-оцінки загальної токсичності з використанням культури клітин показали, що індекси токсичності розчинів у концентраціях 0,01 та 0,02 % відповідають значенням 106 та 112 % відповідно, що знаходиться у межах від 70 до 120 % і

відповідає визначенню «нетоксично». А 0,03 % розчин проявляє незначну токсичну дію (індекс токсичності становить 58 %).

Таким чином, за результатами експериментальних досліджень отримано параметри гострої токсичності засобу на основі наносрібла, які наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

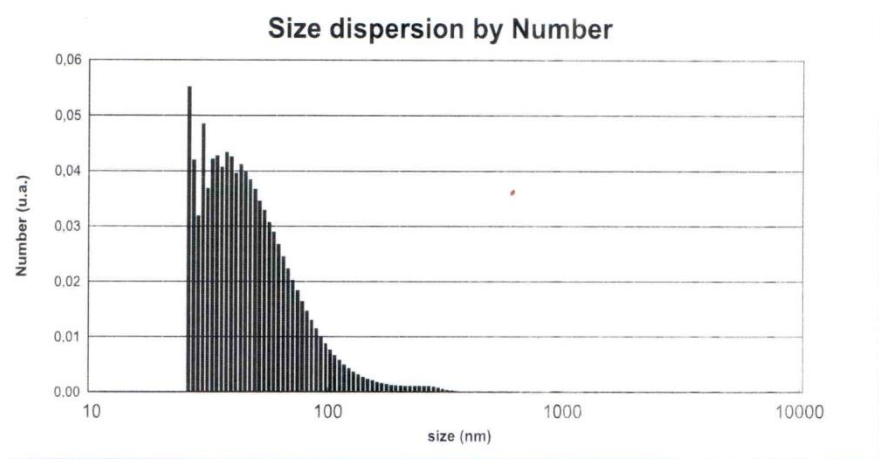
### Параметри токсикометрії засобу на основі наносрібла

Показники токсикометрії	Величина показника
LD <sub>50</sub> при введенні в шлунок	більше 5000 мг/кг
LD <sub>50</sub> при нанесенні на шкіру	більше 3000 мг/кг
Індекс шкірно-подразнюючої дії на шкіру	0 балів
Індекс подразнюючої дії на слизові оболонки очей	0 балів
Індекс сенсibiliзуючої дії	0 балів
Індекс токсичності:	
0,01 % розчин	106
0,02 % розчин	112
0,03 % розчин	58

Численні дослідження вчених свідчать про те, що токсичність наночастинок металів безпосередньо пов'язана з їх фізико-хімічними властивостями, насамперед – з величиною вільної поверхні частинок, яка зумовлює високу хімічну активність та високу здатність щодо приникнення в організм. Величина вільної поверхні залежить від розміру наночастинок : чим менший розмір частинок, тим більшою є площа вільної поверхні та ступінь токсичності наноматеріалу. Тому наступним нашим завданням було визначення розмірів наночастинок срібла у розчині засобу, що містить наночастки срібла.

Розчин з наночастками срібла аналізували за методом динамічного розсіювання світла на лазерному аналізаторі розмірів частинок «DinaSizer» («Fritsch», Німеччина). Аналіз розчину показав присутність наночастинок розміром від 25 нм, середній розмір

наночастинок – 53 нм. Розподіл наночастинок срібла у досліджуваному розчині представлено у графічному зображенні (рисунок 1).



**Рис. 1 – Розподіл наночастинок за розмірами у розчині засобу на основі наносрібла**

Для встановлення особливостей накопичення наносрібла в органах, тканинах і харчових яйцях птахів проведено дослідження на перепелах породи Фараон. Дослідження проводилось у декілька етапів.

На першому етапі встановлювали накопичення срібла у харчових яйцях перепелів. Було сформовано методом аналогів 4 групи птахів 40-добового віку по 10 голів кожна (1 контрольна та 3 дослідні). У дослідних групах протягом 30 діб перепілок випоювали вволю розчином дезінфекційного засобу, що містить наночастки срібла, у концентраціях 0,01; 0,02; 0,03 %. Експлуатація перепілок відбувалась впродовж 6 місяців, після чого оцінювали накопичення срібла у яйцях.

На другому етапі досліджень проводили визначення кількості срібла у м'язовій тканині та в органах (легенях, мозку та печінці) перепелів при вирощуванні. Було сформовано 4 групи птахів добового віку по 6 голів кожна: 1 контрольна та 3 дослідні. В дослідних групах

впродовж 21 доби перепелів випоювали вволю розчином наносрібла у концентраціях 0,01; 0,02; 0,03 %. В кінці вирощування у віці 49 днів було проведено розтин птиці по 3 самця та 3 самки з кожної групи. Вирощування та випоювання перепілок проводили на базі навчально-науково-виробничої перепелиної ферми Миколаївського національного аграрного університету співробітниками кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції (під керівництвом д.с.-г. наук Патревої Л.С.).

На рисунку 2 наведено результати досліджень процесу накопичення срібла у тканинах та яйцях перепелів.



**Рис. 2 – Накопичення срібла у тканинах та яйцях перепелів при випоюванні їх розчином, що містить наночастки срібла**

Як видно з рисунку 2, найбільше накопичення срібла спостерігається у м'язовій тканині перепелів, певна кількість срібла накопичується і у яйцях птахів – тобто процес накопичення відбувається у їстівних частинах перепелів, які споживаються людиною.

Аналізуючи процес накопичення срібла у яйцях перепелів при впоюванні їх розчином, що містить наночастки срібла, виявлено, що кількість накопиченого срібла збільшувалась у їстівній частині яєць перепелів зі збільшенням концентрації розчину, причому спостерігається дозозалежний ефект. Так, середній вміст срібла у їстівній частині яєць перепелів групи, що отримувала максимальне навантаження наносріблом, більше у 2,2 рази порівняно з контрольною групою. Такі результати свідчать про залежність кількості срібла в яйцях від дози, яку отримує перепілка-несучка при впоюванні.

Встановлено, що при впоюванні перепелів розчином наносрібла відбувається дозозалежне накопичення срібла в печінці, легенях та головному мозку птахів. Визначено, що найвищі кумулятивні властивості має головний мозок перепелів: середній вміст срібла у мозку птахів при пероральному надходженні наносрібла вище у 2,5-3,7 разів порівняно з контрольною групою.

Результати дослідження вмісту срібла у м'язовій тканині перепелів показали, що у м'язовій тканині срібло теж накопичується в залежності від дози наносрібла, отриманого перепелами (таблиця 3). Наприклад, у м'ясі перепелів III групи, що впоювались розчином засобу на основі наносрібла з концентрацією 0,03 %, середній вміст срібла вище у 13,9 разів порівняно з контрольною групою, що свідчить про залежність вмісту накопиченого срібла у м'язовій тканині перепелів від концентрації розчину наносрібла для впоювання.

Таблиця 3

**Визначення вмісту срібла у м'язовій тканині перепелів методом атомно-абсорбційної спектроскопії**

Група	Вміст срібла, мг/кг (n = 18)
Контроль	0,024 ± 0,009
I (0,01 % розчин)	0,066±0,006
II (0,02 % розчин)	0,092±0,037*
III (0,03 % розчин)	0,334 ± 0,001*

Примітка: \* – p<0,05

Проведено порівняння вмісту срібла у м'язовій тканині самок і самців. Як показали результати, інтенсивніше процес накопичення срібла відбувається у самок перепелів (таблиця 4). Наприклад, концентрація срібла у м'ясі самок III групи, що випоювались 0,03 % розчином наносрібла, у 21,7 рази вище порівняно з контрольною групою; а середній вміст срібла у м'ясі самців цієї ж дослідної групи – у 9,2 рази вище порівняно з контролем. Такі результати можна пояснити тим, що самки перепелів випивають більшу кількість води порівняно з самцями, отже, і кількість наносрібла, що надходить в їх організм, буде більшою. Крім того, певне значення має і підвищений обмін речовин у самок перепелів.

Таблиця 4

**Порівняння накопичення срібла в м'ясі перепелів у залежності від статі**

Група	Вміст срібла, мг/кг			
	кількість птахів у групі	самки (n = 9)	кількість птахів у групі	самці (n = 9)
Контроль	3	0,018 ± 0,017	3	0,030 ± 0,008
I (0,01 % розчин)	3	0,070 ± 0,010*	3	0,062 ± 0,011*
II (0,02 % розчин)	3	0,109 ± 0,014*	3	0,076 ± 0,002*
III (0,03 % розчин)	3	0,391 ± 0,012*	3	0,277 ± 0,013*

Примітка: \* –  $p < 0,05$

Таким чином, отримані результати свідчать про залежність вмісту накопиченого срібла у м'язовій тканині та харчових яйцях перепелів від концентрації розчину для випоювання, що містить наночастки срібла.

Відомо, що в Україні щорічно здійснюють забій 7-8 тисяч перепелів, що дає 1,2-1,3 тонн м'яса. Розрахунки річного споживання

м'яса перепелів людиною показали, що в середньому людина за рік споживає 28,2-30,6 мг цієї м'ясної продукції і при цьому отримує дозу срібла на рівні 0,0094-0,0102 мкг, враховуючи вміст срібла у м'ясі перепелів III групи, що випоювали розчином наносрібла у максимальній концентрації. Якщо взяти до уваги той факт, що в Україні вживання у їжу перепелів залишається ще не досить розповсюдженим, то можна розрахувати дози срібла, які буде отримувати людина за рік, споживаючи куряче м'ясо, оскільки курей теж випоюють розчинами засобів наносрібла. В Україні щорічне споживання курячого м'яса становить 23,5-24,4 кг на душу населення. Людина, споживаючи продукцію з м'яса курей, отримує в середньому дозу срібла на рівні 7,8-8,1 мг за рік і 546-567 мг за життя (70 років).

ВОЗ визначила для срібла максимальну дозу, яка не спричиняє шкідливого впливу на здоров'я людини (рівень NOAEL) – 10 г. Таким чином, за методикою ВОЗ людина, яка отримала з їжею та водою за своє життя (70 років) сумарно 10 г срібла, гарантовано не повинна мати через це ніяких проблем зі здоров'ям. Таким чином, розрахована доза срібла для людини, що споживає куряче м'ясо, становить 0,056 від рівня NOAEL і є безпечною для людини.

Наступним етапом роботи було визначення вмісту срібла в органах піддослідних щурів при випоюванні їх вволю розчином наносрібла у концентраціях 0,0056; 0,0168; 0,0504 мг/л.

Аналізуючи отримані результати дослідження, спостерігаємо дозозалежне накопичення срібла в печінці, нирках та головному мозку піддослідних щурів (таблиця 5). Так, середній вміст срібла у печінці щурів III групи (з максимальним навантаженням наносріблом) при випоюванні протягом 180 діб більше у 4,3 рази порівняно з контрольною групою.

Таблиця 5 – Порівняння вмісту срібла в органах підослідних шурів різних груп відносно контролю при впоюванні розчином, що містить наносрібло

Період впоювання	Групи			
	контроль	I група	II група	III група
<b>Вміст срібла в печінці, мг/кг (n=3)</b>				
Фон	0,025±0,010			
30 діб	0,008 ± 0,004	0,016±0,005	0,018±0,003	0,004±0,006
90 діб	0,014±0,005	0,029±0,003	0,025±0,005	0,080±0,023
120 діб	0,026±0,006	0,042±0,003	0,061±0,008	0,098±0,030
180 діб	0,030±0,019	0,056±0,003	0,101±0,045	0,128±0,021
<b>Вміст срібла в нирках, мг/кг (n=3)</b>				
Фон	0,028 ± 0,006			
30 діб	0,008±0,002	0,013±0,007	0,015±0,003	0,018±0,008
90 діб	0,011±0,004	0,019±0,004	0,028±0,013	0,033±0,004*
120 діб	0,017±0,006	0,023±0,004	0,058±0,003**	0,097±0,039
180 діб	0,026±0,001	0,045±0,003**	0,097±0,020*	0,116±0,069
<b>Вміст срібла в мозку, мг/кг (n=3)</b>				
Фон	0,034±0,020			
30 діб	0,009±0,002	0,011±0,012	0,020±0,003*	0,018±0,003*
90 діб	0,013±0,004	0,016±0,007	0,039±0,020	0,031±0,015
120 діб	0,031±0,003	0,044±0,004	0,056±0,014	0,122±0,003**
180 діб	0,052±0,007	0,055±0,011	0,157±0,034*	0,217±0,002**

Примітка: \* – p<0,05; \*\* – p<0,01



У нирках піддослідних щурів срібло теж накопичується в залежності від дози наносрібла, отриманого при випоюванні. Виявлено, що у нирках щурів I групи, які випоювались розчином наносрібла з концентрацією 0,0056 мг/л, середній вміст срібла вище в 1,7 разів порівняно з контрольною групою, а такий же показник для щурів III групи, що отримували розчин наносрібла з концентрацією 0,0504 мг/л, вище у 4,5 разів у порівнянні з контрольною групою (термін випоювання становив 180 діб). Аналогічні тенденції накопичення срібла можна спостерігати і для мозку піддослідних щурів, де показники вмісту срібла у II та III групах досягли достовірних значень при випоюванні 30 та 180 діб (таблиця 5).

Результати, наведені в таблиці 6, свідчать про залежність вмісту срібла в органах піддослідних щурів від тривалості випоювання у межах групи. Виявлено, що кількість срібла у нирках щурів III групи після 180 діб випоювання була у 6,4 рази, у мозку – в 12,1 рази, а у печінці – в 32 рази більше у порівнянні з такими показниками у щурів тієї ж групи після 30 діб випоювання.

Слід зазначити, що в органах контрольної групи щурів теж було присутнє срібло, що може бути пов'язане з вмістом деякої кількості срібла у кормах, яким годують піддослідних щурів.

Таблиця 6

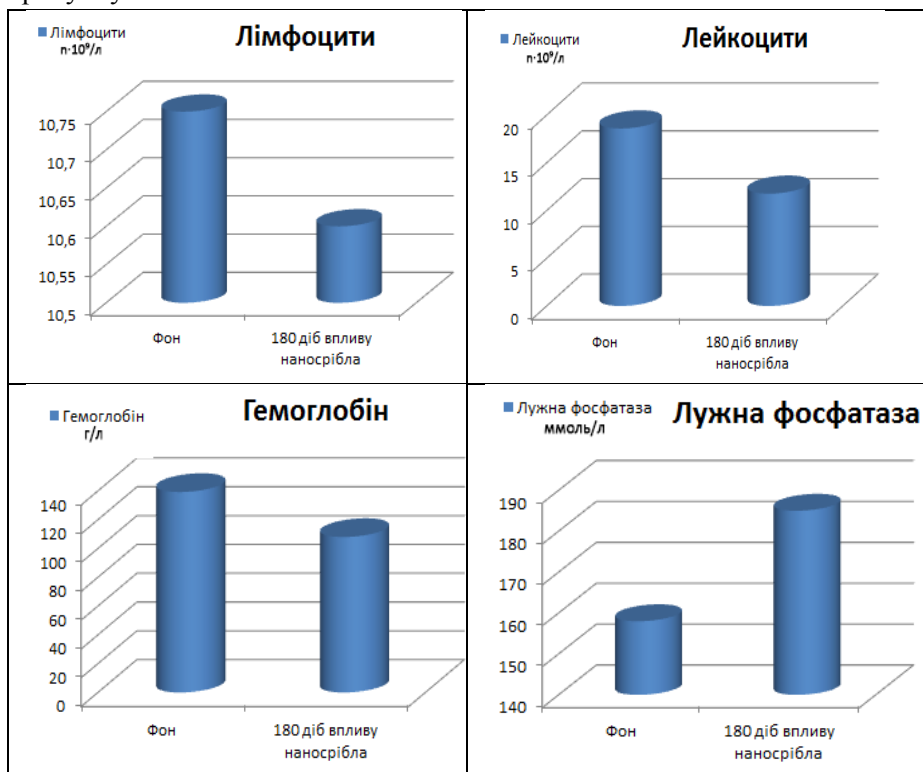
**Накопичення срібла в органах підослідних щурів при впоюванні їх розчином, що містить наносрібло, з часом у межах групи**

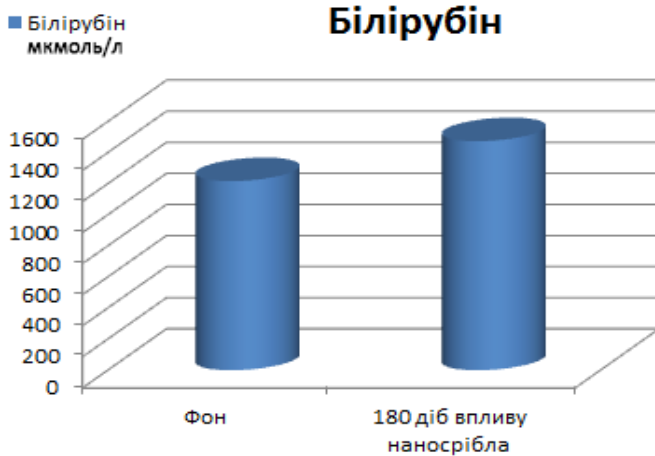
Період впоювання	Групи			
	30 діб	90 діб	120 діб	180 діб
<b><i>Вміст срібла в печінці, мг/кг (n=3)</i></b>				
Контроль	0,008±0,005	0,014±0,005	0,026±0,006	0,030±0,019
I група	0,016±0,005	0,029±0,003	0,042±0,003**	0,056±0,003**
II група	0,018±0,003	0,025±0,005	0,061±0,008**	0,101±0,045
III група	0,004±0,006	0,080±0,023	0,098±0,030	0,128±0,021*
<b><i>Вміст срібла в нирках, мг/кг (n=3)</i></b>				
Контроль	0,008±0,002	0,011±0,004	0,017±0,006	0,026±0,001**
I група	0,013±0,007	0,019±0,003	0,023±0,004	0,045±0,003*
II група	0,015±0,003	0,028±0,012	0,058±0,003**	0,097±0,020*
III група	0,018±0,008	0,033±0,004*	0,094±0,039	0,116±0,069
<b><i>Вміст срібла в мозку, мг/кг (n=3)</i></b>				
Контроль	0,009±0,002	0,013±0,004	0,031±0,003**	0,053±0,006**
I група	0,011±0,012	0,016±0,007	0,044±0,004	0,055±0,011
II група	0,020±0,003	0,039±0,020	0,056±0,014	0,157±0,034*
III група	0,018±0,003	0,031±0,015	0,122±0,003**	0,217±0,002**

Примітка: \* – p&lt;0,05;

\*\* – p&lt;0,01

Отже, отримані результати свідчать про дозозалежне накопичення срібла в печінці, нирках та головному мозку щурів, найвищі кумулятивні властивості проявляє печінка піддослідних щурів. Це підтверджується даними, отриманими при визначенні біохімічних показників в органах експериментальних щурів. Дослідження проведені на білих безпородних щурах в умовах хронічного експерименту. На початку експерименту були проведені фонові визначення за всіма показниками. Загальний аналіз крові та підрахунок лейкоцитарної формули у щурів контрольної групи та щурів піддослідних груп був проведений на всіх етапах експериментальних досліджень. Результати досліджень з визначення біохімічних показників в органах піддослідних щурів представлено на рисунку 3.





**Рис. 3 – Токсичний вплив наносрібла при накопиченні в органах підослідних щурів (доза – 1,134 мг/кг)**

Отримані результати показали, що при надходженні наносрібла в організм спостерігається порушення показників метаболічних процесів в органах та тканинах підослідних щурів. Така тенденція до дисбалансу показників може бути своєрідним індикатором метаболічних компенсаторних перебудов в організмі під впливом несприятливих умов. Слід зазначити, що за невисокого рівня вмісту срібла у питній воді – малі дози на рівні ГДК, чи підпорогові – ефект може проявлятися при тривалому часі дії. Разом з тим, коливання значень показників в контрольній та підослідних групах тварин через 180 днів дії досліджуваного фактора можна пояснити впливом біологічних ритмів на активність досліджуваних ферментів та сезонними коливаннями, що обумовлено особливостями біохімічних процесів на рівні клітин, тканин, органів, систем та організму в цілому.

Виявлено, що після 180 днів випоювання щурів розчином наносрібла спостерігались достовірні зміни біохімічних показників: зниження абсолютної кількості лейкоцитів майже у 2 рази та підвищення абсолютної кількості тромбоцитів у щурів, яких

випоювали розчином наносрібла у концентрації 0,0504 мг/л; зниження абсолютної кількості лімфоцитів у всіх експериментальних групах тварин більше ніж у 50 %, зниження рівня гемоглобіну в крові у всіх групах тварин. Встановлено достовірне підвищення рівня лужної фосфатази в сироватці крові майже у 1,5 рази та підвищення вмісту білірубіну в тканинах печінки щурів, які отримували розчин наносрібла у концентрації 0,0504 мг/л. Такі зміни біохімічних показників свідчать про ураження печінки та розвиток патологічних станів.

Результати хронічного експерименту, проведеного на білих безпородних щурах, показали, що концентрація наносрібла на рівні або менше ГДК срібла у питній воді ( $\leq 0,0168$  мг/л), яка надходила в організм щурів, не викликала порушення показників метаболічних процесів в органах і тканинах. При тривалому часі впливу наносрібла на організм щурів (після 180 діб) можна спостерігати достовірні зміни деяких біохімічних показників, але ці зміни у більшій мірі стосуються щурів, які отримували наносрібло у концентрації на рівні 3 ГДК срібла у питній воді (0,0504 мг/л). Розрахунки показали, що при такій сумарній дозі срібла (1,134 мг/кг) відбуваються порушення показників метаболічних процесів в органах і тканинах, що свідчить про токсичний вплив наносрібла на організм.

Таким чином, рівень надходження наносрібла в організм з питною водою та харчовими продуктами не повинен перевищувати концентрацію на рівні ГДК срібла у питній воді.

## **ВИСНОВКИ**

1. Отримано токсикологічну характеристику дезінфекційного засобу, що містить наносрібло, який застосовували для випоювання одомашнених перепелів та піддослідних щурів. Встановлено, що засіб є малонебезпечним при пероральному шляху надходження та при нанесенні на шкіру, не має місцево-подразнюючої та сенсibiliзуючої дії. Аналіз розчину наносрібла, проведений методом динамічного розсіювання світла, показав присутність наночасток срібла розміром від 25 нм, середній розмір наночастинок – 53 нм.

2. Виявлено, що при випоюванні перепелів-несучок розчином наносрібла відбувається перехід срібла із материнського організму в яйця, причому із збільшенням концентрації розчину наносрібла, який отримували перепели, зростає вміст срібла у їстівній частині яйця.

3. Встановлено дозозалежне накопичення срібла у м'язовій тканині та в органах одомашнених перепелів (печінці, легенях та головному мозку) при випоюванні їх розчином наносрібла. Визначено, що найвищі кумулятивні властивості має головний мозок перепелів: середній вміст срібла у мозку птахів при пероральному надходженні наносрібла вище у 2,5-3,7 разів порівняно з контрольною групою.

4. Розраховано, що людина, споживаючи продукцію з м'яса птахів (на прикладі курей), отримує в середньому дозу срібла на рівні 7,8-8,1 мг за рік і 546-567 мг за життя (70 років), що становить 0,056 від рівня максимальної безпечної дози (NOAEL) і є безпечною для людини.

5. Показано, що після 180 діб випоювання щурів розчином наносрібла спостерігались достовірні зміни біохімічних показників: зниження абсолютної кількості лейкоцитів майже у 2 рази та підвищення абсолютної кількості тромбоцитів у щурів, яких випоювали розчином наносрібла у концентрації 0,0504 мг/л; зниження абсолютної кількості лімфоцитів у всіх експериментальних групах тварин більше ніж у 50 %, зниження рівня гемоглобіну в крові у всіх групах тварин. Встановлено достовірне підвищення рівня лужної фосфатази в сироватці крові майже у 1,5 рази та підвищення вмісту білірубіну в тканинах печінки щурів, які отримували розчин наносрібла у концентрації 0,0504 мг/л. Такі зміни біохімічних показників свідчать про ураження печінки та розвиток патологічних станів.

6. Виявлено, що найбільші накопичувальні властивості щодо наносрібла проявляє печінка піддослідних щурів, що підтверджується достовірним підвищенням значень біохімічних показників у печінці щурів і свідчить про токсичний вплив нанорозмірного срібла на організм у концентрації 0,0504 мг/л.

7. Встановлено, що при застосуванні дезінфекційних засобів, що містять нанорозмірне срібло, для дезінфекції води залишкова кількість наносрібла у питній воді не повинна перевищувати 0,05 мг/л.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кульский Л.А. Серебряная вода / Л.А. Кульский. – К.: Освіта, 1977. – 176 с.

2. Ершов Ю.А. Механизмы токсического действия неорганических соединений / Ю.А. Ершов, Т.В. Плетнева. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.

3. Park H.G. Nanomaterial regulatory policy for human health and environment / H.G. Park, M.K. Yeo // *Molecular & Cellular Toxicology*. – 2016. – Vol. 12, № 3. – P. 223-236.

4. Lubick N. Nanosilver toxicity: ions, nanoparticles – or both? / N. Lubick // *Environ. Sci. Technol.* – 2008. – Vol. 42, № 23. – P. 8617.

5. Negligible particle-specific antibacterial activity of silver nanoparticles / Z.M. Xiu, Q.B. Zhang, Y.L. Puppala et al. // *Nano Lett.* – 2012. – Vol. 12, № 8. – P. 4271-4275.

6. Lapresta-Fernandez A. Nanoecotoxicity effects of engineered silver and gold nanoparticles in aquatic organisms / A. Lapresta-Fernandez, A. Fernandez, J. Blasco // *Trends Anal. Chem.* – 2012. – Vol. 32, № 2. – P. 40-59.

7. Twenty-eight-day oral toxicity, genotoxicity, and gender-related tissue distribution of silver nanoparticles in Sprague-Dawley rats / Y.S. Kim, J.S. Kim, H.S. Cho et al. // *Inhal. Toxicol.* – 2008. – Vol. 20, № 6. – P. 575-583.

8. Combined repeated-dose toxicity study of silver nanoparticles with the reproduction/developmental toxicity screening test / J.S. Hong, S. Kim, S.H. Lee et al. // *Nanotoxicology*. – 2014. – Vol. 8, № 4. – P. 349-362.

9. Изучение абсорбции и биораспределения наночастиц некоторых неорганических веществ, вводимых в желудочно-кишечный тракт крыс, с использованием метода радиоактивных индикаторов / Ю.П. Бузулуков, И.В. Гмошинский, Р.В. Распопов и др.

// Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2012. – Т. 57, № 3. – С. 5-12.

10. Distribution, elimination and toxicity of silver nanoparticles and silver ions in rats after 28-day oral exposure / M. Van der Zande, R.J. Vandebriel, E.V. Doren et al. // ACS Nano. – 2012. – Vol. 6, № 8. – P.7427-7442.

11. Идентификация наночастиц серебра в тканях слизистой оболочки тонкой кишки, печени и селезенки крыс методом просвечивающей электронной микроскопии / Т.А. Платонова, С.М. Придворова, А.В. Жердев и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2013. – Т. 155, № 2. – С. 204-209.

12. Toxicological studies on silver nanoparticles: challenges and opportunities in assessment, monitoring and imaging / M.C. Stensberg, Q. Wei, E.S. McLamore et al. // Nanomedicine (Lond.). – 2011. – Vol. 6, № 5. – P. 879-898.

13. Mechanisms of silver nanoparticle-induced toxicity and important role of autophagy / B.H. Mao, J.C. Tsai, C.W. Chen et al. // Nanotoxicology – 2016. – Vol10, № 8. – P. 1021-1040.

14. Tissue distribution and acute toxicity of silver after single intravenous administration in mice: nano-specific and size-dependent effects / C. Recordati, M. De Maglie, S. Bianchessi et al. // Part Fibre Toxicology. – 2016. – Feb 29;13:12. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26926244>

15. Тарасов М. Нанопрепараты для животноводства и птицеводства / М. Тарасов // Наноиндустрия. – 2012. –Т.34, № 4. – С. 54-57.

16. Неменуцкая Л.А. Оценка безопасности использования наноматериалов и нанотехнологий в АПК / Л.А. Неменуцкая // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 2 (179). – С. 31-33

17. Алексеева С.А., Зинина Е.Н. Местные факторы защиты слизистых оболочек и морфологические показатели крови при применении коллоидного серебра цыплятам // Рос. ветерин. журн. Сельскохозяйственные животные. – 2013. – № 1. – С. 11-12.



18. Биотестирование наноматериалов: о возможности транслокации наночастиц в пищевые сети / Ю.Н. Моргалёв, Н.С. Хоч, Т.Г. Моргалёва и др. // Российские нанотехнологии.– 2010. –Т.5, № 11-12. – С. 131-135.

19. Нанотехнологія у ветеринарній медицині / В.Б. Борисевич, Б.В. Борисевич, В.Г. Каплуненко та ін. – К. : Наноматеріали і нанотехнології, 2009. – 232 с.

20. Наноматеріали в біології. Основи нановетеринарії / В.Б. Борисевич, В.Г. Каплуненко, М.В. Косінов та ін. – К.: Авіцена, 2010. – 416 с.

21. Биотестирование продукции из полимерных и других материалов: метод. указания МУ 1.1.037-95 / Госкомсанэпиднадзор России. – М., 1996 – 11 с.

22. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: ГОСТ 26929-94. М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.

23. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія / М.В. Погорелов, В.І. Бумейстер, Г.Ф. Ткач и др. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 147 с.

24. Карякин А.В. Методы оптической спектроскопии и люминесценции в анализе природных и сточных вод / А.В. Карякин, И.Ф. Грибовская. – М.: Химия, 1987. – 304 с.

25. Рего К.Г. Метрологическая обработка результатов технических измерений / К.Г. Рего. – Киев : Техника, 1987. – 127 с.

26. Peterson G.L. Simplification of protein assay method of Lowry et al. – which is more generally applicable / G.L. Peterson // Anal. Biochem. – 1977. – Vol. 83. – № 2. – P. 346 -356.

27. Справочник по лабораторным методам исследования / под ред. Л.А. Даниловой. – СПб. : Питер, 2003. – 736 с.

28. Клінічна біохімія / за ред. О.П. Тимошенко. – К.: Професіонал, – 2005. – 288с.

29. Лабораторні тварини в медико-біологічних експериментах / В.П. Пішак, В.Г. Висоцька, В.М. Магальяс [та ін.]. – Чернівці : Мед університет, 2006. – 350 с.

30. Польшалина Г.В. Определение активности ферментов: Справочник / Г.В. Польшалина, В.С. Чередниченко, Л.В. Рымарева. – М.: Де Липринт, 2003. – С. 26-32.

31. Камышников В.С. Справочник по клинико–биохимической лабораторной диагностике. – в 2т. / В.С. Камышников. – Т. 2. – Минск : Беларусь, 2000. – 495 с.

32. Белоусова З.П. Токсичность химических соединений / З.П. Белоусова, П.П. Пуригин.– Самара: изд-во Самарского университета, 2004. – 111 с.

33. Руководство по клинической лабораторной диагностике / под ред. М.А. Базарновой. – К. : Вища школа, 1982. – С. 5-51.

34. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. – К., 2006. – 558 с.

35. Халафин А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных / А.А. Халафин. – М. : Бином-Пресс, 2007. – 512 с.

**ГІГІЄНИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ГРАНИЧНО  
ДОПУСТИМОГО НАВЧАЛЬНОГО  
НАВАНТАЖЕННЯ УЧНІВ У ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ  
НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ**

*Гозак С.В., Парац А.М., Єлізарова О.Т., Шумак О.В.,  
Філоненко О.О.*

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ**

Проблема гігієнічного обґрунтування гранично допустимого навчального навантаження учнів в закладах освіти стає актуальною у зв'язку з двома глобальними тенденціями, що спостерігаються у теперішній час в нашій країні, а саме: негативна динаміка погіршення здоров'я дитячого населення; підвищення рівня та інтенсивності навчального навантаження на дітей.

За даними науковців, найбільшу поширеність у школярів мають хвороби: органів дихання (317,6 ‰), ендокринної (298,9 ‰), кістково-м'язової (289,3 ‰) систем, органів травлення (240,1 ‰), захворювання та функціональні порушення системи кровообігу (237,9 ‰). Поширеність психічних розладів серед школярів збільшилася за останні 10 років у 2,5 рази і становить 390,3 ‰. Вони представлені переважно емоційними порушеннями, депресивними станами, розладами поведінки [1, 2]. Серед сучасних школярів частка дітей з хронічними захворюваннями зростає з (30-50) % серед першокласників до (47-75) % серед випускників шкіл [3, 4-8]. Уже за період навчання в початковій школі патологічна ураженість зростає з 2308,2 до 2715 ‰; частка здорових дітей зменшується з (10,8-11,3) % до (4,4-4,5) %, а дітей з хронічною патологією, навпаки, зростає з 35,1 до 43,0 % [1, 8-11].

За цей же період, тобто за останні 10-15 років, відбулися і тривають суттєві зміни у загальній середній освіті. Основні з них

стосуються структури навчального процесу, рівня навчального навантаження, змісту навчання. Зміни у рівні навчального навантаження стосуються, насамперед, підвищення кількості навчальних годин (уроків) на день і тиждень в усіх вікових групах школярів. На сьогодні Постановою Кабінету міністрів від 14.01.2012 № 24 затверджений Державний стандарт базової і повної середньої освіти, який оцінюється експертами Центру освітнього моніторингу як перевантажений змістом і багатопредметністю, що особливо стосується основної школи (5-9 клас). За даними литовських науковців школярі, які оцінюють навантаження як занадто високе, частіше хворіють, мають меншу тривалість сну, порушення відносин з батьками, у них переважають пасивні форми відпочинку [12].

Питання збереження здоров'я школярів та створення умов для навчання дітей є актуальним і в країнах Євросоюзу, що обговорюється на європейських і світових форумах та в літературі. Так, в резолюції 16 Конгресу європейського союзу шкільної та університетської медицини і здоров'я «Освіта і здоров'я від дитинства і до дорослого життя» (2011 р.), було визначено, що загальними проблемами для усіх країн європейського регіону є: низька ефективність фізичного виховання в закладах освіти, погіршення психічного здоров'я учнів, недостатня підготовленість медичних і педагогічних кадрів з питань здоров'язберігаючих технологій. Отже, проблему навчання дітей не можна вважати вирішеною і за кордоном [13-26].

Таким чином, можна стверджувати, що в умовах сьогодення погіршення здоров'я дітей шкільного віку відбувається на фоні підвищення навчального навантаження та відсутності його оздоровчої спрямованості, що гіпотетично можна характеризувати як несприятливий фон для подальшого формування здоров'я школярів.

Таким чином, актуальність дослідження полягає у необхідності оптимізації рівня навчального навантаження.

**Мета НДР:** удосконалення гігієнічних нормативів гранично допустимого навчального навантаження учнів у загальноосвітніх навчальних закладах.

Програма досліджень була розроблена, виходячи з теоретичних положень про розвиток втоми учнів під впливом навантажень та її діагностики. Відомо, що до суб'єктивних критеріїв втоми відноситься відчуття стомлення, до об'єктивних – зрушення в різних системах організму, що призводить до зниження працездатності як інтегрального показника [27]. Під час появи вираженої втоми відбувається як кількісне зменшення працездатності, що виражається у зменшенні роботи за одиницю часу або у зменшенні тих максимальних величин роботи, які можуть бути досягнуті при максимальній напрузі, так і якісне, що виражається у збільшенні помилок. Виходячи з цього, організація досліджень з вивчення розвитку втоми дітей включала проведення коректурних тестів з вивчення кількісної та якісної складових розумової працездатності протягом навчального дня та тижня; хронометражні спостереження за поведінковими реакціями учнів; анкетування щодо самопочуття учнів [28].

Для вивчення впливу факторів на розумову працездатність учнів використовували такі її характеристики: середній об'єм працездатності (ОПср), середня точність працездатності (ТПср), стандартизована кількість помилок на 500 знаків (СТ<sub>500</sub>) та коефіцієнт продуктивності працездатності (КПср).

Для оцінки впливу факторів на стомлення учнів усереднені результати тестування дітей розділили на дві групи. До першої групи віднесли дітей з незадовільним зсувом працездатності (сильною та вираженою втомою), а до другої – з задовільним (початкова втома та відсутність ознак втоми). Для оцінки ізолюваного впливу фактору на стомлення учнів був розроблений показник «міра стомлення» (МСт) з кількісним вираженням стомлення від 0 до 100 % – чим ближче значення показника МСт до 100 %, тим більше стомлення. Цей

індивідуальний показник розраховувався для кожної дитини по всьому масиву отриманих результатів за формулою:

$$MSt = \frac{b}{q} \times 100,$$

де: MSt – показник, який характеризує втому;  
b – кількість тестів протягом дослідження з незадовільним зсувом працездатності;  
q – загальна кількість тестів.

Градації показника MSt визначали наступним чином: кількість тестів у кожної дитини з незадовільним зсувом працездатності протягом дослідження 40 % та більше трактували, як високе стомлення, від 20 до 40 % – як середнє і від 0 до 20 %, як низьке.

З метою визначення особливостей здоров'я учнів проведено дослідження стану здоров'я дітей за об'єктивними показниками захворюваності (аналіз медичних карт учнів) та на основі суб'єктивної оцінки учнями свого здоров'я (анкетування). Крім цього вивчали особливості нервово-психічного стану шляхом тестування (методика «Дитячий опитувальник неврозів» (ДОН) [29].

Для оцінки навчального навантаження на дітей визначали особливості розкладу уроків, розпорядку навчального дня, включаючи виконання домашніх завдань, а також складність навчальних дисциплін [30]. Для цього були розроблені рангові шкали важкості навчальних предметів шляхом анкетування учнів 1 - 11-х класів за допомогою спеціально розроблених анкет та подальшим розрахунком.

Окрім факторів навчального навантаження вивчали особливості режиму дня, рухової активності та харчування учнів, як важливих чинників, що можуть впливати працездатність дітей. Для цього використовували розроблені нами опитувальники та анкети.

Схема програми дослідження представлена на рис. 1. В табл. 1 показані застосовані методи та об'єм дослідження.



Рис. 1 – Схема програми досліджень

## Методи та об'єм дослідження

Перелік досліджень	Методи досліджень	Кількість одиниць спостереження
Гігієнічна оцінка розкладів уроків: – 1-4-і класи: – 5, 7, 9-і класи: – 10-і класи:	розрахункові	23 18 5
Оцінка важкості навчальних предметів: – 1-4-і класи: – 5 - 11-і класи:	анкетування учнів експертна оцінка	764 935
Оцінка академічної успішності	вिकопіювання оцінок учнів з класних журналів	1058
Гігієнічна оцінка режиму дня	соціологічні (анкетування)	914 анкет
Захворюваність учнів	вिकопіювання даних медоглядів	1221 даних медоглядів
Оцінка розумової працездатності та втоми	коректурна проба за таблицями Анфімова	20112
Оцінка поведінкових реакцій учнів під час уроків	спостереження (хронометраж),	69 досліджень,
Оцінка нервово-психічного стану учнів за суб'єктивними показниками	анкетування учнів (методика «Дитячий опитувальник неврозів» (ДОН)	780 анкет
Оцінка рівня рухової активності	анкетування («Моя рухова активність»)	475 анкета
Оцінка режиму харчування учнів	анкетування учнів («Режим харчування»)	461 анкета

При виконанні НДР були використані статистичні методи аналізу (таблиці спряженості, дисперсійний аналіз, кореляційний метод, порівняння по Стьюденту, дескриптивна статистика) за допомогою програми STATISTICA 8.0 [40]. Систематизація матеріалу і первинна математична обробка виконані за допомогою таблиць Microsoft EXCEL 2013-2016.



## ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

### **1. ПОКАЗНИКИ ЗАХВОРЮВАНOSTІ ТА САМООЦІНКИ ЗДОРОВ'Я УЧНІВ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ**

За період навчання у школі зростає поширеність захворювань серед учнів у 1,8 рази: від 120,7 на 100 дітей у молодшому шкільному віці до 176,0 – у середньому та 218,9 – у старшому. Розраховані показники структури і поширеності захворювань учнів наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

#### **Структура захворюваності та поширеності хвороб серед учнів 1-10 класів, n=2003 учнів**

Показник	Структура, на 100 виявлених хвороб			Поширеність, на 100 обстежених учнів		
	1-4 кл	5-9 кл	10 кл	1-4 кл	5-9 кл	10 кл
хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини	28,1±1,7	29,8±1,5	30,6±2,8	34,0±2,0	52,5±2,2	66,9±4,2
хвороби дихальної системи	28,1±1,7	16,8±1,3	17,3±2,3	34,0±2,0	29,5±2,0	37,8±4,3
у т.ч. хронічний тонзиліт	9,7±1,1	8,7±0,9	11,5±1,9	11,7±1,3	15,2±1,6	25,2±3,9
хвороби органів травлення	17,6±1,4	15,2±1,2	12,9±2,0	21,2±1,7	26,7±2,0	28,3±4,0
хвороби ока та придаткового апарату	9,6±1,1	12,6±1,1	10,4±1,8	11,5±1,3	22,2±1,8	22,8±3,7
хвороби системи кровообігу	6,3±0,9	11,9±1,1	10,4±1,8	7,6±1,1	21,0±1,8	22,8±3,7
хвороби нервової системи	4,4±0,8	8,2±0,9	10,8±1,9	5,3±0,9	14,5±1,6	23,6±3,8
ендокринні хвороби, розлади харчування та обміну речовин	1,1±0,4	2,0±0,5	2,5±0,9	1,4±0,5	3,6±0,8	5,5±2,0

Показник	Структура, на 100 виявлених хвороб			Поширеність, на 100 обстежених учнів		
	1-4 кл	5-9 кл	10 кл	1-4 кл	5-9 кл	10 кл
природні вади розвитку, деформації та хромосомні аномалії	0,4±0,2	1,0±0,3	1,8±0,8	0,5±0,3	1,8±0,6	3,9±1,7
хвороби крові та кровотворних органів	0,7±0,3	0,9±0,3	0,0±0,0	0,8±0,4	1,6±0,6	0,0±0,2
хвороби сечостатевої системи	2,3±0,6	0,8±0,3	1,8±0,8	2,7±0,7	1,4±0,5	3,9±1,7
травми	0,3±0,2	0,6±0,3	0,7±0,5	0,3±0,2	1,0±0,4	1,6±1,1
хвороби вуха	0,0±0,2	0,1±0,1	0,7±0,5	0,0±0,2	0,2±0,2	1,6±1,1
хвороби шкіри та підшкірної клітковини	1,1±0,4	0,1±0,1	0,0±0,0	1,4±0,5	0,2±0,2	0,0±0,2
Всього	100,0	100,0	100,0	120,7±4,0	176,0±2,9	218,9±10,7

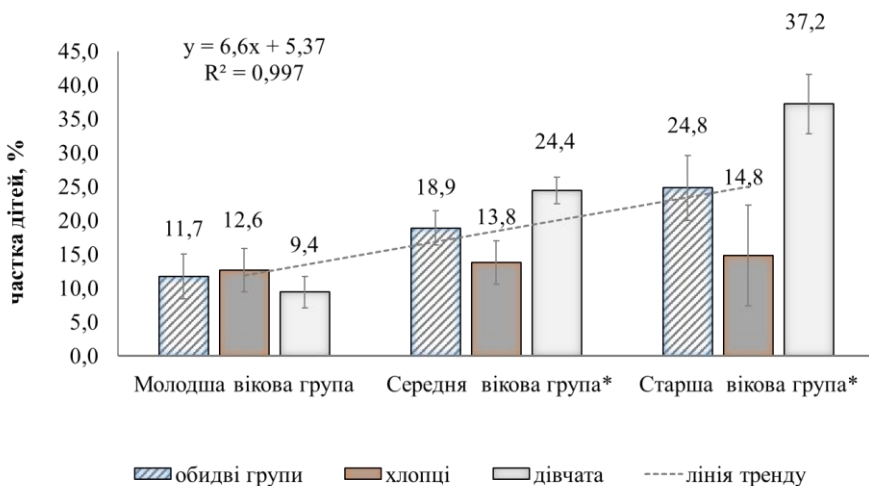
В усіх вікових групах в структурі захворюваності перше місце займають хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини, друге – хвороби дихальної системи (відмінності між показниками молодшої та старшої вікових груп статистично достовірні ( $t=4,33$ ;  $p < 0,001$ )), третє – хвороби органів травлення ( $t=2,26$ ;  $p < 0,05$ ). Хвороби нервової системи, які у молодшій та середній вікових групах знаходяться на шостому місці у структурі захворювань зі значеннями ( $4,4 \pm 0,8$ ) та ( $8,2 \pm 0,9$ ) %, у старшокласників зміщуються на четверте місце підвищуючись до значення ( $10,8 \pm 1,9$ ) %. Відмінності між показниками молодшої та старшої вікових груп статистично достовірні ( $t=3,02$ ;  $p < 0,01$ ).

Виявлено, що протягом навчання у школі в 2 рази підвищується поширеність таких захворювань, як хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини ( $t=7,16$ ;  $p < 0,001$ ), хвороби ока

та додаткового апарату ( $t=2,86$ ;  $p < 0,001$ ), в 3 рази – поширеність хвороб системи кровообігу ( $t=3,91$ ;  $p < 0,001$ ), в 4 рази – поширеність ендокринних хвороб, розладів харчування та обміну речовин ( $t=2,0$ ;  $p < 0,05$ ), в 4,5 рази – поширеність хвороб нервової системи ( $t=4,73$ ;  $p < 0,001$ ) (табл.2).

За результатами методики ДОН встановлено підвищення частки дітей з невротичними розладами в учнів від 1-го до 10 класу у 2,2 рази: з 11,2 % у молодшій віковій групі до 19,0 % – в середній та 24,7 % – у старшій ( $p < 0,01$ ) (рис. 2).

Серед учнів молодшої вікової групи відмінності за статтю щодо невротичних розладів не виявлені ( $p > 0,5$ ). У школярів середньої та старшої вікової групи відмінності статистично значущі ( $p < 0,05$ ). Виражені клінічні прояви неврозів серед учнів середнього шкільного віку виявлені у (13,8 ± 2,5) % хлопців та (24,4 ± 3,2) % дівчат, серед старшокласників – у (14,8 ± 4,8) % хлопців та (37,2 ± 7,4) % дівчат (рис. 2.). Ймовірність розвитку неврозів у старшокласників порівняно з учнями молодшої вікової групи вище за показником тривожності у 5,8 рази (RR=5,8; ДІ 1,93 – 17,55;  $p < 0,01$ ), депресії – у 2,4 рази (RR= 2,4; ДІ 1,20 – 4,75;  $p < 0,05$ ), порушення поведінки – у 2,3 рази (RR= 2,3; ДІ 1,45 – 3,72;  $p < 0,001$ ), вегетативних розладів – у 2 рази (RR= 2,0; ДІ 1,21 – 3,39;  $p < 0,01$ ), астенії – у 1,9 рази (RR= 1,9; ДІ 1,08 – 3,49;  $p < 0,05$ ).



\*відмінності за статтю  $p < 0,05$

**Рис. 2 – Частка учнів з невротичними проявами з урахуванням віку та статі, %**

Самооцінка здоров'я також знижується від початкових до старших класів: з 3,26 до 2,18 балів за 4-бальною шкалою ( $F=100,1$ ;  $p < 0,001$ ). За додатковими даними можна зазначити, що пік бадьорості в групі дослідження (середні та старші класи) зміщується на вечірні години в усіх вікових групах, за виключенням п'ятикласників.

З урахуванням опитування батьків учнів початкових класів можна стверджувати, що частка дітей з гарним самопочуттям зменшується протягом навчання у школі і становить: у першому класі 73,9 % учнів, 2-му – 66,4 %, 3-му – 75,6 %, 4-му – 68,0 %, 5-му – 60,2 %, 7-му – 48,7 %, 9-му – 36,6 %, 10-му – 47,9 % ( $\chi^2= 58,8$ ;  $p < 0,001$ ).

## **2. ОСОБЛИВОСТІ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА РОЗВИТКУ ВТОМИ УЧНІВ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ**

Дослідження, що проведені на основі коректурних тестів, показали, що в динаміці навчального дня розумова працездатність учнів усіх класів відрізняється від класичного уявлення про фази працездатності та втоми [30]. А саме, спостерігається зміщення у часі фази оптимальної працездатності вправо: на 3-4 уроки в початкових класах, 3-5 уроки у 5 класі, 5-6 уроки у 7-10 класах. Такі дані можна розцінювати як десинхроноз – невідповідність часу початку навчання циркадним ритмам, тобто функціонуванню організму дітей, що підтверджується і вищенаведеними даними суб'єктивного визначення самопочуття. Нижче викладені результати експериментальних досліджень.

Аналогічні висновки зустрічаються у сучасних наукових роботах закордонних дослідників з використанням терміну «social jetlag», порушення гомеостазу організму внаслідок невідповідності біологічного (внутрішнього) часу та соціально обумовленого [31, 32]. Roenneberg T., 2012 вказує, що окрім зниження працездатності десинхроз соціальних та біологічних годин може бути причиною ожиріння, невротичних розладів, гіпертензії, зниження імунітету [31]. Ці автори вважають за доцільне відтермінувати початок навчального дня на більш пізній час. Оптимальним часом початку першого уроку Paul Kelleуа вважає для 10-річних дітей 8:30-9:00, 16-річних – 10:00-10:30, 18-річних – 11:00-11:30 годину. Серед вітчизняних вчених на затяжний період впрацьовування учнів вказує в своєму дослідженні Н.П. Гребняк (2000 р.) [33].

Результати нашого експериментального дослідження щодо середніх рівнів обсягу працездатності та стандартизованої кількості помилок на 500 знаків ( $CT_{500}$ ) протягом навчального дня за результатами дисперсійного аналізу для повторних досліджень наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

**Динаміка розумової працездатності учнів 1-10х класів міських загальноосвітніх навчальних закладів протягом навчального дня (M±m)**

Клас	n	Номер теста							F; p
		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	
<b>Кількість знаків</b>									
1-й	571	141,3 ± 2,2	135,9 ± 2,2	133,2 ± 2,2	142,2 ± 2,5	148,8 ± 2,7	136,0 ± 3,8	–	F = 8,4; p <0,001
2-й	594	180,6 ± 2,6	181,1 ± 2,9	177,8 ± 2,9	192,9 ± 3,2	201,3 ± 3,6	198,8 ± 4,0	–	F = 12,8; p <0,001
3-й	475	175,1 ± 3,6	194,4 ± 4,1	168,7 ± 3,7	175,6 ± 3,6	204,4 ± 4,0	209,0 ± 4,6	–	F = 47,9; p <0,001
4-й	546	198,5 ± 3,3	223,4 ± 4,0	194,8 ± 3,6	209,4 ± 3,6	224,6 ± 4,1	257,5 ± 5,1	–	F = 84,5; p <0,001
5-й	341	274,1 ± 4,1	260,3 ± 4,1	272,7 ± 4,5	253,5 ± 4,5	272,9 ± 4,8	251,7 ± 4,8	249,8 ± 11,3	F = 11,2; p<0,001
7-й	337	333,7 ± 4,9	311,0 ± 4,5	306,1 ± 5,2	295,7 ± 4,7	320,0 ± 5,2	305,0 ± 5,2	292,8 ± 6,8	F = 14,9; p<0,001
9-й	343	365,9 ± 5,3	347,0 ± 5,0	344,9 ± 5,3	339,7 ± 4,8	359,7 ± 5,7	353,4 ± 5,8	347,1 ± 7,7	F = 5,9; p<0,001
10-й	137	355,2 ± 7,1	349,0 ± 6,3	357,8 ± 7,2	351,3 ± 6,9	350,1 ± 6,5	352,8 ± 7,0	342,5 ± 6,9	F=1,4; p = 0,28
<b>СТ<sub>500</sub></b>									
1-й	477	24,0 ± 1,3	26,1 ± 1,0	26,1 ± 1,3	26,2 ± 1,3	28,8 ± 3,0	24,0 ± 1,3	–	F = 4,3; p <0,01
2-й	567	13,1 ± 0,7	18,3 ± 0,8	15,8 ± 0,6	16,1 ± 1,3	12,5 ± 0,7	13,1 ± 0,7	–	F = 8,0; p <0,001
3-й	471	23,0 ± 1,2	33,2 ± 1,3	30,0 ± 1,1	26,3 ± 1,0	22,9 ± 1,3	23,0 ± 1,2	–	F =24,2; p <0,001
4-й	535	21,1 ± 1,0	31,3 ± 1,1	28,2 ± 1,0	25,2 ± 1,0	18,7 ± 1,0	21,1 ± 1,0	–	F =33,1; p <0,001
5-й	51	6,8 ± 0,6	13,5 ± 1,0	10,6 ± 1,2	12,2 ± 0,9	10,5 ± 0,9	13,1 ± 1,0	15,1 ± 0,9	F =9,3; p<0,001
7-й	145	6,1 ± 0,4	9,1 ± 0,6	11,9 ± 0,7	10,0 ± 0,5	9,3 ± 0,5	10,3 ± 0,6	10,5 ± 0,6	F =14,1; p <0,001
9-й	171	5,3 ± 0,3	9,0 ± 0,5	10,6 ± 0,6	9,6 ± 0,5	8,7 ± 0,5	9,3 ± 0,6	10,3 ± 0,5	F =21,6; p <0,001
10-й	137	5,7 ± 0,4	7,6 ± 0,6	8,4 ± 0,6	9,1 ± 0,6	7,9 ± 0,5	8,3 ± 0,7	9,0 ± 0,5	F =7,4; p < 0,001

Примітки.

1. №1 – стартовий рівень (1-4 класи – до 1 уроку, 5-10 класи – до 2 уроку);
2. №2 – №7 – в кінці кожного уроку (для 1-4 класів – з 1-го до 5-го уроку; для 5-10 класів – з 2-го до 7 уроку)

Аналіз результатів тестування дозволив визначити достовірне ( $p < 0,01-0,001$ ) погіршення стандартизованого показника співвідношення точності до продуктивності працездатності у всіх групах дослідження на передостанньому та останньому уроках, що свідчить про розвиток стомлення.

Встановлено гендерні відмінності з урахуванням вікової групи таких показників розумової працездатності, як продуктивність ( $F = 703,4$ ;  $p < 0,001$ ), точність працездатності ( $F = 16,1$ ;  $p < 0,001$ ), об'єм працездатності ( $F = 534,1$ ;  $p < 0,001$ ) та стандартизована кількість помилок на 500 знаків ( $F = 102,7$ ;  $p < 0,001$ ). Ізольований вплив фактору «стать» на показник КПср складає ( $51,7 \pm 0,1$ ) % ( $p < 0,01$ ), ОПср – ( $44,9 \pm 0,1$ ) % ( $p < 0,01$ ), ТПср – ( $2,4 \pm 0,2$ ) % ( $p < 0,01$ ) та СТ<sub>500</sub> – ( $13,5 \pm 0,1$ ) % ( $p < 0,01$ ). Продуктивність та об'єм працездатності у групі дівчаток вища на 9,3-10,0 %, а співвідношення точності до об'єму працездатності краще на 9,9-13,0 %.

Вивчення індивідуальних зрушень працездатності учнів дозволило характеризувати розвиток та рівень їх втоми протягом навчального дня та тижня. Результати щодо розподілу дітей за рівнем втоми підтверджують наявність десинхронозу у дітей, оскільки частка дітей з сильною та вираженою втомою на початку дня суттєво вище (табл. 4). Також підвищується частка дітей з сильною втомою на останніх уроках в усіх вікових групах, що свідчить про коротку тривалість фази оптимальної працездатності та про недоцільність 5-го уроку у молодших класах та 7-го – у середніх та старших.

**Частка учнів 1-10х класів міських загальноосвітніх навчальних закладів з сильною та вираженою втомою протягом навчального дня ( $P \pm m$ )**

Номер теста	1 клас	2 клас	3 клас	4 клас	5 клас	7 клас	9 клас	10 клас
№1	35,3 ± 2,0	24,9 ± 1,8	14,3 ± 1,6	17,4 ± 1,6	52,2 ± 2,7	58,5 ± 2,7	57,8 ± 2,7	44,2 ± 3,2
№2	46,4 ± 2,1	39,9 ± 2,0	37,3 ± 2,2	40,7 ± 2,1	46,9 ± 2,7	60,5 ± 2,7	53,9 ± 2,7	48,5 ± 3,2
№3	35,4 ± 2,0	28,3 ± 1,9	32,7 ± 2,2	31,1 ± 2,0	55,1 ± 2,7	63,8 ± 2,6	54,8 ± 2,7	52,2 ± 3,3
№4	30,6 ± 2,1	23,8 ± 1,8	18,9 ± 1,8	21,5 ± 1,8	45,7 ± 2,7	50,0 ± 2,8	48,8 ± 2,7	48,7 ± 3,3
№5	29,4 ± 3,1	24,8 ± 2,1	14,6 ± 1,9	11,1 ± 1,6	47,1 ± 3,2	60,1 ± 2,8	46,9 ± 2,8	51,8 ± 3,3
№6	–	–	–	–	51,0 ± 7,0	57,9 ± 4,1	53,8 ± 3,8	53,2 ± 4,3

Примітка: №1–№6 – втома протягом певного уроку у порівнянні зі стартовим рівнем (1-4 класи – від 1 до 5 уроку, 5-10 класи – від 2 до 7 уроку)

Як бачимо, серед учнів першого класу частка дітей з сильною і вираженою втомою протягом дня коливається у рамках 29,2-46,6 %, другого – 24,8-39,9 %, третього – 14,4-37,4 %, четвертого – 11,1-40,7 %. Тенденції розвитку втоми протягом навчального дня у учнів 3-го та 4-го класів статистично не відрізняються ( $p > 0,1$ ), проте є значимо кращими, ніж аналогічні показники учнів 1-го та 2-го класів ( $p < 0,05$ ).

Вивчення розвитку втоми протягом навчального дня учнів 5–9-х класів дозволило виявити відмінності між групами спостереження ( $\chi^2 = 33,7$ ;  $p < 0,001$ ). Частка спостережень з сильною та вираженою втомою є меншою серед дітей, які навчаються у 5-му класі, ніж у 7-му ( $t = 5,3$ ;  $p < 0,01$ ). Статистичні відмінності між групами семикласників та дев'ятикласників також статистично значущі ( $t = 3,6$ ;  $p < 0,01$ ).



Відповідні значення складають: у 5-му класі –  $(49,6 \pm 1,2) \%$ , у 7-му класі  $(58,5 \pm 1,2) \%$ , у 9-му класі  $(52,6 \pm 1,2) \%$ .

Підтримання певного рівня розумової працездатності у дітей старшого шкільного віку також відбувається за рахунок високої «ціни адаптації», адже  $44,2 \%$ - $53,2 \%$  учнів мають ознаки сильної та вираженої втоми протягом всього навчального дня.

Результати хронометражних досліджень за поведінковими реакціями учнів середнього та старшого шкільного віку, що характеризує розвиток втоми протягом навчального дня (прояви збудження – першу фазу втоми, прояви гальмування – другу) та співставлення виявлених закономірностей з результатами коректурних проб, показали достовірне зростання втоми у кінці навчального дня (табл. 5.). Застосування аналізу ANOVA для пов'язаних вибірок дозволило виявити достовірні відмінності часу початку проявів збудження та гальмування у групах 5-х, 7-х та 10-х класів ( $p < 0,05$ - $0,001$ ).

Таблиця 5

**Хронометражні дослідження за поведінковими реакціями учнів 5-10 класів**

Урок	Початок збудження	Початок гальмування	СКП <sub>500</sub>
<b>5 клас</b>			
2-й урок	$14,9 \pm 1,8$	$22,6 \pm 1,6$	$13,5 \pm 1,0$
3-й урок	$14,8 \pm 1,1$	$22,8 \pm 1,2$	$10,6 \pm 1,2$
4-й урок	$11,4 \pm 1,7$	$22,4 \pm 1,6$	$12,2 \pm 0,9$
5-й урок	$10,7 \pm 1,7$	$22,4 \pm 1,6$	$10,5 \pm 0,9$
6-й урок	$8,3 \pm 0,7$	$19,1 \pm 1,1$	$13,1 \pm 1,0$
7-й урок	$6,2 \pm 0,4$	$18,6 \pm 1,0$	$15,1 \pm 0,9$
<b>7 клас</b>			
2-й урок	$10,7 \pm 1,3$	$21,1 \pm 1,0$	$9,1 \pm 0,6$
3-й урок	$14,1 \pm 3,0$	$23,1 \pm 1,4$	$11,9 \pm 0,7$
4-й урок	$8,2 \pm 2,0$	$22,8 \pm 1,1$	$10,0 \pm 0,5$
5-й урок	$7,0 \pm 1,2$	$20,1 \pm 0,8$	$9,3 \pm 0,5$
6-й урок	$6,4 \pm 1,4$	$19,6 \pm 1,1$	$10,3 \pm 0,6$
7-й урок	$5,5 \pm 0,4$	$18,7 \pm 1,4$	$10,5 \pm 0,6$

Урок	Початок збудження	Початок гальмування	СКП <sub>500</sub>
<b>9 клас</b>			
2-й урок	16,3 ± 2,3	24,8 ± 0,7	9,0 ± 0,5
3-й урок	18,4 ± 3,1	23,6 ± 1,6	10,6 ± 0,6
4-й урок	11,6 ± 1,8	21,4 ± 1,6	9,6 ± 0,5
5-й урок	11,5 ± 2,1	24,2 ± 1,0	8,7 ± 0,5
6-й урок	11,3 ± 1,4	18,5 ± 1,8	9,3 ± 0,6
7-й урок	7,6 ± 0,6	15,7 ± 1,3	10,3 ± 0,5
<b>10 клас</b>			
2-й урок	13,6 ± 1,5	11,6 ± 3,6	7,6 ± 0,6
3-й урок	12,5 ± 2,0	23,3 ± 4,9	8,4 ± 0,6
4-й урок	11,2 ± 2,2	24,4 ± 3,4	9,1 ± 0,6
5-й урок	7,9 ± 1,6	18,7 ± 4,8	7,9 ± 0,5
6-й урок	6,3 ± 1,9	15,5 ± 2,6	8,3 ± 0,7
7-й урок	9,0 ± 3,2	12,1 ± 3,0	9,0 ± 0,5

Працездатність людини коливається не тільки протягом доби, а й протягом тижня. В таблиці 6 представлена тижнева динаміка розумової працездатності учнів за результатами дисперсійного аналізу для повторних досліджень.

Таблиця 6

**Динаміка розумової працездатності учнів 1-10-х класів міських загальноосвітніх навчальних закладів протягом навчального тижня ( $M \pm m$ )**

Клас	День тижня					F; p
	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	
<b>Кількість знаків</b>						
1-й	129,1±3,7	135,9 ± 4,2	148 ± 3,7	142,3 ± 4,6	148,6±5,2	F = 3,9;p <0,01
2-й	168,8±5,5	178,4 ± 5,7	194,7 ± 5	198,9 ± 5,9	195,3±6,4	F = 5,1;p <0,001
3-й	132,8±8,0	178,1 ± 6,1	197,1 ± 6,7	201,7 ± 7,0	210,5±7,1	F = 16,9;p <0,001
4-й	175,0±5,3	199,4 ± 6,9	221,3 ± 6,8	230,1 ± 7,6	248,9±8,1	F = 16,2;p <0,001

Клас	День тижня					F; p
	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	
5-й	256,4±7,2	–	265,0 ± 7,7	–	275,3±9,0	F = 5,2;p<0,01
7-й	303,3±7,6	–	306,6 ± 9,3	–	308,2±10,8	F = 0,3;p=0,75
9-й	349,3±9,4	–	344,2 ± 10,2	–	384,0±11,3	F = 20,5; p< 0,001
10-й	349,9±9,2	–	352,3 ± 9,9	–	366,5±10,0	F=3,9; p <0,05
<b>СТ<sub>500</sub></b>						
1-й	36,9 ± 4,0	25,8 ± 2,5	20,8 ± 2,7	21,2 ± 2,0	18,5 ± 1,9	F = 8,6;p <0,001
2-й	17,9 ± 1,9	15,3 ± 1,4	14,3 ± 1,5	11,6 ± 1,1	15,6 ± 2,3	F = 6,3;p <0,001
3-й	42,7 ± 4,1	28,0 ± 2,5	24,7 ± 2,3	24,2 ± 2,5	24,7 ± 2,3	F =21,8;p <0,001
4-й	30,7 ± 2,8	25,9 ± 2,4	25,5 ± 2,2	22,7 ± 2,2	22,3 ± 2,1	F =17,6;p <0,001
5-й	11,7 ± 0,9	–	10,6 ± 0,7	–	10,0 ± 0,6	F =3,4; p<0,05
7-й	10,3 ± 0,5	–	9,1 ± 0,5	–	8,5 ± 0,6	F =6,9; p < 0,01
9-й	8,5 ± 0,5	–	8,7 ± 0,5	–	7,7 ± 0,5	F =3,5; p < 0,05
10-й	8,0 ± 0,7	–	8,8 ± 0,7	–	7,6 ± 0,7	F =3,7; p < 0,05

Продуктивність праці дітей 1-го класу у понеділок найнижча, адже, поряд з найнижчим значенням середньої кількості переглянутих знаків, діти зробили найбільшу за тиждень кількість помилок. Це пов'язане із включенням в роботу після вихідних днів. Кількісні та якісні показники розумової працездатності поліпшуються від першого дня тижня до останнього, що характеризує процес впрацювання та формування стійких навиків.

Серед учнів 2-го класу середня кількість переглянутих знаків з понеділка по четвер зростає, а у п'ятницю знижується. Аналіз середньої кількості зроблених помилок показав аналогічну картину, що вказує на підвищення напруги регуляторних механізмів школярів у кінці учбового тижня.

Серед третьокласників у понеділок продуктивність праці була найнижчою, адже, поряд з найнижчим значенням середньої кількості переглянутих знаків, діти зробили найбільшу за тиждень кількість помилок. Далі до кінця тижня кількісна складова працездатності зростає, проте кількість помилок не зменшується, що свідчить про процеси втоми.

Серед учнів 4-го класу в динаміці тижня розумова працездатність (як обсяг роботи, так і якість) покращується.

У п'ятикласників аналогічно учням 3-го класу з понеділка по п'ятницю достовірно підвищується об'єм роботи ( $p < 0,05$ ), проте якість роботи в середу-п'ятницю залишається на одному рівні.

У учнів 7-го класу статистично достовірних відмінностей між об'ємом роботи протягом тижня не виявлено ( $p > 0,5$ ), проте якість роботи покращується.

У дев'ятикласників найнижча працездатність за показниками об'єму та якості роботи спостерігається у середу ( $p < 0,01$ ), найвища – у п'ятницю.

Серед учнів старших класів відбувається незначне підвищення працездатності протягом тижня за показниками об'єму роботи та зниження у середу – за показником якості.

Визначено відмінності розвитку втоми у дітей протягом тижня (табл. 7).

Таблиця 7

**Частка учнів 1-10х класів міських загальноосвітніх навчальних закладів з сильною та вираженою втомою протягом навчального тижня ( $P \pm m$ )**

День тижня	1 клас	2 клас	3 клас	4 клас	5 клас	7 клас	9 клас	10 клас
ПН	33,7 ± 2,0	18,8 ± 1,7	8,4 ± 1,5	24,1 ± 2,0	45,4 ± 2,3	50,8 ± 2,1	37,8 ± 2,1	39,5 ± 2,6
ВТ	38,7 ± 2,1	29,7 ± 1,9	19,8 ± 1,8	22,4 ± 1,9	–	–	–	–
СР	36,7 ± 2,1	38,6 ± 2,1	23,6 ± 1,9	24,2 ± 1,7	40,3 ± 1,9	57,2 ± 1,9	57,0 ± 1,8	52,1 ± 2,3
ЧТ	34,2 ± 2,3	27,4 ± 1,9	31,1 ± 2,2	25,3 ± 2,0	–	–	–	–
ПТ	40,3 ± 2,7	28,2 ± 2,0	34,4 ± 2,3	29,9 ± 2,0	67,6 ± 2,2	68,7 ± 2,0	61,3 ± 2,0	59,8 ± 2,2

Серед першокласників у понеділок виявлена найменша частка спостережень з сильною та вираженою втомою (33,7 %) за тиждень ( $\chi^2=22,1$ ;  $p < 0,05$ ). Тобто, досить низькі показники продуктивності розумової працездатності у цей день тижня обумовлені не стільки втомою учнів, скільки особливостями впрацювання на початку тижня. Далі до кінця тижня частка дітей з втомою підвищується до 40,3 %, що свідчить про включення додаткових адаптивних механізмів, тобто збільшення «фізіологічної ціни роботи».

Діти 2-го класу у понеділок при низькій продуктивності працездатності демонструють найнижчий показник сильної та вираженої втоми (18,8 %), що є значимо нижчим ( $p < 0,05$ ), ніж у учнів першого класу і свідчить про краще впрацювання цієї групи дітей. За сукупною оцінкою продуктивності працездатності та втоми, найсприятливішими днями для засвоєння навчального матеріалу можна визначити вівторок та четвер, а «важкими» днями – середу та п'ятницю.

Серед учнів 3-го класу частка дітей з сильною та вираженою втомою зростає з понеділка по п'ятницю ( $p < 0,05$ ), що свідчить про зниження адаптивності та можливість інтенсивного впливу на показники цієї групи окрім навчального навантаження ще інших чинників (захворюваність, режим дня і т.п.).

У учнів 4-го класу на відміну від 3-го класу спостерігається більш стабільна картина з досить високими значеннями частки дітей зі втомою (22,4-29,9%). Співставлення даних щодо втоми, продуктивності та точності працездатності дало можливість визначити, що найкраща працездатність у дітей 4-го класу була визначена у вівторок, а найгірша – у четвер та п'ятницю.

Враховуючи те, що у п'ятницю підвищення розумової працездатності дітей усіх початкових класів відбувається на фоні зростання частки дітей з сильною та вираженою втомою, можна зробити висновок про те, що підтримання працездатності відбувається за рахунок включення додаткових механізмів адаптації, тобто шляхом підвищення «фізіологічної ціни роботи».

Встановлено, що серед учнів 5-го класу найбільша частка спостережень з сильною та вираженою втомою була виявлена у п'ятницю –  $(67,6 \pm 2,2)$  %, що є значимо вищим, ніж у понеділок та середу ( $p < 0,001$ ) з відповідними значеннями  $(45,4 \pm 2,3)$  % та  $(40,3 \pm 1,9)$  % ( $\chi^2 = 102,1$ ;  $p < 0,001$ ). Збільшення частки дітей з сильною втомою протягом навчального тижня на фоні зростання за цей же період розумової працездатності учнів свідчить про напруження адаптаційних механізмів дітей цієї вікової групи для забезпечення працездатності у тижневому циклі.

В учнів 7-10-го класів спостерігається схожа динаміка втоми з підвищенням протягом тижня ( $p < 0,01-0,001$ ), що, поряд зі зниженням розумової працездатності, свідчить про високу «фізіологічну ціну адаптації» та нагальну необхідність у перегляді навчального навантаження та методик викладання. При цьому серед учнів 7-го класу спостерігається найвища частка дітей з вираженою та сильною втомою серед усіх вікових груп ( $50,8-68,7$  % у різні дні тижня), що визначає цю групу як найбільш уразливу до факторів навчання та способу життя.

Аналіз поведінкових реакцій учнів протягом тижня підтверджує попередні висновки. У табл.8. представлені результати хронометражного дослідження протягом навчального тижня учнів 5-10 класів.

Таблиця 8

**Хронометражні дослідження учнів 5-10х класів протягом тижня у співставленні з показником СТ<sub>500</sub>**

День тижня	Початок збудження, хв	Початок гальмування, хв	СКП <sub>500</sub>
<b>5 клас</b>			
Понеділок	$10,6 \pm 1,2$	$20,9 \pm 1,5$	$11,7 \pm 0,9$
Середа	$11,6 \pm 1,5$	$23,2 \pm 1,3$	$10,6 \pm 0,7$
П'ятниця	$10,9 \pm 0,7$	$19,8 \pm 0,7$	$10,0 \pm 0,6$
<b>7 клас</b>			
Понеділок	$8,6 \pm 1,4$	$20,4 \pm 0,7$	$10,3 \pm 0,5$

День тижня	Початок збудження, хв	Початок гальмування, хв	СКП <sub>500</sub>
Середа	9,8 ± 2,3	20,4 ± 0,1	9,1±0,5
П'ятниця	7,6 ± 1,2	22,0 ± 1,3	8,5±0,6
<b>9 клас</b>			
Понеділок	11,1 ± 2,2	22,0 ± 1,6	8,5±0,5
Середа	13,1 ± 1,5	20,1 ± 0,5	8,7±0,5
П'ятниця	14,2 ± 2,5	22,0 ± 1,5	7,7±0,5
<b>10 клас</b>			
Понеділок	8,6 ± 1,3	19,3 ± 1,2	8,0±0,7
Середа	11,4 ± 1,3	20,0 ± 1,5	8,8±0,7
П'ятниця	10,2 ± 0,7	16,9 ± 1,2	7,6±0,7

У таблиці 9 представлені сумарні результати міри стомлення дітей усіх вікових груп. В цілому у дослідження були включені 16583 результатів визначення стомлення (молодша вікова група – 9972 результати, середня – 5315, старша – 1296).

Таблиця 9

**Розподіл учнів за рівнем міри стомлення протягом дослідження, %, Р±m**

Клас	Рівень стомлення (n=835)		
	високий	середній	низький
1	17,9 ± 3,5	67,5 ± 4,2	14,6 ± 3,2
2	13,1 ± 3,1	68,9 ± 4,2	18,0 ± 3,5
3	4,8 ± 2,1	74,2 ± 4,3	21,0 ± 4,0
4	9,2 ± 2,6	72,3 ± 4,1	18,5 ± 3,6
5	18,7 ± 4,5	36,0 ± 5,5	45,3 ± 5,7
7	39,7 ± 4,9	32,7 ± 4,7	27,6 ± 4,5
9	32,5 ± 4,4	28,9 ± 4,2	38,6 ± 4,6
10	63,3 ± 5,4	26,6 ± 5,0	10,1 ± 3,4
Разом	23,2 ± 1,5	53,2 ± 1,7	23,6 ± 1,5

Оцінка градацій показника МСт дала можливість визначити, що показники статистично відрізняються між віковими групами ( $\chi^2 = 184,7$ ;  $p < 0,001$ ). Визначено наростання негативних тенденцій щодо розвитку сильної втоми з віком ( $r = 0,23$ ;  $p < 0,001$ ). Якщо у молодшій віковій групі частка дітей з сильною втомою більше 40 % тестів складала ( $11,5 \pm 1,5$ ) %, то у середній віковій групі значення показника підвищується до ( $31,4 \pm 2,7$ ) %, а у старшій – до ( $63,3 \pm 5,4$ ) %. Частка дітей з низьким рівнем стомлення складала відповідно у молодшій віковій групі – ( $17,9 \pm 1,8$ ) %, у середній – ( $36,5 \pm 2,8$ ) %, у старшій – ( $10,1 \pm 3,4$ ) %. Достовірних відмінностей між градаціями показників за статтю не визначено ( $p > 0,2$ ).

Виходячи з вищенаведеного у даному підрозділі, зокрема, з даних про денну динаміку працездатності і втоми, а саме: довге впрацювання та значну частку дітей з сильною втомою на початку дня, особливо серед дітей середнього і старшого шкільного віку, вважаємо доцільним з метою оптимізації функціонування організму учнів відповідно до циркадного ритму змістити у часі початок навчального дня в 1-4-х класах до 8:30-9:00 години, 5-9-х класах – 9:30-10:00 години, 10-11-х – 10:00-10:30 години.

Слід також акцентувати увагу на те, що у порівнянні з нашими дослідженнями 2005 року у рівноцінних умовах, тобто за період 10 років, показник МСт, розрахований для учнів 5-9 класів у 2015 році, складає 52,6 % і є достовірно вищим на 30,4 %, ( $t=10,8$ ;  $p < 0,001$ ).

### ***3. ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА СПОСОБУ ЖИТТЯ УЧНІВ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ***

Для визначення потенційного ризику для здоров'я учнів факторів навчального процесу аналізували кількість уроків на тиждень, гігієнічну раціональність розкладів уроків, складність навчальних дисциплін.

У процесі останньої модернізації шкільних програм (2011 р.) навчальні плани доповнені новими предметами; кількість навчальних



дисциплін у розкладі уроків зростає до вісімнадцяти-двадцяти у середніх та старших класах; в загальному тижневому навантаженні не враховуються години фізичної культури, що призвело до перевищення навчального навантаження до 3 годин на тиждень; скорочено кількість годин на вивчення матеріалу, що ускладнює самостійну підготовку до уроків. За отриманими даними, розподіл навчального навантаження протягом дня та тижня має суттєві недоліки в усіх вікових групах. Найбільш несприятливими є розклади уроків для дітей середнього шкільного віку: інтегральна оцінка становить  $0,43 \pm 0,03$  ум.од. Для дітей молодшого та старшого шкільного віку ці показники мають значення відповідно  $0,57 \pm 0,04$  та  $0,63 \pm 0,09$  ум.од.

Частка важких для учнів навчальних предметів змінюється дугоподібно: зменшується від 1-го до 4-го класу з 33,0 до 13,0 %, з подальшим зростанням до 11 класу до 80,0 %, що може свідчити про зростання невідповідності змісту навчальної програми та/або її інтенсивності психофункціональним можливостям дітей, що потребує перегляду змісту освіти.

Серед факторів способу життя учнів у позашкільний час основну увагу було приділено таким: тривалість сну, перебування на відкритому повітрі, виконання домашнього завдання, тривалість екранного часу, а також особливостям харчування та рухової активності.

Встановлено відмінності градацій тривалості сну між молодшою, середньою та старшою групами дослідження ( $\chi^2 = 92,4$ ;  $p < 0,001$ ). Так, достатню тривалість сну серед дітей молодшої вікової групи має тільки  $(11,4 \pm 1,7)$  % дітей, серед учнів 5-9-го класів –  $(23,5 \pm 2,2)$  % дітей, серед учнів 10-го класу –  $(21,9 \pm 4,2)$  % дітей. Дефіцит сну більше години виявлено у  $(33,8 \pm 2,5)$  % учнів 1-4х класів,  $(20,8 \pm 2,1)$  % учнів 5-9х класів та  $(64,6 \pm 4,9)$  % старшокласників.

Вивчення тривалості виконання ДЗ дозволило визначити, що середнє значення цього показника у групі дівчаток поступово підвищується від 1-го до 10-го класу з  $(82,5 \pm 6,3)$  до  $(126,7 \pm 9,2)$  хв. У хлопчиків тривалість виконання ДЗ поступово підвищується з 1-го  $(72,1 \pm 3,6)$  хв по 4-й клас  $(131,0 \pm 8,7)$  хв, з подальшим зниженням у 5-9 класі до значень  $(86,0 - 91,6)$  хв та максимумом тривалості ДЗ у 10-

му класі –  $(160,7 \pm 10,7)$  хв. Відмінності середніх значень тривалості виконання ДЗ з 1-го по 10-й клас за статтю з урахуванням класу навчання статистично значущі ( $F = 7,8$ ;  $p < 0,001$ ).

Результати анкетування показали, що середня тривалість перебування на відкритому повітрі, включаючи дорогу до школи, в учнів досліджених ЗНЗ поступово знижується з 1-го по 10-й клас: у дівчаток на 37,6 % ( $r = 0,43$ ;  $p < 0,001$ ), у хлопчиків на 27,5 % ( $r = 0,33$ ;  $p < 0,001$ ). Відмінностей середньої тривалості прогулянок у дівчаток та хлопчиків з урахуванням класу навчання не виявлено ( $p > 0,8$ ).

Вивчення тривалості екранного часу (ЕЧ) проводили з урахуванням тривалості перегляду телевізійних програм, комп'ютерних ігор та виконання ДЗ на комп'ютері. Визначено, що тривалість екранного часу підвищується з 1-го по 10-й клас від  $(101,3 \pm 5,4)$  хв у 1-му класі до  $(352,1 \pm 18,9)$  хв у 10-му ( $F = 71,3$ ;  $p < 0,001$ ). Менше 120 хв проводить перед екраном  $(73,5 \pm 2,4)$  % учнів 1-4х класів,  $(52,7 \pm 2,6)$  % учнів 5-9х класів та  $(7,9 \pm 2,9)$  % учнів 10-х класів ( $p < 0,001$ ). Поряд з цим тривалість ЕЧ більше 4-х годин виявлена у  $(71,9 \pm 4,8)$  % старшокласників,  $(12,9 \pm 1,8)$  % учнів середнього шкільного віку та у  $(3,1 \pm 0,9)$  % учнів початкової школи ( $p < 0,001$ ). Гендерні відмінності виявлені тільки для учнів середнього шкільного віку ( $\chi^2=9,5$ ;  $p < 0,05$ ). У цій групі дітей частка дівчаток, які мають тривалість ЕЧ менше 120 хв на 14,6 % більша, ніж серед хлопчиків, а частка дівчаток, що поводять час перед екраном більше 240 хв на 7,1 % менша.

Поряд з підвищенням тривалості ЕЧ виявлене достовірне зниження рівня рухової активності учнів з 5-го по 10-й клас ( $F = 31,5$ ;  $p < 0,001$ ). З 5-го по 9-й клас частка дітей з низьким рівнем рухової активності зростає в 2,6 рази з  $(15,9 \pm 3,4)$  до  $(41,2 \pm 4,3)$  %. Серед старшокласників учнів з низьким рівнем рухової активності менше: 11,6 % дівчат та 16,7 % хлопців.

Встановлено, що частка дітей з небезпечним режимом харчування становить в середній віковій групі 18,6%, у старшій – 15,6%. Найбільша частка дітей з небезпечним режимом харчування спостерігається серед учнів 9-х класів – 24,1 %. Гендерні відмінності виявлені тільки при аналізі анкет учнів 5-го ( $\chi^2= 8,9$ ;  $p < 0,01$ ) та 7-го

класів ( $\chi^2= 7,4$ ;  $p < 0,05$ ). Серед хлопчиків 5-го класу частка дітей з небезпечним для здоров'я режимом харчування складає  $(20,3\pm 5,5)$  %, а серед дівчаток –  $(3,2\pm 2,2)$  %. Серед семикласників спостерігається протилежна картина: небезпечний режим харчування виявлено у  $(11,1\pm 2,9)$  % хлопчиків та у  $(23,1\pm 5,2)$  % дівчаток.

Отже, дослідження способу життя дітей шкільного віку показало, що  $76,5-88,6$  % учнів має дефіцит нічного сну,  $73,3-80,2$  % – дефіцит прогулянок на свіжому повітрі,  $15,9-41,2$  % – низький рівень рухової активності на фоні підвищення тривалості екранного часу. Показники розпорядку дня дітей змінюються у несприятливу сторону протягом навчання у школі.

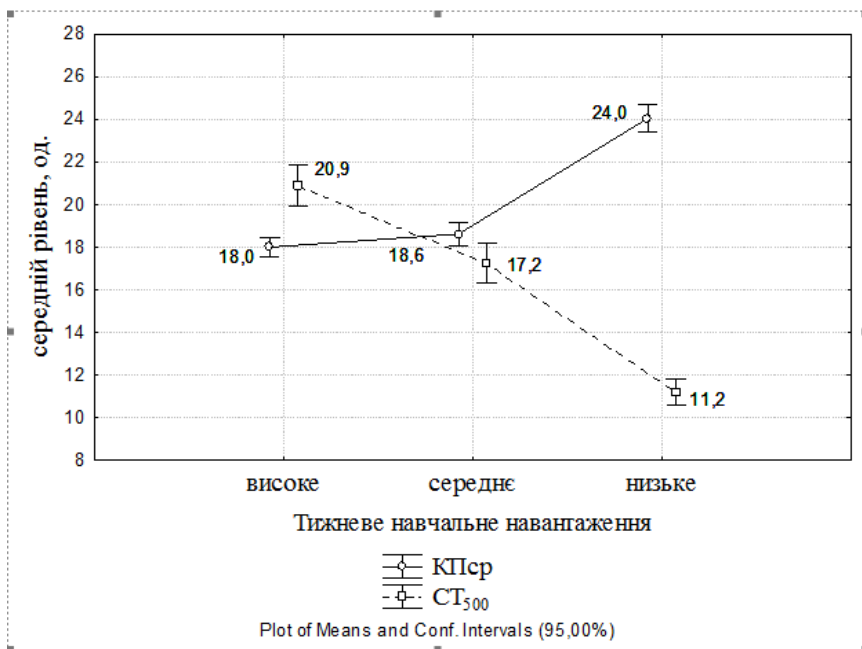
Порівнюючи отримані дані з результатами наших досліджень у 2005 році, тобто за десять років, можна стверджувати про негативну динаміку способу життя учнів. Свідченням цього є підвищення частки дітей з дефіцитом сну більше 1 години та тривалістю виконання ДЗ більш, ніж 2,5 години у групах учнів середнього шкільного віку відповідно на  $37,0$  % ( $p < 0,001$ ) та на  $64,1$  % ( $p < 0,01$ ). Також за цей період встановлено підвищення частки дітей з сильною та вираженою втомою на  $9,0-9,4$  % ( $p < 0,01$ ).

#### ***4. ВПЛИВ НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА РОЗВИТОК ВТОМИ УЧНІВ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ***

Встановлено відмінності середнього рівня продуктивності розумової працездатності в залежності від рівня кількості уроків на тиждень для молодшої ( $F = 5,2$ ;  $p < 0,05$ ), середньої ( $F = 11,6$ ;  $p < 0,001$ ) та старшої ( $F = 3,5$ ;  $p < 0,05$ ) вікових груп. У учнів молодшої вікової групи продуктивність розумової працездатності при навчальному навантаженні 20-21 год складає  $(14,8\pm 0,2)$  ум.од., а при навантаженні 24-25 год знижується до  $(13,3\pm 0,2)$  ум.од. У групі учнів середнього шкільного віку при тижневому навантаженні 35-37 год продуктивність працездатності складає  $(24,6\pm 0,5)$ , 33-34 год –  $(27,4\pm 0,3)$ , 30-32 год –  $(28,4\pm 0,7)$  ум.од. Продуктивність розумової працездатності старшокласників також знижується при підвищенні

тижневого навантаження з  $(32,1 \pm 0,5)$  ум.од. при навантаженні 30-32 год до  $(29,8 \pm 0,8)$  – при навантаженні 35-37 год. Статистично достовірні відмінності показника помилок ( $CT_{500}$ ) виявлені тільки у групі дітей молодшого шкільного віку ( $F = 14,2$ ;  $p < 0,001$ ). Так, при тижневому навантаженні 20-21 годину кількість помилок на 500 знаків складає  $(14,3 \pm 0,8)$ , а при навантаженні 24-25 годин –  $(23,9 \pm 0,6)$ .

На рис. 3 представлені середні рівні показників КПер та  $CT_{500}$  для загальної групи дослідження при різних градаціях навчального навантаження для різних вікових груп. Встановлено відмінності середніх рівнів показників розумової працездатності при різних градаціях навчального навантаження ( $F = 61,9$ ;  $p < 0,001$ ).



**Рис. 3 – Середні рівні показників розумової працездатності учнів ЗНЗ при різних градаціях тижневого навчального навантаження, од.**

Наступним критеріальним показником навчального навантаження є розподіл навчального навантаження, який оцінюється шляхом аналізу розкладів уроків. У групі учнів 1-9-х класів спостерігається покращення показників розумової працездатності зі зростанням раціональності розкладу уроків. Так, у учнів молодшої вікової групи при задовільному та раціональному розкладі уроків продуктивність розумової працездатності складає  $(14,6 \pm 0,3)$  та  $(14,6 \pm 0,2)$  ум.од. відповідно, а при нераціональному –  $(13,8 \pm 0,2)$  од. ( $F = 4,4$ ;  $p < 0,001$ ). Подібні тенденції спостерігаються при аналізі показників ОПср, ТПср та СТ<sub>500</sub>.

У дітей середнього шкільного віку при задовільному розкладі уроків продуктивність розумової працездатності вище, ніж при невідповідності гігієнічним вимогам з відповідними показниками  $(28,5 \pm 0,3)$  і  $(25,4 \pm 0,3)$  ум.од. ( $F = 43,1$ ;  $p < 0,001$ ). Показники якості роботи також мають тенденцію до покращення при задовільній оцінці розкладу уроків, але статистичного підтвердження цього факту не виявлено ( $p > 0,1$ ).

У старшій віковій групі статистичних відмінностей показників розумової працездатності в залежності від оцінки розкладу уроків не виявлено ( $p > 0,2$ ), проте виявлені тенденції, характерні для попередніх груп дослідження.

Третім критеріальним показником навчального навантаження є складність навчальних дисциплін. Сумарну складність навчальних предметів на тиждень оцінювали за розробленою нами шкалою, що представлена в табл. 10.

Таблиця 10

**Шкала оцінки тижневої складності навчальних предметів на тиждень, бали**

Тижнева складність предметів на тиждень	Низька	Середня	Висока
Молодша вікова група	108 і менше	109-129	130 і більше
Середня вікова група	208 і менше	209-216	215 і більше
Старша вікова група	222 і менше	223-226	227 і більше

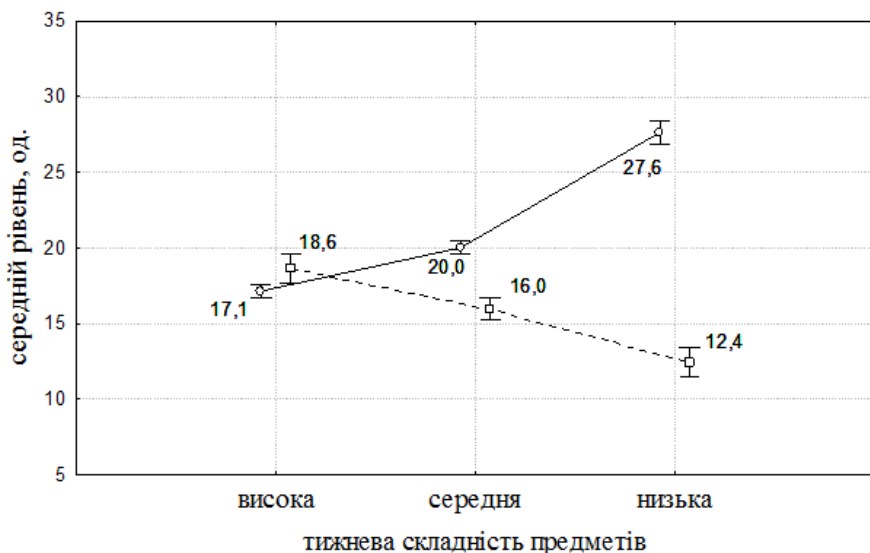
Визначено відмінності середнього рівня продуктивності розумової працездатності в залежності від рівня тижневої складності предметів для молодшої ( $F = 73,0$ ;  $p < 0,001$ ), середньої ( $F = 124,7$ ;  $p < 0,001$ ) та старшої ( $F = 3,2$ ;  $p < 0,05$ ) вікових груп.

У учнів молодшої вікової групи продуктивність розумової працездатності при тижневій складності предметів 108 балів і менше складає  $(15,2 \pm 0,5)$  ум.од., при 130 балах і вище –  $(13,2 \pm 0,2)$ . У групі учнів середнього шкільного віку при низькій складності предметів продуктивність працездатності складає  $(30,7 \pm 0,4)$  ум.од., при високій –  $(22,8 \pm 0,3)$  од.

Продуктивність розумової працездатності старшокласників також знижується при підвищенні складності предметів з  $(32,8 \pm 0,8)$  од. при низькому рівні складності до  $(30,5 \pm 0,7)$  од. при високому.

Також визначено підвищення кількості помилок ( $CT_{500}$ ) при підвищенні показника тижневої складності предметів у молодшій ( $F = 17,1$ ;  $p < 0,001$ ), середній ( $F = 15,0$ ;  $p < 0,001$ ) та старшій ( $F = 3,4$ ;  $p < 0,05$ ) вікових групах. Відмінності  $CT_{500}$  при високому рівні показника тижневої складності предметів порівняно з низьким у молодшій віковій групі складає 16,2 %, у середній – 23,4 %, у старшій – 10,1 %.

На рис. 4 представлені середні рівні показників  $KP_{cp}$  та  $CT_{500}$  для загальної групи дослідження.



Plot of Means and Conf. Intervals (95,00%)

КПср  
 СТ<sub>500</sub>

**Рис. 4 – Середні рівні показників розумової працездатності учнів ЗНЗ при різних градаціях сумарної складності предметів на тиждень, ум.од.**

При аналізі впливу факторів навчального навантаження на показник «міра стомлення» встановлено наступне.

Визначено підвищення втоми у дітей за показником МСт при підвищенні сумарного тижневого навчального навантаження ( $F = 70,3$ ;  $p < 0,001$ ), зниженні оцінки розкладу уроків ( $F = 86,1$ ;  $p < 0,001$ ), підвищенні тижневої складності предметів ( $F = 76,5$ ;  $p < 0,001$ ). Ймовірність високого рівня стомлення в 1,6 рази вища при високому та середньому рівні сумарного тижневого навантаження, ніж при низькому ( $RR = 1,57$ ; ДІ 1,30-1,89;  $p < 0,01$ ), у 3,5 рази вище при негативній та середній оцінці розкладу уроків, ніж при позитивній ( $RR = 3,54$ ; ДІ 2,56-4,89;  $p < 0,001$ ), в 2,0 рази вище при високому та середньому рівні складності предметів, ніж при низькому ( $RR = 2,0$ ; ДІ 1,70-2,34;  $p < 0,001$ ).

Для уточнення гранично допустимого тижневого навантаження в окремих класах було проведено дослідження динаміки показників розумової працездатності та стомлення в залежності від кількості уроків на день у учнів загальноосвітніх навчальних закладів з урахуванням фактичних та прогностичних даних. У групах дослідження кількість уроків на день коливалась від 3-х до 5-ти у молодшій віковій групі, від 6-ти до 8-ми у середній віковій групі та від 6-ти до 7-ми у старшій віковій групі.

Виявлені відмінності у групах дослідження в залежності від кількості уроків на день та з урахуванням віку таких показників: міра стомлення ( $F = 111,4$ ;  $p < 0,001$ ), КПер ( $F = 516,8$ ;  $p < 0,001$ ), ОПер ( $F = 417,1$ ;  $p < 0,001$ ), ТПер ( $F = 9,5$ ;  $p < 0,001$ ), СТ<sub>500</sub> ( $F = 74,0$ ;  $p < 0,001$ ). В табл. 11 представлені детальні дані щодо розподілу показників розумової працездатності та міри стомлення з урахуванням класу та кількості уроків на день.

Таблиця 11

**Характеристика показників розумової працездатності та міри стомлення учнів загальноосвітніх навчальних закладів в залежності від кількості уроків на день та класу навчання**

Кількість уроків	n	Міра стомлення, %	КПер, ум.од.	ОПер, знаки	ТПер, помилки	СТ <sub>500</sub> , помилки
<b>1 клас</b>						
3	21	31,5 ± 4,3	11,4 ± 1,0	147,4 ± 10,7	4,3 ± 0,9	19,1 ± 2,8
4	226	31,3 ± 1,3	11,6 ± 0,4	147,1 ± 3,1	4,3 ± 0,3	19,2 ± 1,1
5	331	32,0 ± 1,1	10,4 ± 0,2	135,7 ± 2,4	5,7 ± 0,3	26,4 ± 1,3
<b>2 клас</b>						
3	25	27,0 ± 2,9	16,9 ± 1,3	197,8 ± 15,2	4,7 ± 1,2	14,4 ± 2,8
4	137	28,7 ± 1,8	16,6 ± 0,5	195,6 ± 4,8	3,8 ± 0,3	12,7 ± 0,6
5	434	29,7 ± 0,9	15,7 ± 0,3	184,0 ± 3,1	4,0 ± 0,2	15,3 ± 0,7
<b>3 клас</b>						
4	139	26,0 ± 1,3	14,9 ± 0,5	200,3 ± 5,7	8,6 ± 0,7	25,2 ± 1,7
5	336	29,1 ± 1,0	13,2 ± 0,3	181,0 ± 4,0	8,9 ± 0,4	28,6 ± 1,1



Кількість уроків	n	Міра стомлення, %	КПер, ум.од.	ОПер, знаки	ТПер, помилки	СТ <sub>500</sub> , помилки
<b>4 клас</b>						
3	23	26,5 ± 2,8	14,6 ± 1,2	204,1±17,6	8,9 ± 1,5	24,4 ± 3,4
4	151	29,9 ± 1,3	16,1 ± 0,5	213,4 ± 6,7	9,6 ± 0,8	25,4 ± 1,5
5	377	31,3 ± 0,9	16,5 ± 0,3	221,9 ± 3,9	9,8 ± 0,4	27,9 ± 1,1
<b>5 клас</b>						
6	290	49,8 ± 1,9	22,8 ± 0,3	264,5 ± 3,8	4,8 ± 0,2	11,5 ± 0,6
7	49	53,2 ± 4,9	22,6 ± 0,8	265,8±10,0	5,2 ± 0,5	11,7 ± 0,7
<b>7 клас</b>						
6	190	54,6 ± 2,6	27,1 ± 0,5	311,4 ± 5,7	5,1 ± 0,3	10,1 ± 0,4
7	147	62,2 ± 2,5	26,9 ± 0,5	308,6 ± 5,8	4,9 ± 0,2	9,9 ± 0,4
<b>9 клас</b>						
6	29	45,9 ± 6,4	35,9 ± 1,5	407,0 ± 15,2	6,0 ± 0,8	9,0 ± 1,2
7	293	52,6 ± 1,9	30,7 ± 0,4	346,6 ± 4,4	4,8 ± 0,2	8,6 ± 0,3
8	21	65,7 ± 5,5	27,3 ± 0,8	321,5 ± 9,5	6,2 ± 0,7	10,9 ± 0,8
<b>10 клас</b>						
6	43	47,0 ± 5,1	33,8 ± 1,2	372,4±10,9	4,0 ± 0,5	7,0 ± 0,6
7	197	61,9 ± 2,5	31,1 ± 0,4	350,7 ± 4,9	4,9 ± 0,3	8,6 ± 0,4

В молодшій віковій групі спостерігається значиме погіршення показників розумової працездатності у групах з 5-ма уроками порівняно з 4-ма та 3-ма. При трьох уроках на день продуктивність працездатності становить (15,8±0,9) ум.од., а при 5-ти – (14,0±0,2) ум.од. ( $p < 0,01$ ). Також при 3-х та 4-х уроках значення показника СТ<sub>500</sub> становить 20,3-20,9 помилок, а при 5-ти – (23,4±0,5) ( $p < 0,01$ ). Отже, учні молодшої вікової групи демонструють більш високу розумову працездатність при трьох-чотирьох уроках на день.

Дослідження показали також зниження середніх значень показників розумової працездатності при підвищенні кількості уроків з 6-ти до 8-ми ( $p < 0,01-0,001$ ) у учнів середнього шкільного віку та з 6 до 7 – у учнів старшого шкільного віку. Найвища розумова

працездатність та найнижче стомлення виявлене у групах учнів з шістьма уроками.

Враховуючи те, що для учнів середньої вікової групи були отримані фактичні дані працездатності при 6-ти, 7-ми та 8-ми уроках на день, для перевірки гіпотези про покращення показників розумової працездатності у учнів при зменшенні кількості уроків на день, були розроблені прогностичні моделі по кожному показнику (табл. 12 та 13). Розрахунки показали, що при 5-ти уроках значення показника міра стомлення зменшиться на 9,0 %, показники КПер та ОПер підвищаться відповідно на 7,1 та 6,3 %, а показники ТПер та СТ<sub>500</sub> – знизяться на 11,3 та 7,7 % відповідно. Тобто для учнів середньої вікової групи допустима кількість уроків складає 5-6 уроків на день (25-30 уроків на тиждень).

Таблиця 12

**Характеристика показників розумової працездатності та міри стомлення учнів загальноосвітніх навчальних закладів в залежності від кількості уроків на день та віку**

Кількість уроків	n	Міра стомлення, %	КПер, од.	ОПер, знаки	ТПер, помилки	СТ <sub>500</sub> , од.
<b>молодша вікова група</b>						
3	48	29,1 ± 2,0	15,8 ± 0,9	200,8±11,4	6,7 ± 1,0	20,9 ±2,4
4	653	28,4 ± 0,7	14,8 ± 0,2	185,9±2,7	6,4 ± 0,3	20,3 ±0,7
5	1501	30,3 ± 0,5	14,0 ± 0,2	179,2±1,8	7,1 ± 0,2	23,4 ±0,5
F		2,2	5,0	3,8	0,5	5,7
p		0,11	0,01	0,05	0,60	0,01
<b>середня вікова група</b>						
5		41,8*	30,8*	347,5*	4,4*	8,6*
6	501	45,9 ± 1,5	28,8 ± 0,3	326,9±3,5	5,0 ± 0,2	9,3 ± 0,4
7	489	53,2 ± 1,5	27,3 ± 0,3	321,5±3,5	4,9 ± 0,1	10,9 ±0,2
8	21	55,2 ± 6,4	24,9 ± 0,8	287,6±9,5	6,2 ± 0,7	10,9 ±0,8
F		1,3	36,0	32,4	1,9	7,3
p		0,27	0,001	0,001	0,15	0,001

Кількість уроків	n	Міра стомлення, %	КП <sub>ср</sub> , од.	ОП <sub>ср</sub> , знаки	ТП <sub>ср</sub> , помилки	СТ <sub>500</sub> , од.
<b>старша вікова група</b>						
6	43	47,0 ± 5,1	33,8 ± 1,2	350,7±10,9	4,0 ± 0,5	7,0 ± 0,6
7	197	61,9 ± 2,5	31,1 ± 0,4	372,4±4,9	4,9 ± 0,3	8,6 ± 0,4
F		6,7	5,7	4,1	1,5	3,9
p		0,01	0,02	0,05	0,2	0,05

Примітка: \* – розраховані значення

Таблиця 13

**Прогностичні моделі динаміки показників працездатності учнів середнього шкільного віку залежно від кількості уроків на день**

Показник	Темп приросту, %	R <sup>2</sup>	Модель
Міра стомлення	9,0	0,902	$y = 4,65x + 51,4$
КП <sub>ср</sub>	-7,1	0,980	$y = -1,916x + 26,9$
ОП <sub>ср</sub>	-6,3	0,850	$y = -19,639x + 312,0$
ТП <sub>ср</sub>	11,3	0,707	$y = 0,6032x + 5,3$
СТ <sub>500</sub>	7,7	0,765	$y = 0,797x + 10,4$

Розрахунки показали відмінності градацій втоми в залежності від кількості уроків у молодшій ( $\chi^2 = 143,5$ ;  $p < 0,001$ ), середній ( $\chi^2 = 24,4$ ;  $p < 0,001$ ) та старшій вікових групах ( $\chi^2 = 9,4$ ;  $p < 0,01$ ).

Ймовірність розвитку високого рівня стомлення у дітей молодшої вікової групи при п'яти уроках вища в 1,6 разів, ніж при 3-4-х уроках (RR = 1,64; ДІ 1,39-1,92;  $p < 0,001$ ). Ймовірність розвитку високого рівня стомлення у дітей середньої вікової групи при семи уроках вища в 1,3 рази (RR = 1,29; ДІ 1,01-1,68;  $p < 0,05$ ) та при восьми уроках вища у 1,7 рази (RR = 1,68; ДІ 1,29-2,20;  $p < 0,001$ ), ніж при шести уроках. Ймовірність розвитку високого рівня стомлення у дітей старшої вікової групи при семи уроках вища в 1,5 рази (RR=1,46; ДІ 1,08-1,98;  $p < 0,05$ ), ніж при шести уроках.

Спостереження за поведінковими реакціями учнів молодшого шкільного віку показало, що при трьох-чотирьох уроках на день початок відволікань настає пізніше, ніж при п'яти уроках. Результати

хронометражу поведінкових реакцій учнів середнього та старшого шкільного віку також свідчать про більш ранній початок процесів збудження та гальмування при підвищенні кількості уроків (табл.14).

Таблиця 14

**Результати хронометражу поведінкових реакцій учнів середнього та старшого шкільного віку, хв.**

Клас	Кількість уроків	Початок збудження	Початок гальмування
5	5	10,5± 0,6	21,3± 0,6
	6	11,4 ± 0,7	21,5 ± 0,8
	7	6,5 ± 0,0	18,8 ± 1,8
7	6	9,1 ± 1,2	21,2 ± 0,8
	7	8,1 ± 1,6	20,7 ± 0,6
9	6	17,6 ± 4,8	19,7 ± 0,4
	7	12,4 ± 1,3	21,7 ± 0,8
	8	10,1± 1,3	17,9± 0,8
10	6	10,6 ± 1,1	18,9 ± 1,3
	7	9,9 ± 0,8	18,0 ± 0,9

Отже, враховуючи динаміку розумової працездатності, розвитку втоми учнів, хронометражні спостереження за поведінковими реакціями, прогностичні дані та розрахунки ризиків, можна рекомендувати навантаження на учнів за показником кількості уроків на тиждень відповідно до таблиці 15.

Таблиця 15

**Регламентация тижневого навчального навантаження учнів загальноосвітніх навчальних закладів**

Тижневе навчальне навантаження	Клас									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість годин (уроків) на тиждень	15-20	16-21	17-22	18-23	25-27	25-28	25-30	25-30	27-30	28-32

## **5. ВПЛИВ СПОСОБУ ЖИТТЯ ТА ЗАХВОРЮВАНОСТІ УЧНІВ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА РОЗВИТОК ВТОМИ**

Під час даного дослідження встановлено, що підвищення кількості уроків на тиждень призводить до підвищення тривалості виконання домашнього завдання ( $F = 37,6$ ;  $p < 0,001$ ), скорочення тривалості прогулянок ( $F = 21,6$ ;  $p < 0,001$ ) та сну ( $F = 420,8$ ;  $p < 0,001$ ) в усіх вікових групах.

Вивчення впливу позашкільних факторів на рівень розумової працездатності показало наступне.

При підвищенні рівня рухової активності учнів підвищується об'єм ( $F = 3,0$ ;  $p < 0,05$ ) та продуктивність працездатності ( $F = 3,1$ ;  $p < 0,05$ ), але не змінюється точність ( $p > 0,5$ ). Встановлено прямий зв'язок продуктивності працездатності з самопочуттям ( $r = 0,10$ ;  $p < 0,05$ ), тривалістю перебування на відкритому повітрі ( $r = 0,15$ ;  $p < 0,001$ ), тривалістю сну ( $r = 0,26$ ;  $p < 0,001$ ), харчуванням ( $r = 0,12$ ;  $p < 0,001$ ); а також обернений зв'язок з тривалістю комп'ютерних ігор ( $r = -0,16$ ;  $p < 0,01$ ), загального екранного часу ( $r = -0,13$ ;  $p < 0,001$ ) та виконання домашніх завдань (ДЗ) ( $r = -0,10$ ;  $p < 0,001$ ).

Встановлено зв'язок факторів способу життя та міри стомлення учнів. При нераціональному режимі харчування частка дітей з високою мірою стомлення складає ( $72,3 \pm 2,7$ ) %, при задовільному – ( $55,1 \pm 7,0$ ) %. Ймовірність високого рівня стомлення в 1,3 рази вища при нераціональному режимі харчування, ніж при раціональному ( $RR = 1,33$ ; ДІ 1,03 – 1,75;  $p < 0,05$ ).

При зниженні тривалості сну виявлено підвищення середніх значень показника МСт ( $F=44,7$ ;  $p<0,001$ ). В загальній групі дослідження ймовірність високого рівня стомлення в 1,3 рази вища при дефіциті сну, ніж при достатньому сну ( $RR=1,31$ ; ДІ 1,07-1,62;  $p < 0,01$ ).

У всіх групах дослідження виявлено підвищення частки дітей з втомою з підвищенням тривалості екранного часу ( $F = 33,1$ ;  $p < 0,001$ ). Для загальної групи дослідження тривалість екранного часу (ЕЧ) 120-

180 хв. на день підвищує ймовірність розвитку сильної втоми у учнів порівняно з тривалістю ЕЧ менше 120 хв на 45,4 % (RR = 1,45; ДІ 1,21 – 1,75;  $p < 0,001$ ); тривалість ЕЧ 180-240 хв - на 61,7 % (RR = 1,62; ДІ 1,25 – 2,09;  $p < 0,001$ ); тривалість ЕЧ більше 240 хв – на 61,7 % (RR = 1,62; ДІ 1,25 – 2,09).

Визначено підвищення показника МСт при підвищенні тривалості виконання ДЗ ( $F = 42,8$ ;  $p < 0,001$ ). Перевищення тривалості виконання ДЗ на 1 год підвищує ймовірність незадовільного зсуву працездатності у учнів ЗНЗ в 2,9 разів (RR = 2,93; ДІ 1,89 – 4,54;  $p < 0,001$ ).

Для уточнення рекомендованих нормативів щодо тривалості виконання ДЗ на основі фактичних даних (середніх значень та сигмального відхилення) для кожного класу, що приймав участь у дослідженні, була розроблена шкала оцінки тривалості ДЗ (табл. 16).

Таблиця 16

**Шкала оцінки тривалості виконання домашнього завдання учнями загальноосвітніх навчальних закладів, хв.**

Клас	Рівень тривалості виконання домашнього завдання хв		
	низький	середній	високий
1	–	–	30 хв і більше
2	56,7 і менше	56,8–121,2	121,1 і більше
3	58,2 і менше	58,3–124,9	124,8 і більше
4	60,4 і менше	60,5–127,8	127,7 і більше
5	60,5 і менше	60,6–129,9	129,8 і більше
7	64,5 і менше	64,6–131,0	131,1 і більше
9	66,7 і менше	66,8–131,8	131,9 і більше
10	83,3 і менше	83,6–150,5	150,6 і більше

Визначено взаємозв'язок градацій тривалості виконання ДЗ за розробленою шкалою та градацій втоми ( $\chi^2 = 49,4$ ;  $p < 0,001$ ). При високій тривалості виконання ДЗ високий рівень стомлення виявлений у  $(65,3 \pm 3,7)$  % учнів обстеженої когорти, низький – у  $(7,2 \pm 2,0)$  %

учнів. При середній тривалості виконання ДЗ відповідні показники складають ( $37,4 \pm 2,9$ ) та ( $11,9 \pm 2,0$ ) %, при низькій – ( $29,2 \pm 3,7$ ) та ( $12,3 \pm 2,6$ ) %.

Ймовірність розвитку сильної втоми при високій тривалості виконання ДЗ вище в 2,2 рази, ніж при низькій ( $RR = 2,23$ ; ДІ 1,71 – 2,92;  $p < 0,001$ ) та в 1,7 разів, ніж при середній ( $RR = 1,75$ ; ДІ 1,44 – 2,11;  $p < 0,001$ ).

Враховуючи досить високий ізольований вплив фактору «тривалість виконання ДЗ» (37,0 %) у загальну дисперсію показника «міра стомлення» та високу ймовірність збереження працездатності при низькому рівні тривалості виконання ДЗ для використання у практиці загальноосвітніх навчальних закладів можна рекомендувати наступні нормативи домашніх занять за шкільною програмою: у молодших (окрім першого) і середніх класах – до 1 години, у старших – до 1,5 годин на день. Першокласникам не рекомендується задавати обов'язкові домашні завдання.

Визначено підвищення показника МСт при зниженні тривалості прогулянок ( $F = 35,5$ ;  $p < 0,001$ ). Порівняно з перебуванням на відкритому повітрі 2 год і більше протягом дня ймовірність розвитку сильної втоми підвищується в 2,4 рази при прогулянках 1-2 години ( $RR = 2,43$ ; ДІ 1,81-3,27;  $p < 0,001$ ) та в 3,1 рази – при прогулянках менше 1 години ( $RR = 3,10$ ; ДІ 2,25-4,28;  $p < 0,001$ ).

Окрім екзогенних факторів (шкільних та позашкільних) на працездатність та втому учнів можуть впливати ендогенні фактори, зокрема захворюваність дітей.

Встановлено, що діти молодшого шкільного віку, які мають хронічні захворювання, роблять більше помилок ( $CT_{500}$ ) під час коректурних проб, ніж діти без хронічних захворювань на 12,9 % ( $t = 2,6$ ;  $p < 0,01$ ). Середня кількість переглянутих знаків та продуктивність працездатності між цими групами у учнів молодшого шкільного віку статистично не відрізняється ( $p > 0,1$ ).

Вивчення показників розумової працездатності у групах дітей середнього шкільного віку з хронічними захворюваннями та без них виявило, що у дітей з хронічними захворюваннями продуктивність

працездатності нижча на 8,7 % ( $t = 2,7$ ;  $p < 0,01$ ), а  $CT_{500}$  статистично не відрізняється ( $p = 0,62$ ).

У старшій віковій групі не виявлено достовірних відмінностей показників розумової працездатності у залежності від наявності чи відсутності хронічних захворювань ( $p > 0,2$ ).

Підсумкова таблиця ізольованого впливу вивчених факторів на розумову працездатність, стомлення та академічну успішність загальної групи дослідження представлена у табл. 17.

Таблиця 17

**Особливості внеску екзо- та ендогенних факторів при їх ізольованій дії у загальну дисперсію показників розумової працездатності, стомлення та академічної успішності учнів загальноосвітніх навчальних закладів, %**

Фактор	Продуктивність розумової працездатності	Стомлення	Академічна успішність
<b>Ендогенні фактори</b>			
вік	$50,9 \pm 0,03^{**}$	$35,7 \pm 0,8^{**}$	$17,3 \pm 0,6^{**}$
клас	$58,1 \pm 0,1^{**}$	$39,8 \pm 0,5^{**}$	$10,3 \pm 0,8^{**}$
стать	$51,7 \pm 0,1^{**}$	$38,7 \pm 0,3^{**}$	$9,5 \pm 0,1^{**}$
група здоров'я	$51,2 \pm 0,1^{**}$	$39,8 \pm 0,4^{**}$	$7,7 \pm 1,1^{**}$
стомлення	$51,3 \pm 0,1^{**}$	–	$14,1 \pm 1,0^{**}$
успішність	$49,8 \pm 0,1^{**}$	$40,4 \pm 0,7^{**}$	–
<b>«Шкільні» фактори</b>			
тижневе навантаження	$54,9 \pm 0,1^{**}$	$40,5 \pm 0,6^{**}$	$9,6 \pm 0,9^{**}$
складність предметів	$55,3 \pm 0,1^{**}$	$42,6 \pm 0,6^{**}$	$10,1 \pm 1,0^{**}$
розклад уроків	$48,8 \pm 0,1^{**}$	$42,2 \pm 0,5^{**}$	$8,8 \pm 0,9^{**}$
<b>Фактори режиму дня</b>			
рухова активність	$8,0 \pm 0,4^{**}$	$2,61 \pm 1,5$	$3,8 \pm 1,6$
харчування	$7,3 \pm 0,4^{**}$	$2,4 \pm 1,5$	$5,1 \pm 1,5^*$
тривалість прогулянок	$26,8 \pm 0,1^{**}$	$38,3 \pm 1,8^{**}$	$10,9 \pm 1,4^{**}$
тривалість виконання ДЗ	$22,7 \pm 0,1^{**}$	$37,0 \pm 0,9^{**}$	$9,7 \pm 1,1^{**}$
тривалість сну	$7,6 \pm 1,9^{**}$	$35,7 \pm 0,8^{**}$	$8,9 \pm 1,0^{**}$
екранний час	$18,3 \pm 2,6^{**}$	$37,1 \pm 1,1^{**}$	$10,8 \pm 1,4^{**}$

Примітка: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$



Отже, враховуючи виявлені залежності, а також дані наших попередніх досліджень та фахової наукової літератури, можна рекомендувати рівні гранично допустимого навчального навантаження та факторів способу життя, які представлені у табл. 18, для застосування у практиці загальноосвітніх навчальних закладів.

Таблиця 18

**Гігієнічні рекомендації щодо регламентації факторів навчального навантаження та способу життя учнів загальноосвітніх навчальних закладів**

Фактори	Молодша вікова група	Середня вікова група	Старша вікова група
Початок першого уроку (час)	8:30-9:00	9:30-10:00	10:00-10:30
Кількість уроків на тиждень (годин)	20-23	25-30	28-32
Тижнева складність предметів (балів)	108 і менше	208 і менше	222 і менше
Кількість навчальних дисциплін у розкладі уроків (од.)	не більше 8	не більше 13	не більше 13
тривалість ДЗ (годин)	1 і менше (в 1-му класі без обов'язкових ДЗ)	1 і менше	1,5 і менше
тривалість сну (годин)	10 і більше	9 і більше	8 і більше
тривалість екранного часу (годин)	2 і менше	2 і менше	3 і менше
тривалість перебування на відкритому повітрі (годин)	2 і більше		

Базуючись на отриманих результатах динаміки розумової працездатності, розвитку втоми, хронометражних досліджень за поведінковими реакціями учнів вважаємо, що гранично допустимим рівнем тижневого навчального навантаження на дітей, включаючи години на фізичну культуру, є: у 1-му класі – 20 уроків; 2-му – 21; 3-му – 22; 4-му – 23; 5-му – 27; 6-му – 28; 7-9-х – 30; 10-11-х – 32 уроки на тиждень.

## ВИСНОВКИ

1. За період навчання у школі зростає поширеність захворювань серед учнів у 1,8 рази: з 120,7 на 100 дітей у молодшому шкільному віці до 176,0 – у середньому та 218,9 – у старшому. Виявлено, що протягом навчання у школі в 2,0 рази підвищується поширеність хвороб кістково-м'язової системи та сполучної тканини ( $t=7,16$ ;  $p < 0,001$ ) та хвороб ока та придаткового апарату ( $t=2,86$ ;  $p < 0,001$ ), в 3,0 рази – поширеність хвороб системи кровообігу ( $t=3,91$ ;  $p < 0,001$ ), в 4,0 рази – поширеність ендокринних хвороб, розладів харчування та обміну речовин ( $t=2,0$ ;  $p < 0,05$ ), в 4,5 рази – поширеність хвороб нервової системи ( $t=4,73$ ;  $p < 0,001$ ).

Встановлено підвищення частки дітей з невротичними розладами в учнів з 1-го по 10-й клас у 2,2 рази: з 11,2 % у молодшій віковій групі до 19,0 % - в середній та 24,7 % – у старшій ( $p < 0,01$ ).

Самооцінка здоров'я учнів від 5-го до 10-го класу зменшується на 33 %: з 3,26 до 2,18 балів ( $p < 0,001$ ). Пік відчуття бадьорості дітей середньої і старшої вікової групи (за виключенням п'ятикласників) зміщується на вечірні години.

2. Встановлено особливості розумової працездатності та розвитку втоми дітей. В динаміці навчального дня пік відносно високої працездатності учнів зміщується у 1-4 класах на 4-5 уроки, 5 класі на 3-5 уроки, у 7-10 класах – на 5 урок, що свідчить про затягування процесу впрацювання. Сьомий урок в усіх середніх та старших класах характеризується зниженням як кількісної, так і якісної складових працездатності, що робить його недоцільним. Прояви сильної та вираженої втоми під час перших двох-трьох уроків мають 14,4-63,8 % дітей, що, враховуючи процес тривалого впрацювання, можна характеризувати як явище десинхронозу, невідповідності циркадних та соціальних ритмів. Частка учнів з сильною втомою зросла за період з 2005 до 2015 року з  $22,2 \pm 3,5$  % до  $52,6 \pm 1,1$  % ( $t=10,8$ ;  $p < 0,001$ ).

3. Тижневе навчальне навантаження перевищує гранично допустиме (відповідно до чинного законодавства) в усіх вікових

групах до 3-х годин. Кількість навчальних дисциплін у розкладі уроків досягає 18-20 в середніх та старших класах. Частка важких для учнів навчальних предметів зростає від 1-го до 11 класу від 33 % до 80 %. Це підвищує ризик розвитку сильної втоми у дітей на 39-100 % ( $p < 0,05-0,001$ ) та свідчить про невідповідність обсягу та змісту навчальної програми психофункціональним можливостям дітей.

4. Встановлено негативні особливості способу життя учнів. Достатню тривалість нічного сну мають 7,6-15,9 % дітей молодшого шкільного віку, 13,7-37,9 % – середнього, 21,9 % – старшого; тривалість екранного часу більше 4-х годин виявлена відповідно у 3,1 %, 12,9 % та 71,9 % учнів ( $p < 0,001$ ); частка дітей з низьким рівнем рухової активності зростає від 5-го до 9-го класу в 2,6 рази: з 15,9 до 41,2 %; частка дітей із загальним статичним позашкільним навантаженням більше 300 хв зростає з 1-го по 10-й класи в 10,7 разів ( $p < 0,001$ ); тривалість перебування на відкритому повітрі менше 2 годин на день характерна для 73,3-80,2 % учнів різних вікових груп; небезпечне харчування мають 15,6-18,6 % дітей середнього та старшого шкільного віку. Такі особливості способу життя підвищують ймовірність розвитку сильної втоми у дітей у 1,33-3,59 рази ( $p < 0,05-0,001$ ).

Встановлено негативну динаміку способу життя учнів середнього шкільного віку за останні десять років: підвищення частки дітей з дефіцитом сну більше 1 години на 37,0 % ( $p < 0,001$ ), тривалістю виконання домашніх завдань більш, ніж 2,5 години на 64,1% ( $p < 0,01$ ), зниження рівня рухової активності на 16,4-18,0 % ( $p < 0,01$ ).

5. На розумову працездатність та втому учнів впливають такі досліджені фактори (у порядку зменшення ізольованого впливу фактору): важкість навчальних предметів, кількість уроків на тиждень, захворюваність, розклад уроків, тривалість перебування на відкритому повітрі, тривалість виконання домашніх завдань, тривалість екранного часу, тривалість сну, рівень рухової активності, харчування (ізольований вклад факторів від 54,9 до 7,3 %,  $p < 0,05-0,01$ ).

6. Доведено, що гранично допустимим навчальним навантаженням на учнів 1 класу є 20 годин на тиждень, 2-го – 21, 3-го

– 22, 4-го – 23, 5-го – 27, 6-го – 28, 7-9-го – 30, 10-11-го – 32; тривалість домашніх завдань – 1 година для учнів 2-9 класів, 1,5 години – для учнів 10-11 класів. З метою усунення явища десинхронозу доцільним є початок навчального дня в 1-4-х класах о 8:30-9:00 годині, 5-9-х класах – о 9:30-10:00 годині, 10-11-х – о 10:00-10:30 годині. Актуальним є перегляд змісту Державного стандарту середньої освіти з метою зменшення сприйняття дітьми навчальних предметів як важких, а також щодо зменшення кількості навчальних дисциплін у розкладі уроків до 8 у молодших та 10-13 у середніх та старших класах.

Розроблені рекомендації щодо тривалості певних складових способу життя дітей шкільного віку в бюджеті дня, зокрема, тривалості виконання домашніх завдань (до 1 год. для учнів 1-9 кл, 1,5 год. – 10-11 кл), перебування на відкритому повітрі (не менше 2 годин), сну (не менше 10 год. для учнів 1-4 класів, 9 год. – 5-9 кл, 8 год. – 10-11 кл), загального екранного часу (не більше 120 хв. для учнів 1-9 кл, 180 хв – 10-11 кл). Також потребує оптимізації харчування учнів.

Окремого наукового дослідження потребує встановлення оптимального рівня рухової активності учнів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Даниленко Г.М. Гігієнічні основи системної оптимізації формування здоров'я дітей в умовах загальноосвітнього навчального закладу : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня доктора медичних наук: спец. 14.02.01 «Гігієна» / Г.М. Даниленко. – К., 2007 – 40 с.

2. Коренев М.М. Медико-соціальні основи охорони і зміцнення здоров'я підростаючого покоління / М.М. Коренев // Якість життя як критерій оцінки здоров'я дітей і підлітків : матер. наук.-практ. конф. – Харків. –2011. – С. 64-66.

3. Моїсеєнко Р.О. Частота та структура захворюваності дітей в Україні та шляхи її зниження / Р.О. Моїсеєнко // Современная педиатрия. – 2009 – № 2 (24). – С. 10-14.

4. Гігієнічні проблеми збереження здоров'я дітей в сучасних умовах реформування освіти в Україні / А.М. Сердюк, Н.С. Полька, Г.М. Єременко та ін. // Гігієна населених місць : збірник наукових праць. – Київ, 2004. – Вип. 43. – С. 402-406.

5. Гігієнічні проблеми збереження і зміцнення здоров'я дітей та шляхи їх вирішення / Н. С. Полька, О. В. Бердник, Н. Я. Яцковська та ін. // Профілактична медицина: проблеми і перспективи : матер. наук.-практ. конф. до 75-річчя санітарно-гігієнічного факультету. – К., 2005. – С. 291-295.

6. Даниленко Г.М. Статеві-вікові особливості динаміки патологічної ураженості учнів початкової та основної школи / Г.М. Даниленко, Р.О. Моїсеєнко, Л.І. Пономарьова // Актуальні питання фізіології, патології та організації медичного забезпечення дітей шкільного віку та підлітків : матер. наук.-практ. конф. – Харків, 2012. – С. 68-71.

7. Проблеми здоров'я дітей шкільного віку / В.П. Неділько, Т.М. Камінська, С.А. Руденко, Л.П. Пінчук // Вісник Черкаського університету. - Черкаси, 2010. - Вип. 180. - С. 70 - 75.

8. Полька Н. Гігієнічне забезпечення умов життєдіяльності дітей у загальноосвітніх навчальних закладах / Н. Полька, С. Гозак // Гуманітарний вісник : зб. наук. пр. – Переяслав-Хмельницький, 2011. – Вип. 23. – С. 186-190.

9. Даниленко Г.М. Вплив соціально-гігієнічних та соціально-психологічних факторів внутрішньошкільного середовища на функціональний стан учнів початкової школи / Г.М.Даниленко, Л.В. Подрігало, С.А. Пашкевич // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2008. – Т.12, № 1. – С. 114-118.

10. Картавенко Л.В. Здоровьесберегающие технологии в школе здоровья «Самсон» / Л.В. Картавенко // Дети, молодежь и окружающая среда: здоровье, образование, экология : матер. Второй

международной науч.-практич. конф. (Барнаул, 5-10 июля 2013 г.). – Барнаул, 2013. – С. 94.

11. Пашкевич С.А. Гігієнічні особливості впливу внутрішньошкільних факторів на стан здоров'я та якість життя молодших школярів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія» / С.А. Пашкевич. – Донецьк, 2008. – 20 с.

12. Sketerskiene R. Associations between schoolchildren's educational load and health, and the day's routine / R. Sketerskiene, G. Surkiene, K. Zagminas // *Medicina (Kaunas)*. – 2009. – Vol. 45. – N 5. – P.395-404.

13. A prospective examination of children's time spent outdoors, objectively measured physical activity and overweight / V. Cleland, D. Crawford, L.A. Baur [et al.] // *Int J Obes.* - 2008. - № 32 - P.1685 - 1693.

14. Back education in elementary schoolchildren: the effects of adding a physical activity promotion program to a back care program / G.M. Cardon, D.L. de Clercq, E.J. Geldhof [et al.] // *Eur Spine J.*– 2007. – N 16(1). – P.125-33.

15. Bedtime, television and computer habits of primary school children in Germany / E. Heins, C. Seitz, J. Schuz [et al.] // *Gezundheitswesen.* – 2007. – Vol. 69. – N 3. – P. 151 - 157.

16. Differences in the school curriculum and the success of students in some secondary schools / Z. Puharic, A. Ticinovicivancic, N. Petricevic, T. Miklic // *The 16th Congress of the European Union for School and University Health and Medicine «EUSUHM–2011» Education and health from childhood to adult life (9–11 June 2011, Moscow, Russia)*. – Moscow, 2011. – P. 203.

17. Evidence based physical activity for school-age youth / W.B. Strong, C.J. Blimkie, R.M. Malina [et al.] // *J Pediatr.* - 2005. - Vol. 146 - P. 732-737.

18. Feasibility of increasing childhood outdoor play and decreasing television viewing through a family-based intervention in WIC, New York State, 2007-2008 / K.K. Davison, L.S. Edmunds, B.A. Wyker [et al.] // *Prev Chronic Dis.* – 2011. – № 8. – P. 54.

19. Guimaraes G.V. Physical activity: practice this idea / G.V. Guimaraes, E.G. Ciolac // *Am J Cardiovasc Dis.* – 2014. – N 1. – P. 31-33.

20. Juresa V. Increasing of risks for cardiovascular diseases in school children / V. Juresa, V. Musil, M. Majer // *The 16th Congress of the European Union for School and University Health and Medicine «EUSUHM–2011» Education and health from childhood to adult life (9–11 June 2011, Moscow, Russia).* – Moscow, 2011. – P. 94.

21. L’Hoir M. Healthy children in sound communities, an intervention study / M. L’Hoir, E. Kloeze, D. Schmelt // *The 16th Congress of the European Union for School and University Health and Medicine «EUSUHM–2011» Education and health from childhood to adult life (9-11 June 2011, Moscow, Russia).* – Moscow, 2011. – P. 136.

22. Niehaus K. A longitudinal study of school connectedness and academic outcomes across sixth grade / K. Niehaus, K.M. Rudasill // *J Sch Psychol.* – 2012. – Vol. 50. – N 4. – P. 443 - 460.

23. Predictors of low back pain in British schoolchildren: a population-based prospective cohort study / G.T. Jones, K.D. Watson, A.J. Silman [et al.] // *Pediatrics.* – 2003. – Vol. 111. – N 4 (Pt 1). – P. 822 - 828.

24. Punis D. Psychological welfare for children and youth / D. Punis // *The 16th Congress of the European Union for School and University Health and Medicine «EUSUHM–2011» Education and health from childhood to adult life (9–11 June 2011, Moscow, Russia).* – Moscow, 2011. – P. 209.

25. Spinola e Castro AM. Interventions for preventing obesity in children / A.M. Spinola e Castro // *San Paulo Med J.* – 2014. – Vol. 132. – № 2. – P. 128-129.

26. Wistoft K. Value reflected health education in primary schools / K. Wistoft // *The 16th Congress of the European Union for School and University Health and Medicine «EUSUHM–2011» Education and health from childhood to adult life (9–11 June 2011, Moscow, Russia).* – Moscow, 2011. – P. 292.

27. Розенблат В. В. Проблема утомления / В. В. Розенблат. – Москва: Медгиз, 1961 – 218 с.

28. Ильин Е. П. Сила нервной системы и методики ее исследования / Е.П. Ильин // Психофизиологические основы физического воспитания и спорта. – Л., 1972. – С. 5-15.

29. Седнев В.В. Детский опросник неврозов (ДОН): Методические указания / В.В. Седнев, З.Г. Збарский, А.К. Бурцев. — Донецк, 1997. – 8 с.

30. Антропова М. В. Работоспособность учащихся и ее динамика в процессе учебной и трудовой деятельности / М. В. Антропова. – М. : Просвещение, 1967. – 251 с.

31. Paul Kelleya / Social Jetlag and Obesity / Paul Kelleya, Roenneberg T., Allebrandt K.V. et al. // Current Biology. – 2012. – Vol. 22, Is. 10. – P. 939-943.

32. Roenneberg Till / Internal Time : Chronotypes, Social Jet Lag, and Why You're So Tired. – 2012, Harvard University Press. – 288 с.

33. Гребняк Н.П. Гигиеническая оценка и регламентация учебной нагрузки в средних классах гимназий / Н.П. Гребняк, Е.В. Вербаховская // Гигиена и санитария. – 1999. – № 3. – С. 40-42.



## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН, ПОШИРЕННОСТІ ДЕФЕКТІВ НАДАННЯ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ТА ЇХ НАСЛІДКІВ ЗА РУБЕЖЕМ І В УКРАЇНІ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ**

*Сердюк А.М., Скалецький Ю.М., Риган М.М., Лобачова Т.І.*

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ**

Пацієнти лікувально-профілактичних закладів уже за станом свого здоров'я є групою підвищеного ризику. Не застраховані вони й від можливості впливу негативних наслідків помилок медичного персоналу при виконанні діагностичних та лікувальних процедур. За даними ВООЗ ризик нещасного випадку у сфері авіаційних перевезень складає 1 на 3 мільйони, у той час як ризик нещасного випадку в лікарні – 1 на 300.

Помилки в медичній практиці є досить поширеним явищем навіть у розвинених країнах світу. Наприклад, у Великобританії, відповідно до офіційно оприлюднених даних, помилки в роботі персоналу медичних закладів щороку стають причиною смерті близько 70 тис. пацієнтів. У тій чи іншій мірі від неправильно обраного методу лікування страждає кожний двадцятий британський пацієнт. І ці дані не враховують так званих «прикритих» випадків невдалих медичних втручань.

У США, де система інформування громадськості про проблеми у медичній галузі є однією з найбільш відкритих, дані про випадки професійних недоліків медиків просто вражають. Згідно з проведеними Інститутом медицини США дослідженнями, жертвами медичних помилок щорічно стають понад 100 тис. американців, а самі медичні помилки займають п'яте місце серед причин смертності в країні. За даними Американської медичної асоціації кожні 15 хвилин від медичних помилок або недбалості медичного персоналу вмирають

п'ятеро людей. За даними Центру з контролю і профілактики захворювань США 75 000 пацієнтів щорічно помирають в лікарнях лише тільки від лікарняних інфекцій, із них 400 000 смертей щорічно через лікарські помилки. В лікувальних установах показники вище. Нові дані, які складають близько 180 000 смертей на рік, були представлені в доповіді Управління Генерального Інспектора в Департаменті охорони здоров'я та соціальних служб США [1].

За даними досліджень, у Німеччині жертвами медичних помилок щорічно стають майже 100 тис. пацієнтів. За статистикою, стан 11% хворих погіршується внаслідок саме неправильного лікування, а 8% медичних помилок призводять до летальних наслідків.

Особливо складна ситуація в Італії, де система охорони здоров'я вважається однією з найменш ефективних та, водночас, найбільш консервативних в Європі. За даними досліджень, кожного року від медичних помилок страждають понад 90 тис. італійців. За період з 2000-го по 2006 рік більш як 35 тис. громадян Італії направили скарги про недоліки медичної служби до Трибуналу з охорони прав хворого – спеціально створеного для розгляду скарг пацієнтів.

Збитки національної економіки від наслідків лікарських помилок сягають десятків мільярдів доларів США на рік.

У доповіді Інституту медицини США: «Людині властиво помилятися» [2]., привернута увага громадськості і політиків на поширеність медичних помилок у США. У цій же доповіді поставлено чітку мету: «Враховуючи нинішні знання про величину проблеми, комітет вважає, що було б безвідповідально очікувати щось менше, ніж скорочення кількості помилок протягом п'яти років на 50 %». У рамках чотирьох частин стратегії ІОМ було рекомендовано започаткувати систему звітності лікарських помилок. Очевидно, що недоліки, які відбуваються в медицині, не можуть бути зменшені, якщо вони не оцінюються [3].

Очевидно, що помилки, які відбуваються в медицині, не можуть бути зменшені, якщо вони не оцінюються. Реальна ситуація

щодо лікарських помилок в Україні невідома, але відсутні підстави надіятись, що вона краща ніж в інших країнах. Статистика лікарських помилок у нас практично відсутня, і лише окремі випадки негативних наслідків лікарського втручання стають відомими громадськості. Вітчизняна судова практика з цієї категорії справ не оприлюднюється, хоча і не приховується. Діюча в Україні система реагування на лікарські помилки в основному зосереджена не на попередженні, а на наслідках і носить переважно репресивний характер. Серед вітчизняних наукових публікацій у цій сфері переважають роботи медико-юридичного спрямування.

Планом Ради Європи для України на 2011–2014 рр. є розробка Плану Дій у галузі безпеки пацієнтів вважалась одним з ключових завдань, поставлених перед нашою державою. Метою розробки Плану Дій було покращення стану здоров'я громадян України шляхом розробки політики, спрямованої на посилення безпеки пацієнтів, запобігання медичним помилкам і зменшення видатків, пов'язаних з несумлінним виконанням обов'язків, шляхом реалізації Рекомендацій (2006) щодо управління безпекою пацієнтів та запобігання інцидентам у сфері охорони здоров'я. Однак такий план МОЗ України не розроблено.

**Мета роботи:** дослідити причини, поширеність, наслідки дефектів надання медичної допомоги у вітчизняних лікувально-профілактичних закладах та методологію з їх попередження.

**Об'єктом досліджень** науково-дослідної роботи була система забезпечення і контролю якості надання медичної допомоги.

**Матеріал і методи дослідження.** Матеріалом дослідження служили вітчизняна нормативно-правова база з забезпечення і контролю якості надання медичної допомоги, документи ВООЗ і наукові публікації вітчизняних та зарубіжних фахівців з безпеки пацієнтів, річні звіти про роботу закладів охорони здоров'я м. Києва і Київської обл., медичні карти стаціонарних хворих, результати ТЛД – аудиту гамма-терапевтичних апаратів.

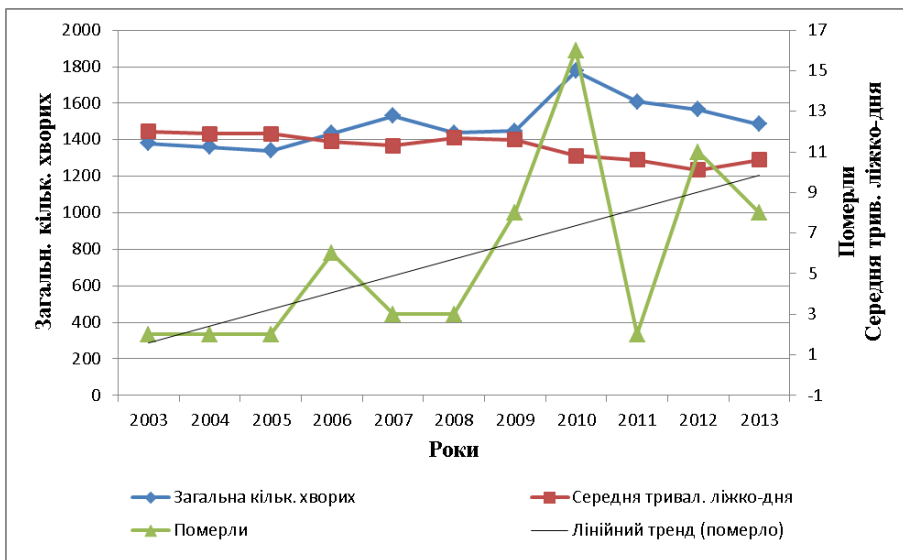
**Методи дослідження:** аналітичний, бібліографічний, історичний, системного підходу, статистичний.

**Результати досліджень.** *Причини і наслідків дефектів надання медичної допомоги у вітчизняних ЗОЗ.* Аналізувались відібраних шляхом випадкового відбору 36 медичних карт стаціонарних хворих хірургічного пофілію, що мали ускладнення внаслідок оперативних втручань, які розцінюються як дефекти надання медичної допомоги. У 17 хворих цього контингенту вік був до 60 років, а у 28 випадків стан здоров'я принаходженні в ЗОЗ розцінювався як задовільний. Переважна більшість цих хворих (28 чол.) поступили на лікування у плановому порядку. Терміни перебування хворих в ЗОЗ склали в середньому  $29,9 \pm 4,7$  при мінімумі -4 дні і максимумі -105 днів. Водночас середній ліжко-день у цьому закладі складає  $7,3 \pm 2,4$ . Тобто в середньому у хворих з ускладненнями тривалість перебування в ЗОЗ майже в 4 рази більша ніж хворих, у яких такі ускладнення не виникли. У 30 % хворих з ускладненнями є потреба у повторних оперативних втручаннях. Одному такому хворому проведено 6 оперативних втручань. У 5 хворих з ускладненнями (13,9 %) перебування у ЗОЗ завершилось летальними випадками. У одного з них очевидно, а у одного ймовірно такого випадку можна було б уникнути. Тобто у 20 % випадків смерті за нашими даними можна було б уникнути.

Безумовно нашої вибірки недостатньо для остаточних висновків, але отримані попередні дані свідчать про нагальну необхідність вжиття системних заходів з мінімізації проблеми дефектів надання медичної допомоги.

Якість надання медичної допомоги і безпека терапевтичного контингенту стаціонарних хворих у центральній районній лікарні.

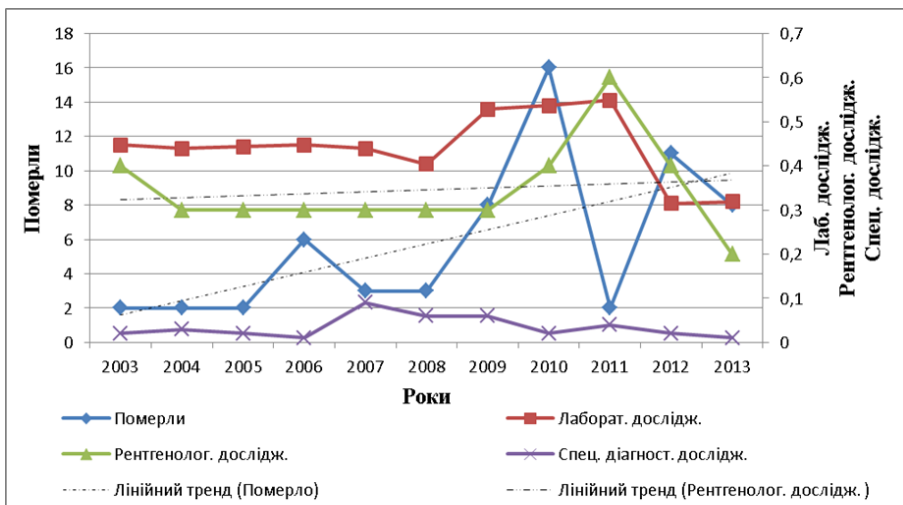
Взаємну залежність показників лікувально-діагностичної роботи центральної лікарні сільського району щодо терапевтичного контингенту стаціонарних хворих у період з 2003 по 2013 роки продемонстровано на рисунках 1, 2 і 3. Не можна не відмітити, що значне зростання (у 4 рази в порівнянні з 2003 роком) смертності хворих (рисунок 3.1) розпочалося з 2009 року, коли загальна кількість пролікованих терапевтичних хворих і тривалість ліжко-дня були практично на рівні 2003 року.



**Рис. 1 – Показники смертності терапевтичних хворих центральної районної лікарні у залежності від загальних показників діяльності лікувального закладу**

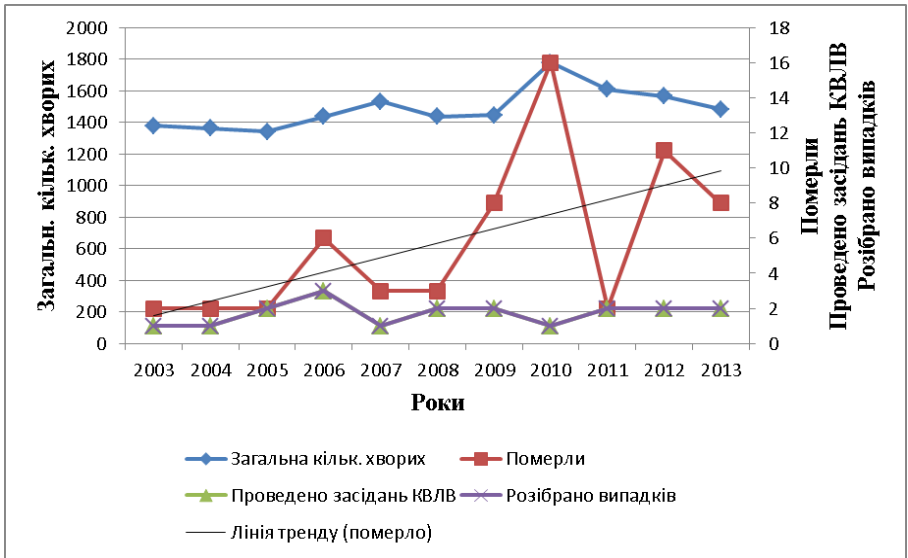
Рисунок 2 показує, що при загалом стабільності обсягів діагностичних досліджень хворих смертність мала тенденцію до зростання. Крім того, найбільші показники смертності відмічені на фоні зростання кількості лабораторних і рентгенологічних обстежень на одного хворого. Не змінило тенденцію до зростання смертності хворих і зростання спеціальних діагностичних досліджень у 2007 році.

Як свідчить динаміка кривих на рисунку 3 зростання випадків смертності серед хворих не побудило інтересу (уваги) до причин цього загалом тривожного сигналу. Парадокс, але навіть спостерігається зниження кількості засідань КВЛВ у 2010 році і розбору випадків смерті (напевно це одно і теж, однак у різних звітах зафіксовано за різними назвами), коли кількість смертей терапевтичних хворих зросла до максимуму за досліджуваний період.



**Рис. 2 – Показники смертності терапевтичних хворих центральної лікарні сільського району у залежності від кількості діагностичних досліджень на одного хворого**

У цілому в період з 2003 по 2013 рік у цьому ЗОЗ при відносно стабільних показниках щодо пролікованих хворих, інтенсивності лікувально-діагностичного процесу (тривалість ліжка-дня), обсягів діагностичних досліджень спостерігається тенденція до зростання смертності хворих. При цьому заходів, з вивчення причин підвищення смертності хворих, за досліджуваний період не побільшало.

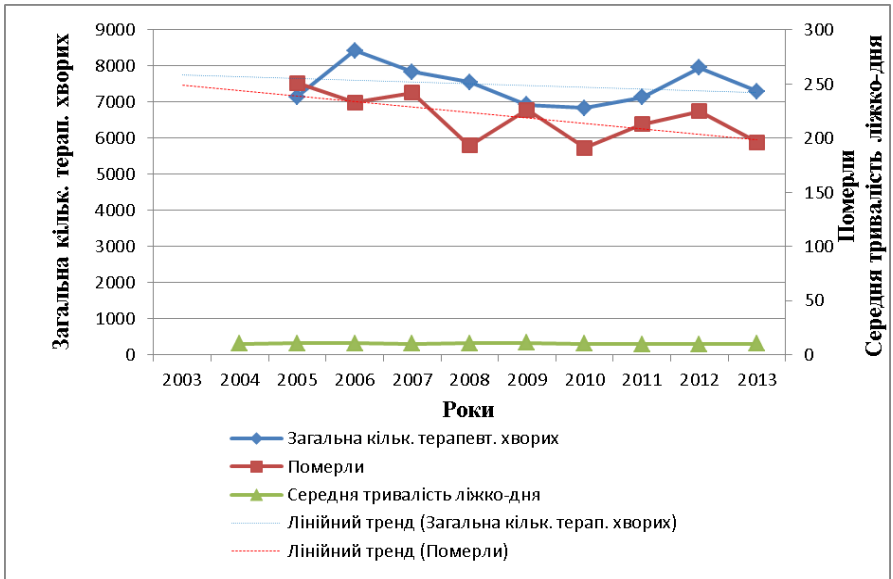


**Рис. 3 – Заходи з попередження негативних наслідків по відношенню до показників загальної кількості і смертності терапевтичних хворих центральної лікарні сільського району**

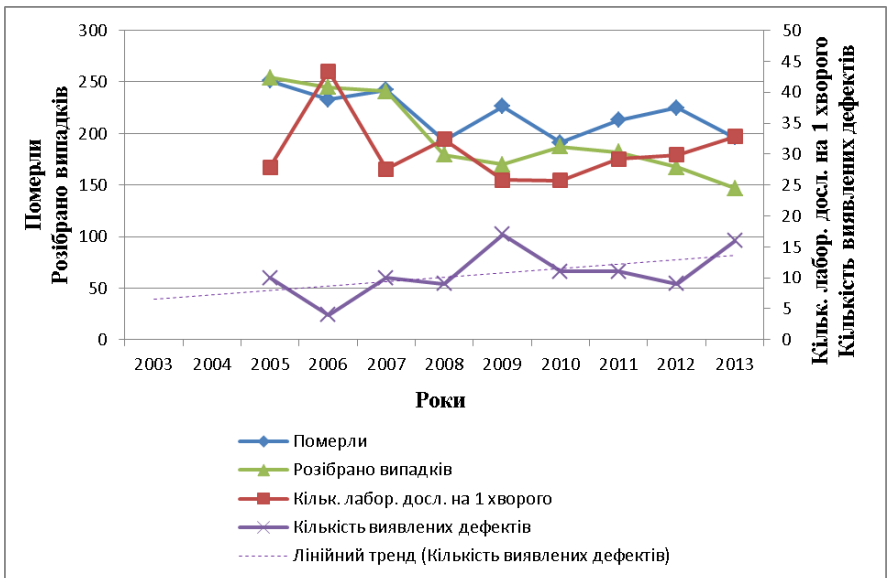
*Якість надання медичної допомоги у міській районній лікарні.*

За даними рисунів 4 та 5 можна відмітити позитивну динаміку щодо якості надання медичного рівня у міській районній лікарні, так як протягом аналізованого періоду з 2003 по 2013 роки кількість пролікованих хворих кожного року зберігається практично на одному рівні, а смертність навіть, має тенденцію до зниження.

Разом з тим рисунок 5 свідчить про тенденцію до збільшення кількості виявлених дефектів при зменшенні кількості розборів летальних випадків на засіданнях КВЛВ. В цей же час кількість засідань цих комісій кожного року є однаковою.



**Рис. 4 – Показники смертності терапевтичних хворих міської районної лікарні у динаміці**

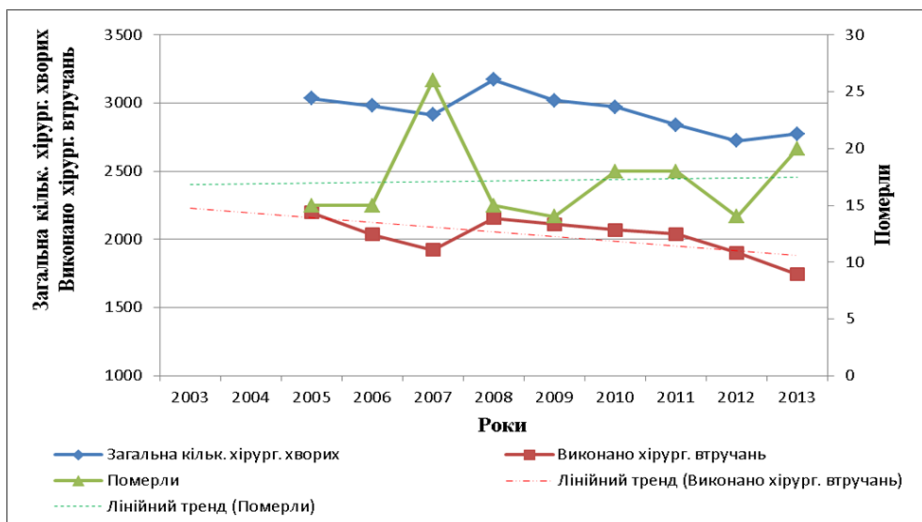


**Рис. 5 – Заходи з попередження негативних наслідків медичної діяльності міської районної лікарні**

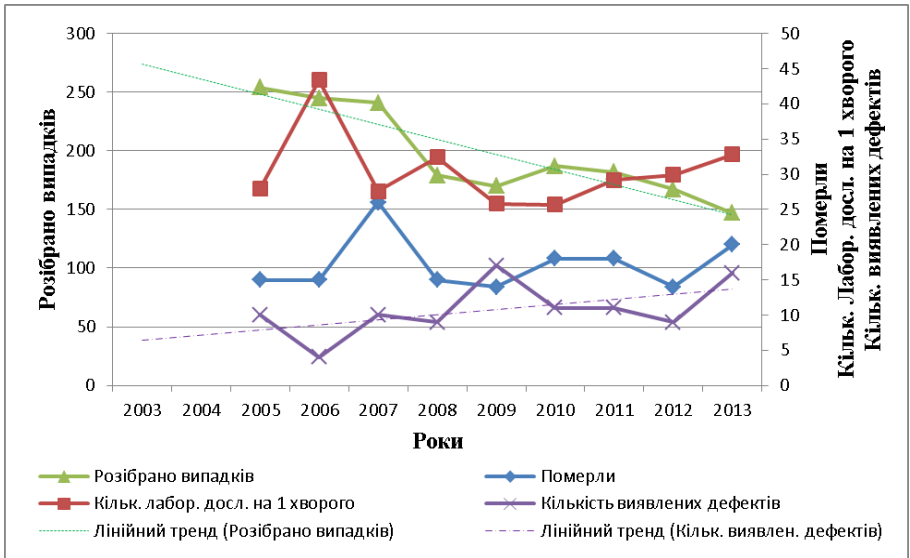


На рисунках 6 і 7 відображена динаміка роботи хірургічних відділень. Дані щодо деяких показників маємо лише з 2005 року. Загальна кількість хірургічних хворих і оперативних втручаний у ЗОЗ мають тенденцію до зниження. Спостерігається підвищення смертності серед хірургічних хворих в 2006-2007 рр., причини якого ще слід уточнити. При цьому, обсяги лабораторно – діагностичних досліджень на одного хворого мають тенденцію до зростання (рисунок 7). Кількість летальних випадків, розібраних на засідання КВЛВ зменшилась, але кількість виявлених дефектів та неспівпадінь клінічних і патологоанатомічних діагнозів зросла, що може свідчити про об'єктивність цих даних.

Загалом же робота з дефектами надання медичної допомоги потребує покращення. А перш за все організація їх більш повної реєстрації.



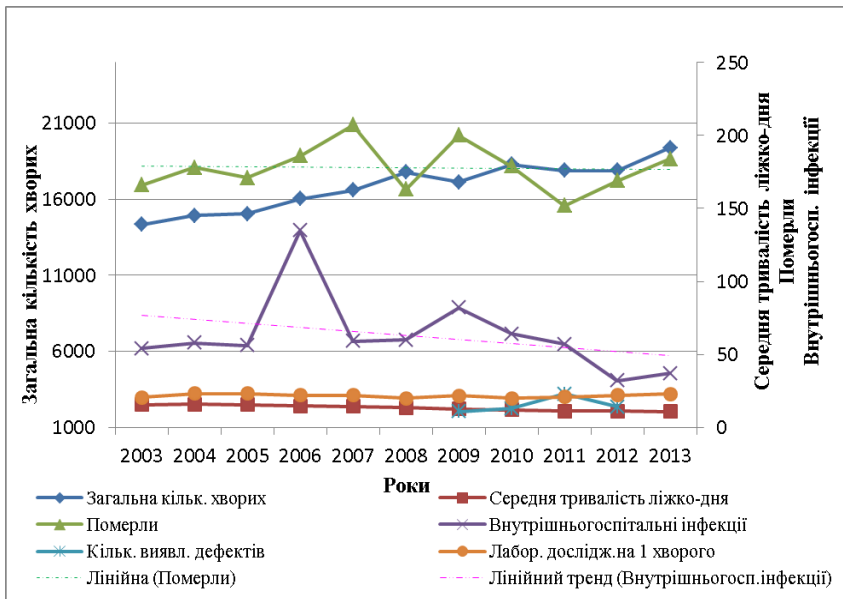
**Рис. 6 – Показники смертності хірургічних хворих міської районної лікарні у залежності від загальних показників діяльності лікувального закладу**



**Рис. 7 – Заходи з попередження негативних наслідків по відношенню до показників загальної діяльності і смертності хірургічних хворих в міській районній лікарні.**

*Якість надання медичної допомоги у відомчому ЗОЗ.* Результати аналізу показників якості надання медичної допомоги у відомчому ЗОЗ надані на рисунках 8, 9 і 10.

Бачимо, що з кожним роком кількість пролікованих хворих терапевтичного профілю у ЗОЗ зростає і за період з 2003 по 2013 рр. вона зросла на 5039 чоловік (рисунок 8). Середня тривалість перебування хворих у ЗОЗ скоротилася майже на третину, що свідчить про значну інтенсифікацію лікувально-діагностичного процесу. Обсяги лабораторних досліджень на одного хворого теж мали тенденцію до зростання. Смертність терапевтичних хворих коливалась від 163 у 2008 році до 207 у 2007 році, при тому, що в 2008 році було проліковано хворих на тисячу двісті більше ніж у 2007 році. Значні відмінності по роках маємо і по кількості внутрішньогоспітальних інфекцій з мінімумом у 2012 році (32 випадки) і максимумом у 2006 році- 135 випадки.

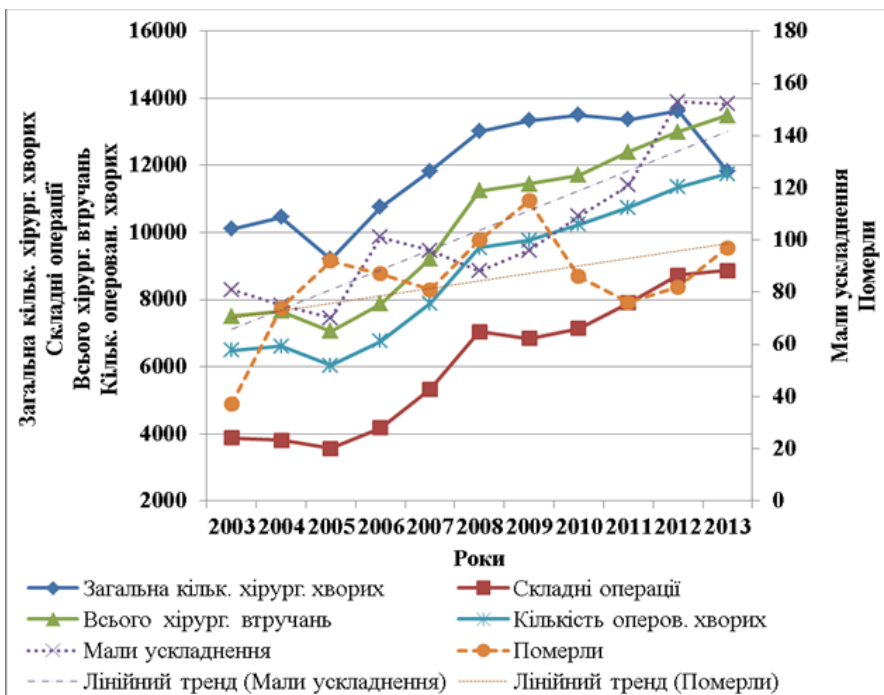


**Рис. 8 – Показники лікувально-діагностичної діяльності терапевтичних підрозділів відомчого ЗОЗ**

Такий показник, як "недоліки обліку та надання медичної допомоги" є лише в документації відомчого ЗОЗ, і з 2008 по 2009 рік з невідомих причин цей показник зріс, майже в 2 рази. З 2011 р. йде тенденція до його зниження.

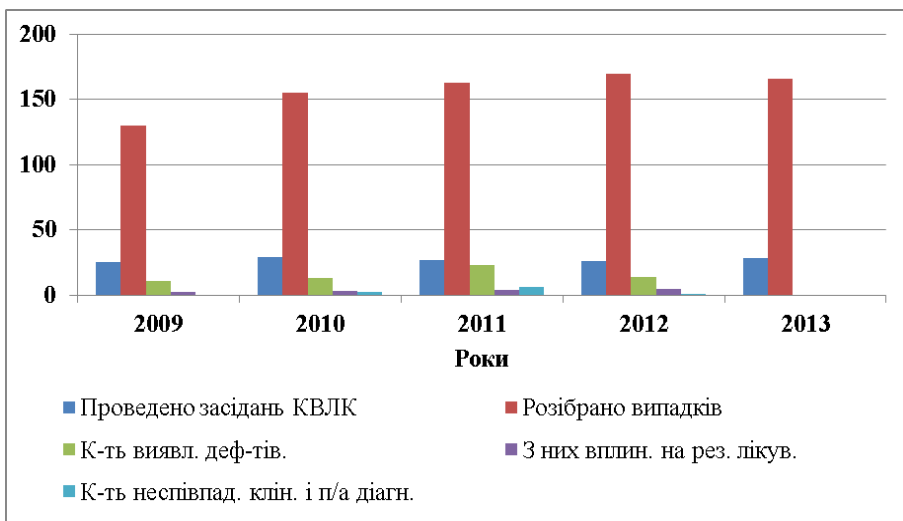
Всі показники хірургічної діяльності у відомчому ЗОЗ (рисунок 9) мали тенденцію до зростання (кількість пролікованих і прооперованих хворих, кількість оперативних втручань, у т.ч. складних). Та на жаль зростала і кількість післяопераційних ускладнень. Рівні смертності хірургічних хворих по роках мали складну динаміку з максимумом у 2009 році (115 випадків).

Кількість засідань КВЛВ з року в рік залишалася стабільною (рисунок 10), кількість розібраних хворих мала тенденцію до зростання. Загалом клінічний та патологоанатомічний діагнози у відомчому ЗОЗ не співпадали лише в 1% випадків, при тому, що у всьому світі цей показник коливається у межах 20-25% [10].



**Рис. 9 – Показники лікувально-діагностичної діяльності хірургічних підрозділів відомчого ЗОЗ**

Попередження дефектів надання медичної допомоги в охороні здоров'я потребує об'єднання зусиль органів влади, фахівців, науковців, експертів, громадськості, яке, на наш погляд, можливе у форматі робочої групи високого рівня з безпеки пацієнтів.



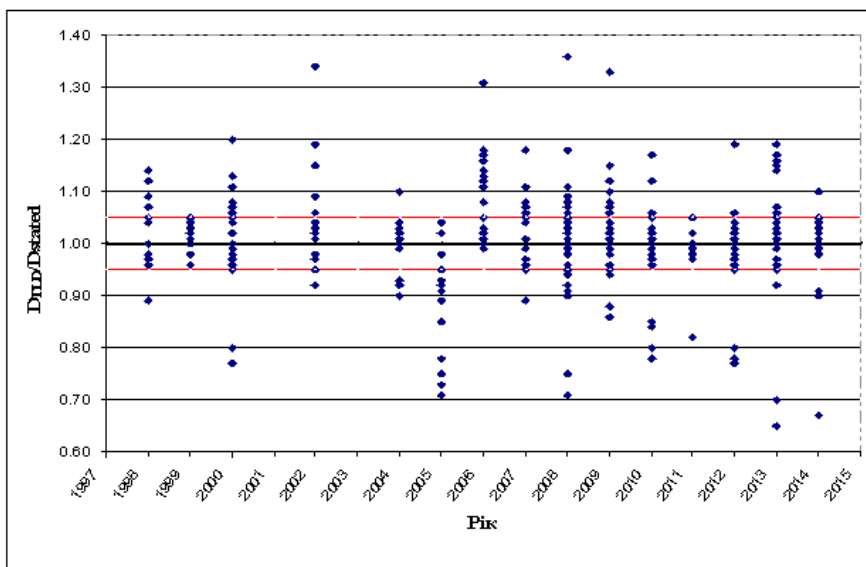
**Рис. 10 – Показники роботи Комісії з вивчення летальних випадків відомчого ЗОЗ**

*Медико-соціальні наслідки дефектів надання медичної допомоги в онкорадіології.* Забезпечення необхідної точності відпускання поглинутої дози при променевої терапії можливе шляхом проведення регулярного контролю радіаційного виходу терапевтичних апаратів, тобто дозиметричне калібрування терапевтичного струменя як у самому радіологічному відділенні, так при метрологічній атестації радіаційних полів апаратів променевої терапії, а також при проведенні незалежного зовнішнього аудиту.

Починаючи з 1998 р. МАГАТЕ спільно з ВООЗ проводить регулярний незалежний аудит якості дозиметричного калібрування гамма-терапевтичних струменів методом термолюмінесцентної дозиметрії («доза- поштою») в Україні (ТЛД-аудит). Участь у цій процедурі лікувальних закладів добровільна і конфіденційна.

Результати ТЛД-аудиту апаратів дистанційної променевої терапії в Україні з 1998 по 2014 рік надані на рисунку. На осі ординат цього рисунку відображено співвідношення між дозою виміряною дозиметром і дозою, завданою умовами аудиту. На осі абсцис – рік

дослідження. Діапазон обмежений пунктирними лініями на рисунку відповідає співвідношенню між дозою виміряною дозиметром і завданою умовами аудиту в межах  $\pm 5\%$ , що як відмічено вище [13] вважається допустимим. Кидається в очі, що практично щорічно мали випадки перевищення завданої умовами аудиту дози на 20 % і більше, що вже може, як показує досвід, привести не лише до радіаційних ускладнень, але і до смертельних випадків [11].



**Рис. 11 – Результати ТЛД-аудиту апаратів дистанційної променевої терапії в Україні з 1998 по 2014 рік**

З рисунка видно, що в 1998, 2000, 2002, 2007, 2008, 2009, 2011 і в 2013 роках у більш ніж 30 % апаратів дистанційної гама-терапії, що підлягали ТЛД-аудиту, точність відпуску поглинутої дози перевищувала  $\pm 5\%$ , а в 2005 та 2006 роках такі відхилення мали місце у більш ніж в половини таких апаратів.

У середньому ж за 15 років в період з 1998 по 2014 рік невідповідність радіаційного виходу апаратів дистанційної променевої терапії завданим параметрам спостерігалась в 32,6 % випадків за

результатами 1-го етапу аудиту і навіть після повторного аудиту практично в 12 % випадків.

Ці дані близькі до більш ранніх оцінок [14], в котрих йдеться про проблеми розрахунку дози на 28% дистанційних гаматерапевтичних апаратах, що підлягали ТЛД-аудиту в Україні. В цій же роботі заслуговують на увагу результати 2-х етапів ТЛД-аудиту МАГАТЕ / ВООЗ у країнах, що розвиваються, у якому показано, що відсоток апаратів з похибкою розрахунку радіаційного струменя більше 5% в цих країнах становить лише 5-15 %.

Отже, практично на кожному третьому апараті дистанційної променевої терапії, що підлягав ТЛД-аудиту в Україні, були проблеми з розрахунком дози.

Перш ніж перейти до оцінки кількості онкохворих, на ефективності лікування котрих могли негативно відбитися вищевказані проблеми при їх лікуванні на променевих дистанційних апаратах, слід зауважити ще й таке:

- розрахунок дози – це лише один з 19 етапів променевої терапії, на кожному з яких може бути допущена помилка [12, 15];
- відсутність у відділеннях онкорадіології симуляторів, планувальних систем, пристроїв для фіксації хворих під час опромінення, пристроїв індивідуального захисту здорових тканин, застарілі моделі клінічних дозиметрів, відсутність єдиного протоколу тощо [16];
- низький кваліфікаційний рівень інженерів – радіологів, а також відсутність у національному класифікаторі професій, а відповідно і у відділеннях променевої терапії посад і фахівців «медичний фізик»;
- відсутність цілеспрямованої діяльності з обліку і аналізу медичних помилок в Україні загалом і в онкології зокрема [8, 9].

За таких вище перелічених проблем в онкорадіології можна стверджувати, що відхилення у розрахунку і доведенні поглинутої дози до пухлини-мішені з похибкою вище або нижче 5 %, мають місце

на половині дистанційних гама-терапевтичних апаратів. По крайній мірі можна це вважати песимістичним варіантом оцінки ситуації.

Для оцінки медико-соціальних наслідків проблем з розрахунком дози в онкорадіології приймемо, що в Україні близько 100 телегама-терапевтичних кобальтових апаратів (і в перспективі їх очікується навіть більше [17]), а річне навантаження на кожний апарат становить близько 300 онкохворих, то отримаємо щорічний контингент, що проліковується на цих апаратах близько 30000 чоловік. За такої інформації досить просто оцінити кількість хворих, у котрих променева терапія буде неефективною (поглинута доза нижча або вища запланованої).

Тоді за оптимістичним варіантом ми отримаємо 3,6 тис. онкохворих, а за песимістичним варіантом 10-15 тисяч онкохворих відповідно, для котрих променева терапія або буде неефективна, або послужить причиною важких радіаційно обмовлених ускладнень.

Особливих підстав надіятися, що результати лікування онкохворих іншими методами принципово кращі, у нас та і у інших фахівців [15] немає.

Загалом це підтверджує актуальність проблеми лікарських помилок і безпеки пацієнтів в Україні, яку слід ґрунтовно досліджувати.

Таким чином:

- проблема медичних помилок при лікуванні онкохворих радіаційними методами в Україні є надзвичайно актуальною.
- зазвичай проблеми помилок в онкорадіології розглядаються в організаційному, методичному, кадровому та технічному аспектах при цьому не висвітлюються медико-соціальні наслідки проблеми.
- за оптимістичним варіантом від помилок, пов'язаних лише від розрахунку дози можуть страждати 3,6 тис. онкохворих на рік, а за песимістичним варіантом кількість таких хворих за цей же період може сягати 15 тис. осіб.



- в онкорадіології з огляду на безпеку пацієнтів є проблеми правового характеру, що потребують з'ясування.
- першочерговим завданням в онкорадіології є облік і аналіз помилок для прийняття адекватних заходів з покращення ситуації.

*Масштаби дефектів надання медичної допомоги і їх наслідків в Україні.* Загалом проблема небажаних наслідків надання медичної допомоги стосується в середньому 10% стаціонарних хворих при коливаннях цього показника від 4 до 25% [6, 7].

Як уже відмічалось кількість смертей від дефектів надання медичної допомоги, котрі б можна було попередити в Україні відсутні. Розхожою є інформація, що за підрахунками експертів ВООЗ в Україні від лікарських помилок помирає щодня 6-7 осіб, а втричі більше стають інвалідами [18]. Тоді за рік в Україні від помилок медичного персоналу помирає 2190-2555 громадян.

Якщо орієнтуватися на це, що від медичних помилок у більшості країн помирає більше громадян ніж від ДТП та смертельного виробничого травматизму разом узятих то тоді отримаємо цифру 10770 чол. Ця цифра є сумою кількості випадків смерті внаслідок дорожно-транспортних пригод у 2007 році (9589 чол.) і кількості випадків смертельного травматизму в цьому ж році (1181 чол.). Цей рік взято, оскільки тоді були зафіксовані мксимальні рівні смертності громадян України внаслідок ДТП і після почали вживатися дієві заходи на всіх рівнях для мінімізації цього лиха. І як виявилось разом узявшись можна протистояти практично любим проблемам. На 2013 рік ми уже мали зниження смертності в Україні внаслідок ДТП до 4833 випадків, а смертельного виробничого травматизму – до 528 випадків. Але ж у цих сферах прийняте відповідне законодавство, є органи державної влади на всіх рівнях, що опікуються проблемами безпеки на автотранспорті і на виробництві, започатковані державні програми, на виконання яких виділяються кошти та інші ресурси тощо. Що стосується дефектів надання медичної допомоги, то ця проблема поки-що державі не наділена належною увагою.

Але ж слід ще раз зауважити, що від медичних помилок у більшості країн помирає більше громадян ніж від ДТП та смертельного виробничого травматизму разом узятих, а тому вказані нами 10770 випадків смерті, це в даному випадку мінімум, а наскільки більше, то це ще слід з'ясувати.

Дані щодо стаціонарної смертності у ЗОЗ України наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Стаціонарна летальність у вітчизняних ЗОЗ у 2013 році**

Адміністративні території	Показники		
	вибуло хворих з стаціонару, чол.	стаціонарна летальність, %	стаціонарна летальність, чол.
Україна	10091790	1,27	128166

Якщо допустити, що кожний десятий випадок смерті в умовах стаціонару, обумовлений недоліками в наданні медичної допомоги, то це буде 12816 випадків.

Певну інформацію про масштаби смертності пацієнтів від помилок медичного персоналу можуть мати дані Генеральної Прокуратури України. Так, неналежне виконання професійних обов'язків медичним або фармацевтичним працівником (ст. 140 КК України) – зареєстровано у 2009 році 89 злочинів; у 2012 – 83 злочини; а у 2013 році 656 злочинів [19]. Це як правило випадки, що мали важкі наслідки для здоров'я чи навіть життя пацієнта. Але якщо врахувати, що через юридичну необізнаність населення України до суду звертається лише кожний десятий українець, то будемо мати 6560 випадків помилок медичного персоналу, що мали важкі наслідки для пацієнтів.

За даними окремих досліджень [5] в Республіці Білорусь щорічно реєструється до 6 тисяч лише випадків розходження клінічного і патолого-анатомічного діагнозів. Тобто мова йде про в

основному померлих. Якщо ж зробити перерахунок з врахуванням чисельності населення, то в Україні цей показник може сягати 30 тисяч. Однак цим помилки не обмежуються. І все таки якщо кожного третього випадку цих помилок можна було б уникнути, то це в межах 10 тисяч. Статистика щодо поширеності і наслідків дефектів надання медичної допомоги в країнах СНД відсутня. Інша справа, що в Україні має місце проблема реєстрації нещасних випадків, аварійних ситуацій, випадків травматизму у різних сферах. Якщо у економічно розвинутих країнах співвідношення, наприклад, між виробничими травматизмом і смертельним виробничим травматизмом складає 50 і більше до 1, то в Україні 10-15 до 1 [20].

Знову ж, якщо у цих же країнах має місце розходження клінічного і патолого-анатомічного діагнозів у 20-25% випадків [10], то в Україні цей показник знаходиться в діапазоні 1-10%. Цей же автор відмічає, що значення показника розбіжності діагнозів нижче 20% в російських ЗОЗ вказує на:

- низьку кваліфікацію патологоанатома і судово-медичного експерта;
- несумлінність керівника ЗОЗ при оформленні звітності;
- прагнення приховати грубі лікарські помилки, ятрогенну патологію, внутрілікарняне інфікування та інш.

Відсутні ж інформації про реальний стан справ, крім того, не дозволяє адекватно реагувати на проблеми безпеки пацієнтів, у тому числі, в Україні.

*Напрями попередження дефектів надання медичної допомоги у вітчизняних ЗОЗ. Ризик орієнтований підхід.* Одним із шляхів підвищення ефективності і якості надання медичної допомоги є впровадження системи управління ризиками (ризик-менеджмент, ризик орієнтований підхід), який дозволяє виявити, оцінити наслідки і виробити тактику протидії, спрямовану на обмеження випадкових подій, що завдають фізичний і моральний збиток організації, її

персоналу і пацієнтам. В багатьох країнах цей підхід у медичній практиці широко використовується [21].

Запровадження ризик менеджменту у країнах – членах ЄС започатковано Директивою ЄЕС Ради «Про введення заходів, що сприяють покращенню безпеки и гігієни праці працівників на виробництві» від 12.06.1989 року [22].

Функції управління і нагляду за безпекою в умовах запровадження ризик орієнтованого підходу принципово змінюються [23].

В Україні ризик менеджмент за виключенням окремих галузей [24] значного застосування поки- що не набув.

Та зважаючи на високий рівень травматизму і смертності населення, спричиненого небезпечними подіями та нещасними випадками, а також потребою запровадження європейських стандартів безпечної життєдіяльності, як однією з вимог інтеграції України в ЄС, у 2014 році Кабінетом Міністрів України було схвалено Концепцію управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру [25].

У 2015 році розпорядженням Кабінету Міністрів України затверджено план заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки. Цим документом визначено центральним органам виконавчої влади (у тому числі МОЗ України) протягом 2015-2018 років [26]:

- розробити галузеві нормативні документи щодо застосування ризик-орієнтованих підходів під час провадження діяльності з питань регулювання безпеки у галузі виробництва;
- озробити методики проведення оцінки ризиків та карти ризиків за окремими видами надзвичайних ситуацій;
- визначити прийнятні рівні ризику, діапазони високого, середнього і низького рівня ризиків у галузях виробництва та алгоритми їх зменшення до рівнів, що використовуються в економічно розвинутих державах та зазначені у Концепції

управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;

- провести аналіз стану техногенної та природної безпеки в Україні та на основі його результатів здійснити районування територій з урахуванням наявності потенційно небезпечних об'єктів і небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також ризиків, пов'язаних з такими явищами і процесами;

В свою чергу Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) уже спланувала заходи з перевірки переходу окремими галузями на ризик орієнтований підхід до управління безпекою [27].

Завершується погодження Положення про організацію управління ризиками, розробка котрого передбачена пунктом 5 розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 р. №419-р "Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки".

Очевидно, що у МОЗ України слід розпочати роботу із запровадження ризик орієнтованого підходу у закладах та установах охорони здоров'я.

*Концепція культури безпеки – дієвий підхід до мінімізації ризиків пацієнтів у вітчизняних ЗОЗ.* Системний аналіз проблеми управління ризиками свідчить про її комплексність. Причини виникнення помилок мають людський і системний компонент [28]. Дослідження показали, що людський фактор відіграє важливу роль у виникненні дефектів і помилок. Частота помилок персоналу варіює від 30 до 80% [29, 30]. Але ще зовсім недавно вважалось, що стимулювання персоналу до уважності, обачності не ефективні – людські помилки невідворотні. Скепсис щодо ефективності даного підходу виражався фразою «... ми не в змозі змінити сутність людей, але ми в змозі змінити сутність організацій в яких працюють люди» [28]. Тобто, якщо існують помилки у виборі лікарських препаратів, що мають подібні упаковки і розташовані в одному місці, то з позиції

людиноорієнтованого підходу вирішення проблеми ґрунтується на навчанні персоналу, виділення відповідальних і покарання тих, що провинилися, які допустили подібну помилку. На противагу йому системний підхід орієнтований на зміну умов – два препарати повинні зберігатися в двох різних місцях, мати різну кольорову маркування [31].

Все це правильно, але не зовсім. Не виключаючи важливості регламентного, системного, ризик орієнтованого та інших підходів при забезпеченні безпеки пацієнтів, світове та європейське співтовариство велику надію покладає на мобілізацію морально-культурологічних концепцій формування безпечного середовища у сфері охорони здоров'я. Перш за все, йдеться про концепцію культури безпеки.

Діяльність сучасних компаній спрямована на створення атмосфери прихильності персоналу цілям безпеки, його особистої відповідальності і формування у нього основних принципів культури безпеки [32].

Концепція культури безпеки була розроблена Міжнародним агентством атомної енергії (МАГАТЕ) у ході аналізу причин і наслідків аварії на ЧАЕС [33]. і набула широкого поширення у багатьох сферах.

Зростаючий інтерес до культури безпеки супроводжується необхідністю інструментів оцінки, орієнтованих на культурні аспекти зусиль з підвищення безпеки пацієнта [34].

За визначенням МАГАТЕ «культура безпеки – це такий набір характеристик і особливостей діяльності організації і окремих осіб, котрий встановлює, що проблеми безпеки АЕС як таким, що мають найвищий пріоритет, приділяється увага, що визначається їх значимістю» [33]. На сьогодні МАГАТЕ присвятило культурі безпеки більше 10 документів різних рівнів.

Услід за МАГАТЕ, Міжнародною організацією праці (МОП), Міжнародною організацією цивільної авіації (ІКАО), іншими міжнародними організаціями ВООЗ у 2005 році визнала прихильність до культури безпеки і закликала національні системи охорони

здоров'я слідувати їх прикладу [4]. На цю пропозицію ВООЗ в 2010 році Міжнародна асоціація з радіаційного захисту у медичній практиці (IRPA) також висловила свою прихильність до концепції культури безпеки і готовність сприяти впровадженню цієї концепції у медичну радіологію [35].

У країнах СНД інформація про концепцію культури безпеки вкрай обмежена. В Україні спроби запроваджувати культуру безпеки в медичну практику належать, у тому числі, авторам цього звіту [36, 37].

Концепція культури безпеки починаючи з 2004 року запроваджується у відокремлених підрозділах ДП «НАЕК «Енергоатом». Раз на два роки це відомство проводить науково-практичні конференції за міжнародної участі, на яких обговорюються проблеми культури безпеки на підприємствах ядерного промислового комплексу і підводяться підсумки роботи з цього спрямування. Для підготовки фахівців на профільних кафедрах навчальних закладів 3-4 рівня акредитації видано підручник з культури безпеки.

Відповідно ДП «НАЕК «Енергоатом» і Державна інспекція ядерного регулювання України прийняли заяви про прихильність до культури безпеки.

Успішні спроби запровадження культури безпеки зроблені в Мініфраструктурі України.

Однак не все так просто. МАГАТЕ попереджає про такі загальні труднощі і ризики осмислення поняття «культура» та використання його на благо безпеки:

- по-перше, воно глибоке: культура керує нами більше ніж ми культурою;
- по-друге, воно широке: це значить, що слід зосередитися на конкретних проблемах культури, не розпорошуючи сили на спроби пізнати культуру взагалі;
- по-третє, воно стійке: спроба змінити окремі елементи культури передбачає зміну найстійкіших елементів особистості та життя взагалі; саме культура переважно на підсвідомому рівні формує

базові властивості та мотиви дій особистості, які найважче розвивати [38].

До того ж є проблеми з культурою в Україні взагалі. В Законі України «Про основи національної безпеки» йдеться про проблеми з духовністю, культурою та освітою в Україні, як загрозу національній безпеці.

Розглядаючи взаємозв'язок між етичними нормами та сучасною культурою ринкових відносин учасники V Національного конгресу з біоетики (2013 р.) відмітили елімінацію моральної складової із життя сучасної людини [39].

Різкому падінню моралі сприяє розростання сфери тіньової економіки як наслідок корупції, оскільки зростає переконаність у безкарності, можливості існувати поза рамками офіційної економіки. І система охорони здоров'я України не є виключенням [40].

За таких труднощів МОЗ України не поспішає долучитися до позитивних процесів з впровадження концепції культури безпеки у сферу своєї відповідальності. Не зважаючи на те, що у базовому стандарті з безпеки МАГАТЕ від 1997 року (BSS-115) розгорнуто сформована мета і переваги концепції культури безпеки для сфери захисту і безпеки, МОЗ України при розробці НРБУ-97 і ОСПУ-2005 і не згадала про це.

Планом дій Ради Європи для України на 2011-2014 рр. розробка Плану дій у галузі безпеки пацієнтів вважається одним з ключових завдань, поставлених перед нашою державою [41].

Метою розробки Плану дій є покращення стану здоров'я громадян України шляхом розробки політики, спрямованої на посилення безпеки пацієнтів, запобігання медичним помилкам і зменшення видатків, пов'язаних з несумлінним виконанням обов'язків, через реалізацію Рекомендацій Res (2006)7 щодо управління безпекою пацієнтів та запобігання інцидентам у сфері охорони здоров'я [8], в основу якої значною мірою покладена концепція культури безпеки.

Слід відмітити, що в основу цих Рекомендацій покладена саме концепція культури безпеки.



Але вже завершується 2016 рік, а План дій у галузі безпеки пацієнтів в Україні відсутній.

Структурно ж культура безпеки включає два загальних компоненти: перший містить необхідні робочі умови в організації, належить до відповідальності управляючої ієрархії та є визначальним; другий компонент – це позиція персоналу на всіх рівнях як реакція на ці умови і результат цих умов [33]. Але перший рівень є визначальним.

Виходячи з цього навряд чи можна очікувати успіхів запровадження культури безпеки в медичну практику в Україні за такого відношення до цієї концепції МОЗ України.

Серед інших перепон на шляху до культури безпеки слід також відмітити відсутність загальноприйнятих показників і методик оцінки рівня культури безпеки; відсутність наукових розробок, а відповідно і публікацій з проблем культури безпеки в Україні; не передбачено викладання курсу «Культура безпеки життєдіяльності» навіть у закладах освіти III і IV рівнів акредитації, що здійснюють підготовку фахівців для медичної галузі.

## **ВИСНОВКИ**

1. Зважаючи на значні медико-соціальні та економічні втрати через дефекти надання медичної допомоги на міжнародному, регіональному рівнях та рівні окремих держав приймаються заходи з їх попередження та мінімізації наслідків.

2. За попередніми даними дефекти надання медичної допомоги є причиною збільшення майже втричі термінів перебування хворих у вітчизняних ЗОЗ.

3. Щорічно до 15 тис. хворих, яким проводиться лікування на гамма-терапевтичних кобальтових апаратах у вітчизняних ЗОЗ, можуть мати радіаційні ураження, або недостатню ефективність лікування лише через помилки розрахунку дози опромінення.

4. У межах 10% випадки стаціонарної смертності можуть бути обумовлені дефектами надання медичної допомоги.

5. В Україні недостатня увага приділяється проблемам дефектів надання медичної допомоги і сучасним стратегіям забезпечення безпеки пацієнтів.

Розробка плану впровадження ризик орієнтованого підходу у медичну сферу є актуальним завданням МОЗ та НАМН України.

6. Концепція культури безпеки – ефективний глобальний підхід до підвищення безпеки у багатьох сферах життєдіяльності.

7. Лише переважно організаційні заходи з попередження дефектів надання медичної допомоги на рівні законодавчої та виконавчої влади, адміністрацій ЗОЗ, керівників окремих підрозділів, медичних фахівців за підтримки НАМН України та громадськості дозволили б суттєво знизити ризики для пацієнтів у вітчизняній охороні здоров'я.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Errors kill 15,000 aged patients a month: study [Електронний ресурс] / Reuters. –2010. – Режим доступу: <http://www.reuters.com/article/2010/11/16/us-medicare-errors-idUSTRE6AF5SM20101116>.

2. To err is human: building a safer health system: A report of the Committee on Quality of Health Care in America / L.T. Kohn, J.M. Corrigan, M.S. Donaldson (eds.) ; Institute of Medicine. – Washington, DC: National Academy Press, 2000. – 287 p.

3. The state of the art in the reduction of medical errors / D. Коpec, S. Tamang, K. Levy et al. // Studies in Health Technology and Informatics. – 2006. – Vol. 121. – P. 126-37.

4. Восьмой форум по вопросам будущего: управление вопросами безопасности пациентов. Эрпфендорф, Австрия, 28–29 апреля 2005 года / ВОЗ; Всемирный альянс за безопасность пациентов [Электронный ресурс]. – Женева: отдел подготовки документов ВОЗ.– 2005. – С. 3.– Режим доступа: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0007/98287/E87770R.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0007/98287/E87770R.pdf).

5. Шарабчиев Ю.Т. Врачебные ошибки и дефекты оказания медицинской помощи: социально-экономические аспекты и потери

общественного здоровья / Ю.Т. Шарабчиев // Медицинские новости. – 2007. – №3. – С. 34.

6. Программа перспективного развития: 2005 / ВОЗ; Всемирный альянс за безопасность пациентов. – Женева: ВОЗ, 2005. – С. 2.

7. International Profiles of Health Care Systems – 2014 / E. Mossialos, M. Wenz, R. Osborn, Ch. Anderson. – Washington: The Commonwealth Fund, 2015. – P. 8.

8. Зелена книга Національного плану дій з безпеки пацієнтів та матеріали Першого національного конгресу з безпеки пацієнтів. – Київ, 2012. – С. 47-124.

9. Грандо О.А. Проблеми медичної етики та деонтології // Соціальна медицина та організація охорони здоров'я / під заг. ред. Ю.В. Вороненка, В.Ф. Москаленка. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2000. – С. 645-668.

10. Доманин А.А. Анализ врачебных ошибок в России (2000-2003) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dok.opredelim.com/docs/index-27001.html>

11. Уроки реагирования на радиационные аварийные ситуации (1945–2010 годы). – Вена : МАГАТЭ, 2013. – С. 136-142.

12. Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy : Proceedings of an international conference held in Málaga, Spain, 26–30 March 2001, organized by the International Atomic Energy Agency and co-sponsored by the European Commission, the Pan American Health Organization and the World Health Organization. –Vienna : IAEA, 2001. - 165 p.

13. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water. Technical Reports Series No. 398 / International Atomic Energy Agency. - Vienna, 2000. – 229 с.

14. Стан дозиметричного забезпечення променевої терапії в медичних закладах України за результатами анкетування та ТЛД-аудиту МАГАТЕ/ВООЗ / М.І. Пилипенко, Л.Л. Стадник, В.В.

Корнєєва та ін. // Український радіологічний журнал. – 2010. – № 4. – С. 409-416.

15. Білинський Б.Т. Медичні помилки в онкології: монографія / Б.Т. Білинський. – Львів : Афіша, 2013. – 234 с.

16. Стан та проблеми ядерних і радіаційних технологій в системі охорони здоров'я України / М.І. Пилипенко, Ю.М. Скалецький, Л.Л. Стадник, О.А. Федько // Ядерні та радіаційні технології в Україні: можливості, стан і проблеми впровадження: зб. наук. статей / за заг. ред. академіка НАН України, д.т.н., проф. В.П. Горбуліна. – К. : Пріоритети, 2011. – С. 82-94.

17. Мечев Д.С. Сучасний стан розвитку променевої терапії в Україні / Д.С. Мечев // Радіологічний вісник. – 2012.– № 1(42).– С. 5-7.

18. Ващенко В. Як захиститися при порушенні прав пацієнта? / В. Ващенко / ТОВ «Інтерконтенталь. – Україна». - К., 2013. – С. 1.

19. Моніторинговий кримінологічний аналіз злочинності в Україні (2009–2013 роки): монографія / Є.М. Блажівський, І.М. Козьяков, О.О. Книженко та ін. ; Національна академія прокуратури України. – К., 2014. – С. 155-156.

20. Кундієв Ю.І. Проблеми виробничого травматизму в глобальному вимірі та стан в Україні / Ю.І. Кундієв, А.М. Нагорна, Л.О. Добровольський // Український журнал з проблем медицини праці. – 2009. - № 1(21). – С. 3-8.

21. Бурыкин И.М. Управление рисками в системе здравоохранения как основа безопасности оказания медицинской помощи [Электронный ресурс] / И.М. Бурыкин, Г.Н. Алеева, Р.Х. Хафизьянова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – Режим доступа : <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8463>.

22. О введении мер, содействующих улучшению безопасности и гигиены труда работников на производстве: директива № 89/391/ЕЭС Совета. Люксембург, 12 июня 1989 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994\\_b23](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_b23)

23. Гречанінов В.Ф. Функції управління і нагляду в ризик-орієнтованому підході до управління безпекою / В.Ф. Гречанінов, В.В. Бегун // Математичні машини і системи. – 2014. – №1. – С. 159-170.

24. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Учеб. пособие / В. В. Бегун, О. В. Горбунов, И. Н. Каденко и др. – К., 2000. – 568 с.

25. Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру: розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80>.

26. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки: розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 р. №419-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/419-2015-%D1%80>.

27. План виконання ДСНС України заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки, затверджено наказ ДСНС України\_02.07.2015 № 352 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-planu-vikonannja-dsns-ukrayini-zahodiv-sh-doc234488.html>.

28. Reason J. Human error: models and management / J. Reason // *BMJ*. – 2000. – Vol. 320. – № 7237. – P. 768-770.

29. Human errors in a multidisciplinary intensive care unit: a 1-year prospective study / D. Bracco, J.B. Favre, B. Bissonnette et al. // *Intensive Care Med.* - 2001. – Vol. 27. – № 1. – P. 137-145.

30. Iatrogenic complications in adult intensive care units: a prospective two-center study / T. Giraud, J.F. Dhainaut, J.F. Vaxelaire et al. // *Crit. Care Med.* - 1993. – Vol. 21, № 1. – P. 40-51.

31. Overview of medical errors and adverse events / M. Garrouste-Orgeas, F. Philippart, C. Bruel, et al. // *Annals of Intensive Care.* – 2012. – Vol. 2. – № 1. – P. 2.

32. Культура безопасности: учебное пособие / Минтопэнерго Украины. – К. : НАЭК «Энергоатом», 2005. – 63 с.

33. Культура безпеки : Доклад Міжнародної консультативної групи по ядерній безпеці. Серія видань по безпеці № 75. – Вена : МАГАТЄ, 1991. – 31 с.

34. Nieva V. F. Safety culture assessment: a tool for improving patient safety in healthcare organizations / V. F. Nieva, J. Sorra // Qual Saf Health Care. - 2003.-Vol.12. – № 2. – P. 1117-1123.

35. Kase Ken. The Radiation Protection Culture – IRPA Initiative / Ken. Kase // International Conference on Radiation Protection in Medicine Varna, Bulgaria, 1-3 September 2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.irpa.net/page.asp?id=54668>.

36. Скалецький Ю.М. Доцільність відображення концепції культури безпеки у базових національних документах з радіаційної безпеки / Ю.М. Скалецький //Medical physics – the current status, problems, the way of development. Innovation technologies. Proceedings of 3rd International Workshop, June 06 – 07, 2013. – Kyiv : Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2013. – P. 43-45.

37. Пилипенко М.І. Культура радіаційної безпеки / М.І. Пилипенко, Д.А. Базика, Г.В. Кулініч // Радіаційна медицина: підручник / за ред. чл.-кор. НАМН України, проф. М.І. Пилипенка. - К. : Медицина, 2013. – С. 194-198.

38. Safety Culture in Nuclear Installations: Guidance for Use in the Enhancement of Safety Culture, IAEA-TECDOC- 1329. - Vienna: IAEA [Електронний ресурс]. – 2002. – 98 р. – Режим доступу: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1329\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1329_web.pdf).

39. Кундієв Ю. І. Біоетика і ринкові відносини / Ю. І. Кундієв // Науковий журнал МОЗ України. – 2013. – № 3 (4). – С. 15-18.

40. Про затвердження Концепції управління якістю медичної допомоги у галузі охорони здоров'я в Україні на період до 2020 року: наказ МОЗ України від 01.08.2011 р.№ 454 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.apteka.ua/article/91912>.

41. План дій Ради Європи для України на 2011-2014 роки / ЄС; Секретаріат Ради Європи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994\\_b25/page](http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/994_b25/page).

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ  
НОРМ ХАРЧУВАННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ  
ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ВІДПОВІДНО ДО  
СТАНДАРТИВ НАТО**

*Гуліч М.П., Депутат Ю.М.\*; Яценко О.В., Любарська Л.С.,  
Харченко О.О., Моїсеєнко І.Є.*

**ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М.Марзєєва  
НАМН України», м. Київ**

**\* – Українська військово-медична академія МО України,  
м. Ірпінь**

Питання забезпечення харчуванням особового складу Збройних сил України останнім часом постійно знаходяться в центрі уваги тому, що існуюча система харчування військовослужбовців потребує оновлення.

В даний час у багатьох країнах розробляється мобільна система харчування військ, в якій важливе місце займає питання нового підходу до нормування харчування на основі створення в промислових умовах раціонів, здатних забезпечити військово-службовців їжею, максимально підготовленою до вживання.

Формуванню всебічного і повного уявлення про сучасні підходи до питання організації харчування військовослужбовців в значній мірі сприяє вивчення результатів роботи в даному напрямку, що проводилася в арміях інших країн, перш за все, членів НАТО.

Згідно загальноприйнятої практики, комплектування армійських пайків в більшості країн здійснюються за національними нормами фізіологічної потреби з обов'язковим урахуванням рівня фізичного навантаження, полу та віку військовослужбовців.

Харчування особового складу Збройних сил України здійснюється згідно Постанови Кабінету міністрів України від 29 березня 2002 р. № 426 «Про норми харчування військовослужбовців

Збройних сил України та інших військових формувань та осіб рядового, начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту та Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації» (зі змінами) [1-3]. Цей документ визначає завдання, організацію, порядок та норми продовольчого забезпечення Збройних Сил України і передбачає 14 норм харчування. До останнього часу серйозного перегляду цієї Постанови та удосконалення норм харчування не здійснювалося. Особливо гостро це питання повстало в 2014-2015 рр. в період виконання бойових дій в зоні АТО.

В польових умовах дислокації військ організація харчування особистого складу ЗС України здійснюється за нормою №1-загальновійськова, яка є базовою і складається з понад 30 продуктів.

Аналіз літературних джерел показав, що проблемі харчування військовослужбовців, науковому обґрунтуванню відповідності його нутрієнтного складу умовам та специфіці військової служби в нашій державі приділяється мало уваги. За часів незалежності України в літературі зустрічаються лише поодинокі публікації, в яких відводиться місце проблематиці харчування військовослужбовців [4, 5-9]. Ці дослідження встановили що норма №1 – загальновійськова за харчовою та біологічною цінністю має багато недоліків. Найбільш суттєвими є: дефіцит тваринних білків, що призводить до порушення співвідношення незамінних амінокислот; незбалансованість жирно-кислотного складу; недостатня кількість легкозасвоюваних вуглеводів, дефіцит вітамінів А, В2, С, Е; фолієвої кислоти; мікроелементів: йоду, магнію, цинку і селену [5].

Дослідження Силки І. встановили також недостатність кількості вітамінів А та Д - всього 10-15 % від добової потреби [10]. В 2010 році за результатами своїх досліджень Депутат Ю.М. науково обґрунтував шляхи корекції загальновійськового добового раціону харчування військовослужбовців строкової служби Збройних Сил України, зокрема за рахунок збагачення білково-вітамінними комплексами [5].

При виконанні бойових операцій поза зоною постійної дислокації, найважливішим елементом в забезпеченні особового



складу харчуванням є пайки: індивідуальні, колективні, загального призначення і спеціальні. Індивідуальні пайки призначені для використання в районі розташування до прибуття кухонного устаткування або при виконанні бойових завдань у відриві від основних сил і упаковуються з розрахунку на одного військовослужбовця. Колективні передбачають використання їх підрозділом. Загального призначення дозволяють забезпечувати харчування військовослужбовців в перших 30 діб після прибуття на новий театр військових дій, а спеціальні пайки використовуються невеликими підрозділами військовослужбовців, що виконують бойове завдання у відриві від основних сил або в особливих кліматичних умовах.

Згідно з Постановою Верховної ради України «Про Рекомендації парламентських слухань на тему: Про військово-медичну доктрину України» (від 25.11.2015 року № 827-VIII) – *«українська армія визначає в якості пріоритету перехід на роботу в відповідності зі стандартами НАТО»* [11].

Основні положення військово-медичної доктрини спрямовані на досягнення Україною критеріїв, необхідних для набуття членства в Європейському Союзі та організації Північноатлантичного договору і це потребує приведення структур військово-медичної служби до стандартів Єдиної військово-медичної доктрини НАТО (AJP-4.10(A)), що безумовно буде сприяти підвищенню боєготовності Збройних Сил України.

НАТО не є наднаціональною організацією і не може нав'язувати будь-які свої погляди країнам-учасниць, як і жодна з країн-учасниць не має права примушувати до виконання своїх вимог інших учасників. Вся діяльність альянсу базується на здійсненні міжнародного співробітництва та угоди між незалежними державами на договірній основі. Уряд кожної держави має право приймати рішення, які будуть найкраще відповідати інтересам її народу.

Стандартизація в НАТО – поняття досить об'ємне. Стандарти поділяються на два види – так звані стандартизаційних угоди (вони широко відомі під скороченням STANAG - Standardisation Argeement)

і Публікації Альянсу. У НАТО вважається, що стандартизація є життєво важливою необхідністю яка не просто дозволяє ефективно використовувати економічні ресурси, а й є найважливішим чинником цілісності блоку та дієвості його військової структури. Тому вона обов'язкова для всіх країн-учасниць. Стандартизаційна угода 2937 (STANAG 2937) «Вимоги до індивідуального оперативного пайку для військового використання» четвертого перегляду (2014 року) є основним нормативним документом щодо забезпечення та організації харчування в умовах виконання бойового завдання.

Вимоги даного стандарту (STANAG 2937) виконуються країнами-учасниками в повному обсязі, як правило, або частково з застереженнями, прописаними до доповнення до стандарту після узгодження з міжнародними групами експертів у даній сфері.

#### **I. Обов'язкові вимоги:**

1) Неухильне виконання задекларованих вимог, які передбачені в стандартах на всій ланцюжку виготовлення – зберігання – транспортування – споживання – утилізація).

2) Ретельне планування і безперебійне забезпечення харчуванням кожного військовослужбовця в будь-яких умовах виконання бойового завдання.

3) Гарантія якості і безпеки продуктів пайка для здоров'я споживача.

4) Бойові раціони харчування повинні відповідати потребам збройних сил тієї чи іншої країни (у кожного свої – у залежності від виконуваних завдань).

5) Раціон харчування в автономному режимі повинен забезпечувати адекватне харчування протягом 24 годин одного військовослужбовця для підтримки його здоров'я, фізичної працездатності, фізіологічних функцій, як в мирний час, так і в бойовій обстановці.

6) Вміст пайка має бути готовим до вживання, як розігрітому вигляді, так і без попереднього розігріву - у холодному.

7) Суворе виконання правил і режимів зберігання для обліку та визначення терміну придатності (не менше 24 міс. при температурі навколишнього середовища  $\leq 25^{\circ}\text{C}$ ).

8) Упаковка і транспортна тара повинні надійно захищати раціони харчування від агресивного впливу навколишнього середовища (атмосферні опади, радіоактивні і отруйні речовини), а також забезпечувати проведення дезактивації, дегазації та знезараження упакованих пайків.

## **II. Вимоги, які можуть виконуватися з урахуванням потреб країни-учасника.**

1. Забезпечення різноманітності страв у пайку: вимога 7-денного циклу меню, 21 асортимент продуктів на один прийом.

2. Асортимент продуктів в індивідуальних пайках задовольняє етнічні, культурні, релігійні, вегетаріанські вимоги до харчування.

3. Індивідуальні раціони харчування перевіряються на відповідність значень кількості макро- та мікронутрієнтів величинам потреби в них військовослужбовців, в тому числі у бойових діях.

Вимоги до індивідуального оперативного пайку для військового використання постійно знаходяться у центрі уваги Комітету начальників військово-медичних служб країн НАТО, які вважають, що ці вимоги потребують постійного оновлення.

Комітет начальників військово-медичних служб країн НАТО (COMEDS), який відповідає за розробку і координацію військово-медичних питань, у рамках Угоди по стандартизації 2937 (STANAG 2937) розробив стандарт (медичне видання) AMedP-1.11 «Вимоги до індивідуальних оперативних раціонів, що використовуються у військових цілях». В документі наведено медико-санітарні вимоги до харчової і енергетичної цінності, об'єму та ваги раціону, маркуванню, якості та безпечності харчових продуктів як індивідуального оперативного раціону харчування загального призначення, так і індивідуального оперативного раціону харчування спеціального призначення [12].

У військах НАТО за результатами використання пайка в бойових умовах безперервно проводяться заходи щодо вдосконалення

як меню, так і упаковки. Його модернізація є частиною «Програми розвитку сил спеціальних операцій» (Assault Special Purpose Improvement Program (ASPIP) [13].

Вдосконалення індивідуальних пайків, розроблених для армії США, - «Обіди, готові-до-вживання», «Meals, Ready-to-eat (MRE)», які є аналогом наших вітчизняних сухпайків, здійснюється за Програмою FIRIP (Fielded Individual Ration Improvement Project) і ґрунтується на досвіді використання пайків в ході бойових дій, у тому числі в Іраку і Афганістані. За час реалізації програми з 1993 року введено близько 250 змін в складах меню; 65 інгредієнтів було виключено [14].

В Україні такого детального перегляду складу та інгредієнтів індивідуальних бойових пайків для військовослужбовців ЗС не проводилося.

До останнього часу в бойових умовах в військах використовується норма №10 – повсякденний набір сухих продуктів (сухий пайок), який комплектують з використанням концентратів і консервів і розрахований на використання не більше 3-5 днів. До складу сухого пайку для військовослужбовців України входять: консерви м'ясні (сніданки м'ясні, паштети печінкові), консерви м'ясо-рослинні (в асортименті), галети, мед, кава розчинна, цукор та чай. Сухий пайок жорстко уніфікований та обмежений за вмістом вітамінів, мінеральних речовин і харчових волокон, потреба в яких суттєво зростає в умовах підвищених психоемоційних та фізичних навантажень на організм.

Суттєвим недоліком харчування військових сухим пайком є одноманітність та відсутність гарячої їжі, що негативно відбивається на стані здоров'я військовослужбовців.

В Україні перший серйозний перегляд складу і упаковки сухого пайка стався в останній рік і слід сказати, що це сталося за ініціативою і під великим натиском з боку волонтерів. Фахівцями Центру розвитку і супроводу матеріального забезпечення Збройних сил України розроблена і представлена норма № 15 - добовий польовий набір продуктів, яка складається з 7 різних варіантів раціонів в реторт-упаковці. Впровадження нових польових наборів

продуктів на базі готових страв у реторт-упаковці безумовно є кроком вперед. Проте це тільки початок, і до нової норми є питання, які треба буде вирішувати, проте це серйозна альтернатива існуючому сухпайку, що викликає схвалення і безумовну підтримку. Однак запровадження нових стандартів індивідуального бойового пайка має гарантувати, перш за все, підвищення якості самої їжі, а також відповідати реальним енерговитратам військовослужбовців при виконанні завдань за призначенням (в тому числі бойових), а не стати простою заміною упаковки з жерстяної банки на реторт-пакет.

Серйозно говорити про зміну в харчуванні військовослужбовців можна будить тільки тоді, коли будуть визначені реальні енерговитрати військовослужбовців при виконанні завдань у тому числі бойових. До теперішнього часу в Україні такі енерговитрати не встановлені. Тому у Постанові Кабінету Міністрів № 426 харчова цінність і калорійність усіх діючих норм харчування для військовослужбовців розраховані відповідно до енерговитрат цивільних осіб 4 групи фізичної активності згідно затвердженим нормам фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії [15]. При цьому не враховується психоемоційна напруга військовослужбовців, особливо в умовах бойових дій, а також фізичне навантаження в тому числі вага повної комплектації знарядження і бойового комплекту, і передусім бронежилета - вагою 14 кг.

Головним чинником, від якого залежить величина добових енерговитрат, є м'язова діяльність (фізична робота). Дуже інтенсивна м'язова діяльність може підвищити обмін речовин у 10 разів і більше [16].

Тому при вирішенні питань нормування харчування, оцінці пайків і раціонів харчування найбільш важливими є добові енерговитрати військовослужбовців. В Україні дослідження щодо встановлення енерговитрат військовослужбовців за спеціальностями (тим більше в умовах бойових дій) не проводилися і не існують відповідні данні щодо енерговитрат.

В доступній нам літературі є поодинокі данні досліджень щодо енерговитрат військовослужбовців за часів радянської армії. Так у мирний час добові енерговитрати солдатів механізованих підрозділів із середньою масою тіла 65 кг у період зимових 4-денних навчань склали 4506 ккал. Добові енерговитрати у солдатів операторського профілю склали: у лінійних телефоністів 2957 ккал, у телеграфістів 2710 ккал [17].

Професор Петровський К.С. наводить дані енерговитрат у офіцерів старших віків (40 років і більше): у офіцерів стройових частин 3200 ккал, у офіцерів штабів і управлінь 2800 ккал [18].

Білоруські вчені Дорошевич В.И. і Ширко Д.И. вважають, що в умовах високої бойової готовності і бойових дій характер військової праці потребує витрат енергії в межах 4500-5800 ккал на добу, збільшуючись у дні великих виснажуючих фізичних навантажень до 6000-6200 ккал/добу [19].

За даними російських вчених в умовах бойових дій мотострілки витрачають від 4500 до 5800 ккал/добу. Десантники в активних бойових діях витрачають на добу 5700-6100 ккал. Водії бронетанкової техніки здійснюючи марш-кидок витрачають 5300-5700 ккал/на добу [20-22].

Дослідженнями Д'яконова М.М. встановлено, що під час бойових дій в сучасних військових конфліктах фізичне навантаження складає в середньому 6292 ккал на добу. В окремі дні вони можуть досягати 8495 ккал на добу [23].

Що стосується військ країн членів НАТО, то для задоволення енергетичних потреб персоналу, який виконує виключно бойові завдання нещодавно було підраховано, що енерговитрати військових складають приблизно 3600 ккал в день (15,1 МДж/день) при виконанні "звичайних" операцій, тобто, місії, порівнянних із завданнями, що виконуються міською поліцією, завданнями, що виконуються при миротворчих операціях, при боротьбі з пожежами або при будівельних роботах, і 4900 ккал в день (20,5 МДж/день) для ведення бойових дій, тобто, місії з тривалою участю мотопіхоти або операцій, що виконуються військами спеціального призначення. Останнє

вважається найбільш фізіологічно стресовим станом [12]. Однак стандартами НАТО (AMedP-1.11) передбачено, що тривале використання індивідуального оперативного раціону харчування з енергетичною цінністю 3600 ккал (15,1 МДж) військовими задіяними в тривалих бойових діях без надання дієтичної енергетичної добавки, найімовірніше, перебуватимуть у стані негативного енергетичного балансу. Таке поступове накопичення дефіциту енергії може зрештою привести до втрати ваги і безжирового компонента маси тіла з супутнім погіршенням здоров'я і працездатності [12].

Тому подальші дослідження по удосконаленню норм харчування військовослужбовців мають бути спрямовані на встановлення реальних енерговитрат військовослужбовців при виконанні ними завдань за призначенням у тому числі і бойових.

Рівень енергетичних витрат дозволяє оцінити кількісну сторону існуючого харчування військовослужбовців і є підставою для обґрунтування методики раціонального вибору складу продовольчих пайків.

Як і в звичайному харчуванні, калорійність раціону харчування повинна цілком покривати енерговитрати організму військовослужбовців за рахунок макронутрієнтів: білків, жирів і вуглеводів. Зі збільшенням енерговитрат, природно, зростає і потреба організму в енергії і відповідно в харчових речовинах.

Найбільше підвищення основного обміну викликають білки (30-40 %), на другому місці стоять жири (від 4 до 14 %) і потім вуглеводи (4-7 %) [24]. Згідно наказу Міністерства охорони здоров'я України № 272 від 18.11.99 р. [15] фізичне навантаження за кількістю витраченої енергії поділяється на такі основні групи: розумова чи автоматизована військова праця супроводжується незначною витратою енергії – не більш 140-270 ккал на годину. Коли ж переважають фізичні навантаження, витрачається 270-360 ккал/год, при великих фізичних навантаженнях 380 ккал/год. Але не встановлено скільки ж витрачається енергії при психоемоційному і фізичному навантаженні в умовах бойових дій. Орієнтовно енерговитрати військовослужбовців можуть бути визначені таблично-хронометричним способом. Для цього точно враховується час,

затрачуваній на різні види діяльності, а потім по таблицях розраховується витрата енергії. Дані про енерговитрати, що можуть бути використані при розрахунках добової витрати енергії військовослужбовцями, приведені у [18].

Відомо, що сумарна калорійність раціону досягається за рахунок енергетичної цінності вхідних у нього білків, жирів, вуглеводів. Адекватне відтворення витраченої військовослужбовцями енергії можливе тільки при адекватному надходженню цих основних енергетичних і пластичних харчових речовин [23-27].

Харчування, не адекватне високому фізичному навантаженню під час бойових дій, приводить організм військовослужбовців до втрати значної кількості азотистих компонентів - до 20 г загального азоту на добу [18, 28]. Ці обставини визначають необхідність забезпечувати раціон необхідною кількістю білку не менше ніж 120-130 г на добу, в тому числі 50 % за рахунок білку тваринного походження [19, 28]. Однак при цьому необхідно враховувати, що надмірне збільшення кількості білку може негативно впливати на організм. Так, збільшення в крові рівня основного продукту розпаду білків сечовини сповільнює відновлення після навантажень. При цьому надвисокі енерговитрати потребують більш ретельного розрахунку макронутрієнтів в раціонах харчування у зв'язку з тим, що існує обумовлена швидкість обміну речовин та енергії. Тому в порівнянні з раціоном звичайного харчування для військово-службовців повинно бути змінене співвідношення між складом білків, жирів та вуглеводів [28].

Добовий раціон харчування вважається збалансованим, якщо він містить найбільш доцільну кількість основних компонентів: білків, жирів і вуглеводів, що відповідає всім запитам організму людини в залежності від умов її життя, професійної діяльності, що разом цілком покривають енергетичні витрати організму. Таке співвідношення дає формула збалансованого харчування Покровського В.А. [15]:

$$(kb+kg+ku=1):kb/kg/ku=0,14/0,30/0,56, \quad (1)$$

де: kb – доля білків, kg – доля жирів, ku – доля вуглеводів у раціоні харчування.



За даними Стародубцев С.О. і інш. [28] у харчуванні військовослужбовців співвідношення компонентів їжі в раціоні виглядає в такий спосіб:

$E = 4500 \dots 5000$  ккал:  $kb/kg/ku = 0,13/0,29/0,58$ ;

$E = 5500 \dots 6500$  ккал:  $kb/kg/ku = 0,12/0,28/0,60$ ;

$E = 6500 \dots 8000$  ккал  $kb/kg/ku = 0,11/0,27/0,62$ .

Згідно стандартів НАТО [10] мінімальний стандарт відносно харчової цінності і складу макронутрієнтів в індивідуальному оперативному раціоні харчування загального призначення повинен містити 404-584 г вуглеводів, 118-185 г білку, і 54-140 г жиру, поєднання яких повинне забезпечувати споживання 3600 ккал (15,1 МДж). Однак в стандартах зазначається, що не можливо одночасно використовувати вміст білків і вуглеводів в нижніх межах, оскільки споживання мінімальної кількості цих двох макронутрієнтів викликає перевищення верхньої 35 % межі вмісту жиру, для того, щоб раціон харчування забезпечував в цілому споживання 3600 ккал (15,1 МДж).

Стандартами передбачено, що солдатів НАТО з масою тіла 79 кг потрібно не більше 158 г білку в день; крім того, майже усі військовослужбовці країн-членів НАТО важать менше 92 кг, отже, їх потреба у білку в основному складі менше 185 г в день. При цьому, 185 г вважається прийнятною верхньою межею змісту білку в індивідуальному оперативному раціоні харчування загального призначення. Баланс харчової цінності раціону харчування може бути отриманий з жирів, що містяться в раціоні, проте, не більше 35 % від загальної харчової цінності раціону харчування мають бути отримані з жирів [12].

Все вищенаведене свідчить про актуальність і необхідність проведення подальших досліджень щодо:

- вивчення та оцінки організації і стану харчування військовослужбовців в зоні АТО;

- встановлення фактичних енерговитрат військовослужбовців при виконанні ними завдань за призначенням (у тому числі бойових);
- обґрунтування енергетичної і харчової цінності раціонів харчування військовослужбовців відповідно до їх реальних енерговитрат.

**Мета роботи** – науково обґрунтувати корекцію індивідуального бойового раціону харчування військовослужбовців ЗС України, з урахуванням досвіду і стандартів НАТО.

Для досягнення мети було розроблено програму досліджень, яка включала вирішення таких **завдань**:

- оцінити організацію і стан харчування військовослужбовців в зоні АТО з точки зору самих військовослужбовців, що перебувають в умовах бойових дій;
- встановити фактичні енерговитрати військовослужбовців шляхом середньодобового хронометражу різних видів діяльності при виконанні ними завдань за призначенням (у тому числі бойових);
- обґрунтувати енергетичну і харчову цінність раціонів харчування військовослужбовців відповідно з їх реальними енерговитратами.

Робота виконувалась як ініціативна НДР в співдружності з Українською військово-медичною академією МО України (у рамках договору про творче співробітництво).

**Методи дослідження:** дослідження було проведене за допомогою анкетно-опитувального методу. Для проведення досліджень були використані анкети, розроблені фахівцями Науково-дослідного інституту проблем військової медицини Української військово-медичної академії. Були розроблені два види анкет (Додатки А і Б). Одна для вивчення організації і стану харчування (А) і друга - для вивчення реальних енерговитрат військовослужбовців (Б) в умовах бойових дій. Було роздано, отримано та оброблено 517 анкет.

Двісті анкет (по 100 на кожен вид анкет) нам допомогли роздати і отримати відповідь від військовослужбовців - волонтери, до яких у військах відносяться з довірою. На 317 анкет, за допомогою співробітників Української військово-медичної академії, військовослужбовці відповідали ретроспективно, знаходячись на лікуванні і реабілітації у військовому шпиталі.

Всім військовослужбовцям, які приймали участь в опитуванні були вручені анкети, які супроводжувалися детальним інструктажем з акцентуванням уваги на необхідності максимально точного їх заповнення. Військовослужбовці оцінювали організацію, стан та саму систему свого харчування за рахунок держави, надавши відповіді на коло запитань, а також визначали реальні енерговитрати шляхом середньодобового хронометражу різних видів діяльності.

Крім того, при опитуванні нами також було запропоновано військовослужбовцям оцінити якість сухого пайку (норма №10 - повсякденний набір сухих продуктів) та висловити побажання щодо удосконалення складу цього пайка.

Дослідження проводилося в військах одномоментно в липні 2015 р., а потім в шпиталях з вересня по грудень 2015 року.

Для оцінки організації та стану харчування військовослужбовців отримані анкетні дані опрацьовували за допомогою традиційних методів статистики [29-31].

Встановлювали адекватність надходження до організму військовослужбовців з раціоном нутрієнтів відповідно до рекомендованим нормам споживання цих нутрієнтів [18].

Енерговитрати військовослужбовців визначали хронометрично - табличним методом, який визначено як найпростіший у виконанні і найточніший [24]. Він передбачає: 1- розрахунок основного обміну за антропометричними показниками, віком та статтю (за формулами, які запропоновані фахівцями ВООЗ); 2- проведення хронометражу діяльності людини протягом доби; 3- оцінку діяльності за важкістю праці за допомогою коефіцієнтів фізичної активності (КФА) [23].

Для цього враховувався час (зазначений у анкетах), що затрачувався на різні види діяльності, а потім по таблицях розраховували витрату енергії [18, 24].

Енерговитрати визначаються за формулою:

$$W = \Sigma (\text{КФА} \times T \times \text{ВОО}), \quad (2)$$

де:  $W$  – добові енерговитрати, ккал; КФА – коефіцієнт фізичної активності;

$T$  – тривалість даного виду діяльності, година; ВОО – величина основного обміну, ккал/год.

Коефіцієнт фізичної активності (КФА) – відношення загальних енерговитрат при певному рівні фізичної активності до величини основного обміну.

Тривалість певних видів діяльності при підготовці та виконанні завдань за призначенням (в тому числі бойових) встановлювали військовослужбовці самостійно шляхом середньодобового хронометражу різних видів діяльності згідно опитувальної анкети (Додаток Б).

Величина основного обміну (ВОО) – кількість енергії, що витрачається на основний обмін за годину. ВОО визначали за формулою:  $\text{ВОО} = \text{ОО} : 24$  (ккал/год) залежно від віку і маси тіла.

Для визначення величини основного обміну у чоловіків і жінок в залежності від віку і маси тіла використовували табличні данні (табл. 1).

Таблиця 1

**Величини основного обміну у чоловіків і жінок в залежності від віку і маси тіла**

Чоловіки (основний обмін)					Жінки (основний обмін)				
Маса тіла, кг	18-29 років	30-39 років	40-59 років	60-74 років	Маса тіла, кг	18-29 років	30-39 років	40-59 років	60-74 років
<b>50</b>	1450	1370	1280	1180	<b>40</b>	1080	1050	1020	960
<b>55</b>	1520	1430	1350	1240	<b>45</b>	1150	1120	1080	1030
<b>60</b>	1590	1500	1410	1300	<b>50</b>	1230	1190	1160	1100
<b>65</b>	1670	1570	1480	1360	<b>55</b>	1300	1260	1220	1160

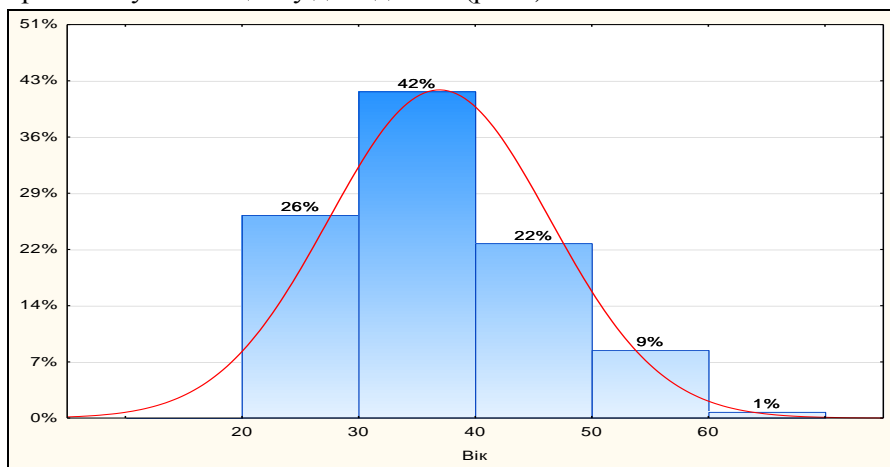
<b>70</b>	1750	1650	1550	1430	<b>60</b>	1380	1340	1300	1230
<b>75</b>	1830	1720	1620	1500	<b>65</b>	1450	1410	1370	1290
<b>80</b>	1920	1810	1700	1570	<b>70</b>	1530	1490	1440	1360
<b>85</b>	2010	1900	1780	1640	<b>75</b>	1600	1550	1510	1430
<b>90</b>	2110	1990	1870	1720	<b>80</b>	1680	1630	1580	1500

## Основні наукові результати

Вивчення організації і стану харчового забезпечення військовослужбовців ЗС України, які перебували в зоні АТО у другій половині 2015 р. було проведено на основі анкетно-опитувального методу.

Подібні дослідження в Україні ніколи не проводилися в мирний час і тим більше у бойових умовах. Ці дослідження проведено вперше.

Аналіз і узагальнення даних, отриманих в результаті опитування, дав можливість оцінити стан і виявити найбільш суттєві недоліки в організації і якості харчування з точки зору самих військовослужбовців, які приймали участь в цьому дослідженні (рис.1).



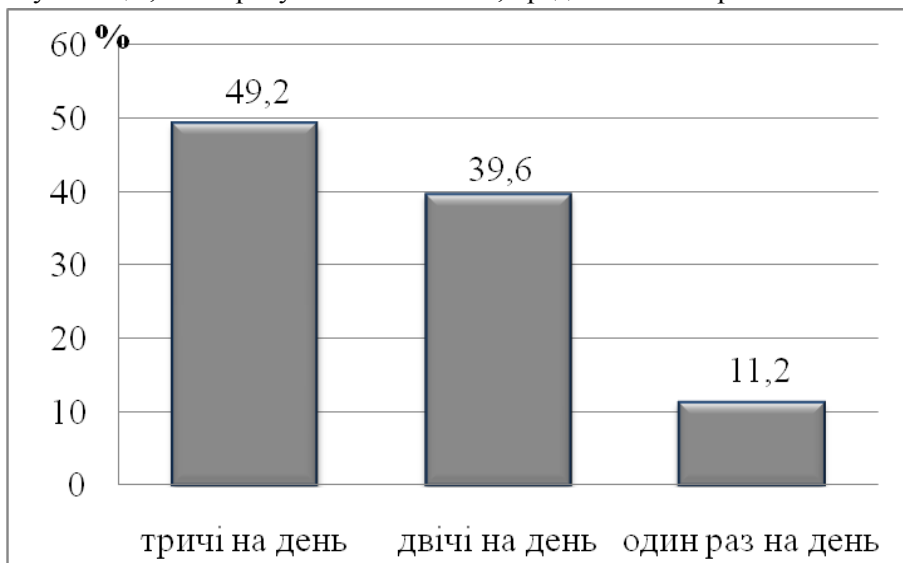
**Рис. 1 – Вік військовослужбовців ЗС України**

Із представленого рисунку видно, що найбільшу вікову категорію на момент опитування - 42 % склали військовослужбовці

віком від 30 до 40 років, 22 % віком від 40 до 50 років. Решта опитуваних – 26 % віком від 20 до 30 років, 9 % від 50 до 60 років і 1 % опитуваних були віком старше 60 років. Це свідчить, що основний контингент військовослужбовців в літку та восени 2015 року склали мобілізовані 5 і 6 хвили мобілізації.

В польових умовах військовослужбовці харчуються за нормою №-10 – загальновійськова [1], яка передбачає триразове харчування.

Результати опитування щодо режиму харчування військовослужбовців, які перебували в зоні АТО, представлені на рис.2.



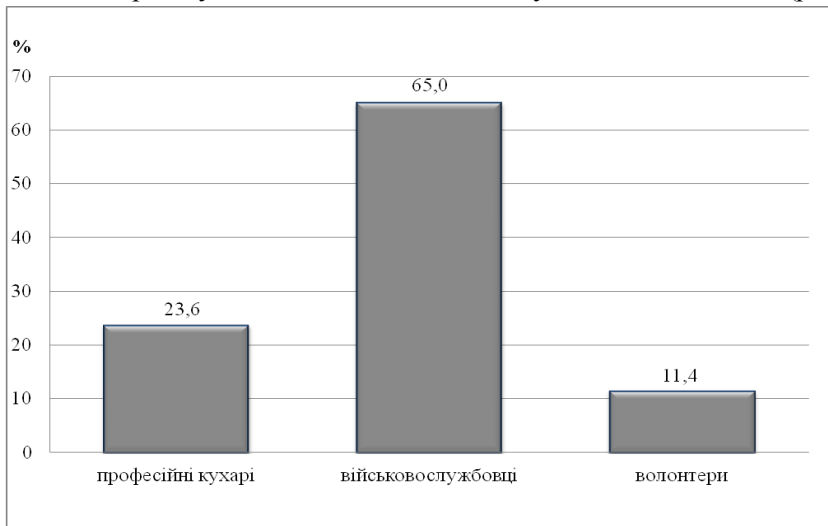
**Рис. 2 – Кількість прийому їжі на добу військовослужбовцями в зоні АТО**

Як видно, біля половини (49,2 %) опитаних військовослужбовців споживали їжу тричі на день. Проте, 39,6 % споживали їжу два рази на день, а 11,2 % опитуваних споживали їжу навіть лише один раз на день.

При цьому більша половина опитуваних (57,3 %), споживали гарячу їжу лише один раз на день. Двічі та тричі на день гарячу їжу споживали близько 20,0 % опитуваних. У більшості половини

військовослужбовців (60,7 %) між прийомами їжі спостерігалось відчуття голоду.

У цьому зв'язку величезне значення має питання хто саме займався приготуванням їжі для військовослужбовців в зоні АТО (рис.3).



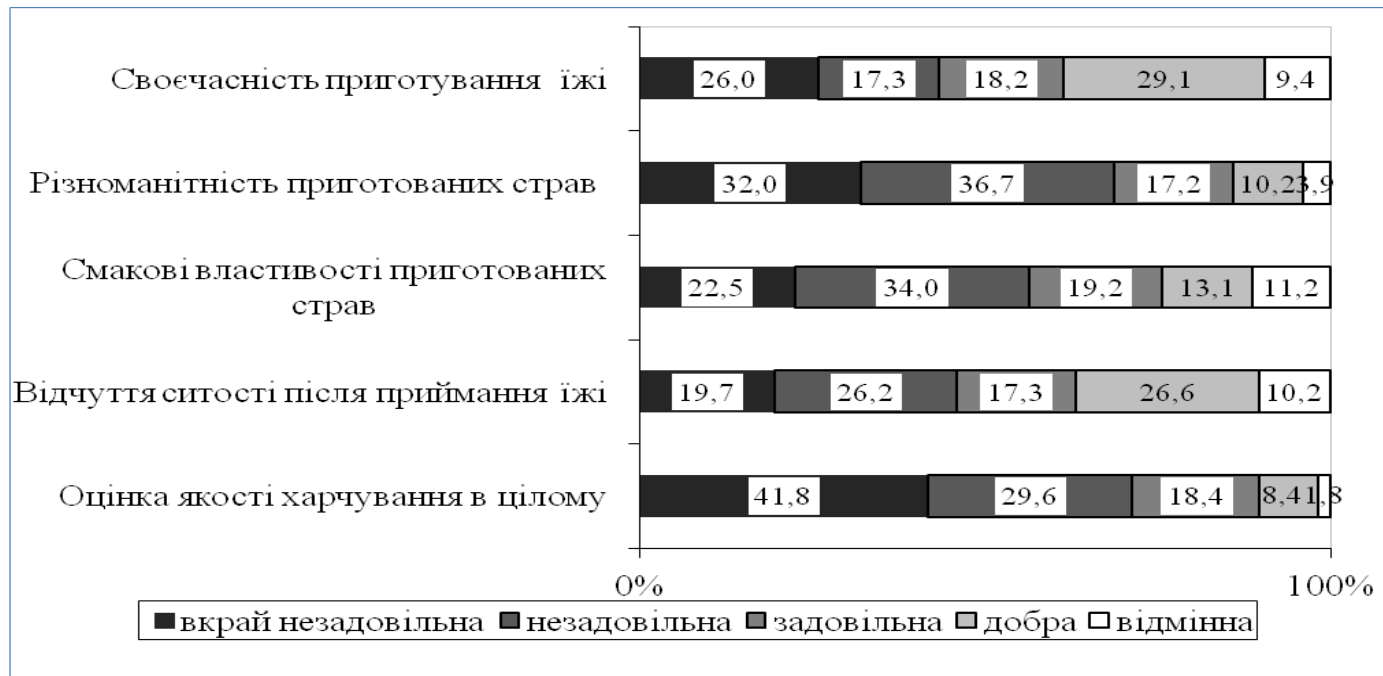
**Рис. 3 – Хто готував їжу військовослужбовцям в зоні АТО**

Виявилось, що лише в 23,6 % випадків – це професійні кухарі, у 65 % – самі військовослужбовці і в 11,4 % – волонтери.

Основні недоліки в харчуванні, які виділяють військовослужбовці і які найбільш суттєво впливають на якість харчування (високий вплив та високе значення) це:

- низька ситність (60,7 % військових відчувають почуття голоду незабаром після їди);
- низькі смакові якості їжі;
- одноманітність;
- часто затримка в забезпеченні.

Оцінка основних показників стану і якості харчування в цілому, яку висловили військовослужбовці, представлені на рис. 4.

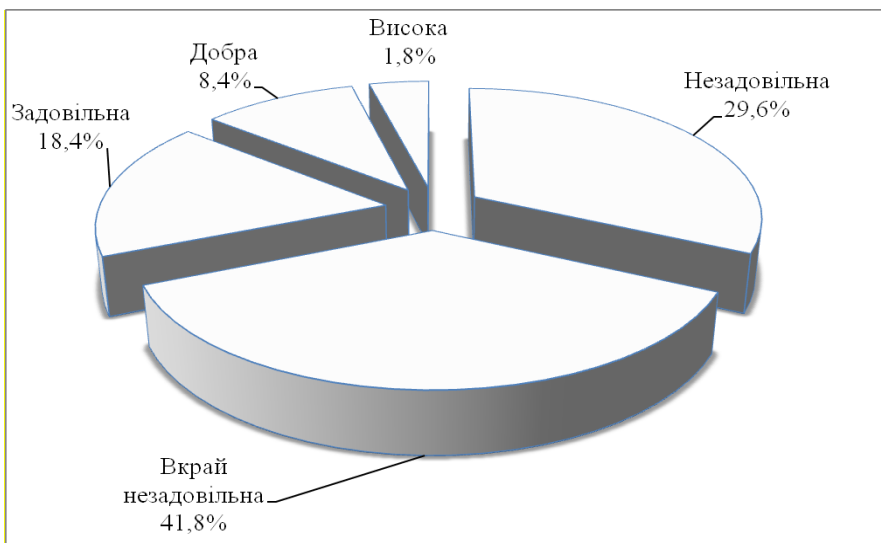


**Рис. 4 – Оцінка системи харчування військовослужбовцями, що перебувають в зоні АТО, % (n=287)**



Кожний із основних показників, які характеризують стан харчування, більше половини військовослужбовців оцінили як «вкрай незадовільна» і «незадовільна». А якщо приєднати ще й «задовільну» оцінку (яка не є доброю), то вийде більше 80 %.

Крім того, військовослужбовці також оцінили в цілому організацію свого харчування в зоні АТО (рис. 5).



**Рис. 5 – Оцінка військовослужбовцями організації харчування**

Як видно вкрай незадовільна оцінка складає 41,8 %, незадовільна – 29,62 (майже 30 %). Що разом складає більше 70 % і тільки близько 30,0 % опитуваних організацію свого харчування оцінили позитивно.

При аналізі опитувальних анкет увагу приділяли також харчовому статусу військовослужбовців в зоні АТО та визначали зміни маси тіла. Виявилось, що на момент опитування у 46,9 % військовослужбовців відмітили, що їх маса тіла зменшилася, у 39,5 %

маса тіла не змінилась, і лише у 13,6 % опитуваних військово-службовців відмічалось збільшення маси тіла.

Приймаючи до уваги вищенаведені недоліки у організації та стані харчування, а також харчовому статусі військовослужбовців, необхідно було встановити, чи відмічалось у військовослужбовців погіршення стану здоров'я під час перебування в зоні АТО. Як свідчать отримані дані, військовослужбовці майже однаково оцінили стан свого здоров'я. Так, 51,4 % опитуваних характеризують своє самопочуття і здоров'я як незадовільне і пов'язують цей стан із харчуванням. Проте, у 48,6 % опитуваних військовослужбовців за їх самооцінкою стан здоров'я не змінився.

Після оцінки військовослужбовцями організації їх харчування в польових умовах у відповідності з нормою № 1 – загальновійськова, необхідно зупинитися на оцінці сухого пайка (норма – № 10), який призначений для харчування під час виконання спеціальних завдань з відривом від своїх військових частин у тому числі в бойових умовах і розрахований на короткий час вживання (до 3-5 діб).

До останнього часу в військах використовується норма №10 – повсякденний набір сухих продуктів (сухий пайок), який комплектують з використанням концентратів і консервів і розрахований на вживання не більше 3-5 діб. До складу сухого пайка для військовослужбовців України входять: консерви м'ясні (сніданки м'ясні, паштети печінкові), консерви м'ясо-рослинні (в асортименті), галети, мед кава розчинна, цукор та чай. Консерви згідно з нормативними документами, перед вживанням вимагають розігрівання.

Ми запропонували військовослужбовцям оцінити норму № 10 (сухий пайок) за наступними критеріями: зручність упаковки для перенесення; зручність відкривання упаковки; асортимент (різноманітність) продуктів; смакові якості продуктів; достатність питної води (1,5 л); достатність засобів для особистої гігієни. Результати цих опитувань представлені в табл. 2.

**Оцінка сухого пайка військовослужбовцями, які приймають  
участь у бойових діях в зоні АТО**

Критерії оцінки	Оцінка, % від опитуваних				
	вкрай незадовільна	незадовільна	задовільна	добра	відмінна
Зручність упаковки для перенесення	6,6	17,4	17,5	42,1	16,4
Зручність відкриття упаковки	5,7	12,1	20,0	40,0	12,9
Асортимент (різноманітність) продуктів	20,0	37,1	27,9	13,6	1,4
Смакові якості продуктів	30,9	29,7	24,8	14,5	0,0
Достатність питної води (1,5 л)	39,7	31,4	21,9	4,6	2,4
Достатність засобів для особистої гігієни	49,3	25,0	13,6	11,4	0,7
Загальна оцінка сухого пайка	29,8	40,0	14,4	11,6	4,2

Як видно із представлених даних більше 50 % (42,1 та 16,4 %) і (40,0 та 12,9 %) опитуваних військовослужбовців однаково добре і відмінно оцінили, як зручність упаковки для перенесення так і зручність відкриття упаковки. Решта військовослужбовців оцінили зручність для перенесення і відкриття як задовільно і незадовільно, а близько 6,0 % опитуваних оцінили як вкрай незадовільно.

Щодо запитань відносно асортименту (різноманітності) продуктів та їх смакових якостей картина була іншою. Так, 85 % військовослужбовців (20,0, 37,1 і 27,9 %) оцінили асортимент продуктів як вкрай незадовільно, незадовільно і задовільно. Близько

14 % військовослужбовців дали оцінку – добре і лише 1,4 % опитуваних надали високу оцінку різноманітності продуктів.

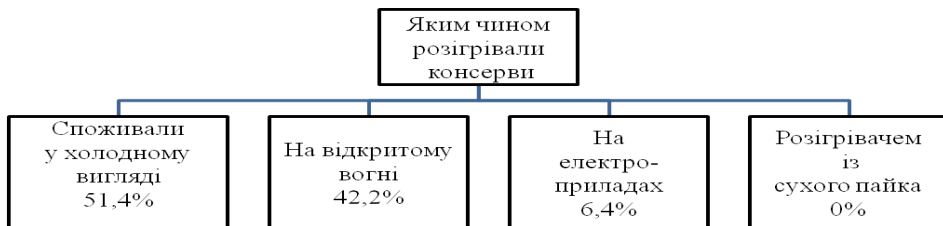
Що стосується смакових якостей продуктів сухого пайку, то 85,4 % опитуваних оцінили їх також як вкрай незадовільні, незадовільні і задовільні і тільки 14,5 % оцінили як добрі. Особливо варто відзначити, що відмінної оцінки смаковим якість продуктів, жоден військовослужбовець не поставив.

При опитуванні військовослужбовців щодо достатньої кількості питної води (1,5 л на день) то 39,7 та 31,4 % опитуваних оцінили як вкрай незадовільно і незадовільно. Як добре оцінили лише 4,6 % опитуваних та на відмінно тільки 2,4 % опитуваних. На наш погляд, на оцінку щодо забезпечення сухого пайку водою суттєво вплинув той факт, що опитування проходило в найбільш спекотні місяці: липень, серпень, вересень 2015 року.

Щодо забезпечення військовослужбовців засобами для особистої гігієни, то більше половини опитуваних (74,3 %) взагалі оцінили негативно: вкрай незадовільно і незадовільно.

Загальна ж оцінка військовослужбовців сухого пайку в 69,8 % також вкрай незадовільна і незадовільна.

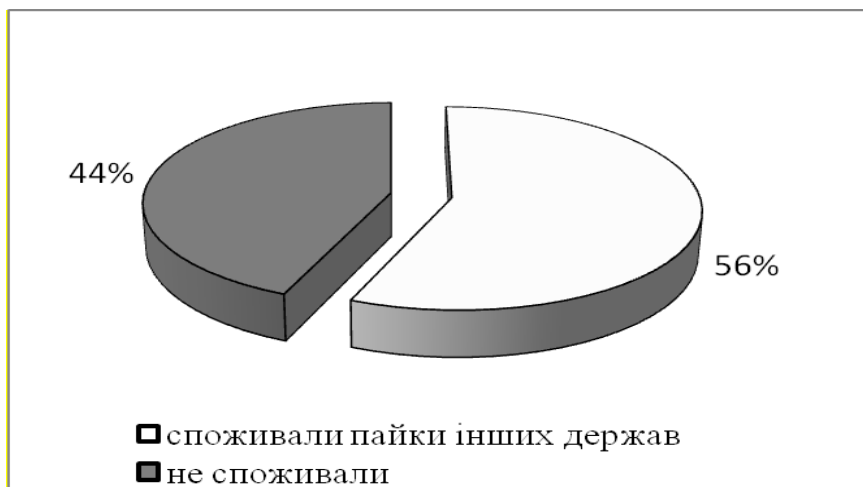
Згідно нормативних документів консерви (особливо м'ясо-рослинні) перед вживанням потребують розігріву. То ж необхідно було проаналізувати, яким чином військовослужбовці розігрівали м'ясні і м'ясо-рослинні консерви сухого пайку. Результати опитування військовослужбовців наведені на рис.6.



**Рис. 6 – Спосіб розігріву продуктів сухого пайку військовими в зоні АТО**

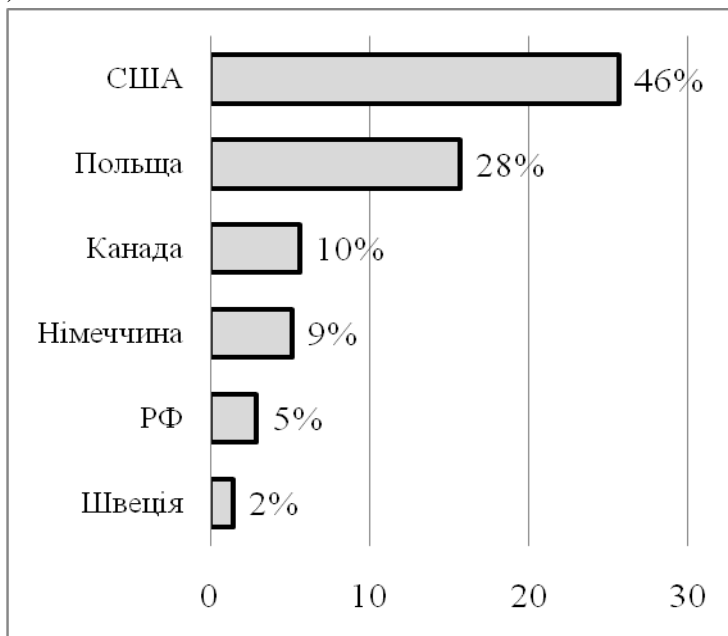
Із отриманих даних видно, що найбільша кількість військовослужбовців 51,4 % споживали їжу в холодному вигляді, їжу яку розігрівали на відкритому вогні споживали 42,2 % військовослужбовців і тільки 6,4 % із них користувалися електроприладами. Розігрівачем ніхто не користувався. Це свідчить про те, що його не було взагалі. Однак, Постановою Кабміну № 426 до норми № 10 передбачено: «У разі використання повсякденного набору сухих продуктів у польових умовах та під час виконання спеціальних завдань з відривом від баз постачання понад одну добу дозволяється видавати один розігрівач портативний, 60 грамів сухого пального (уротропін технічний), та шість штук сірників вітроводостійких або одну коробку сірників звичайних».

Відомо, що під час бойових дій військовослужбовцям доводилося споживати сухі пайки країн – учасниць НАТО. Цікавим було дізнатися хто мав змогу вживати такі пайки, а також думку військових відносно цих пайків. Опитування показало, що більше половина (56 %) військових споживали пайки інших держав і відповідно 44 % опитуваних не споживали жодного разу (рис. 7).



**Рис. 7 – % військовослужбовців, які споживали пайки інших держав**

На питання, яким пайком інших держав вони надають перевагу і вважають їх найбільш якісними, переваги опитуваних розділилися (рис. 8).



**Рис. 8 – Переваги військовослужбовців щодо пайків інших держав**

Більша частина опитуваних 46 % з тих хто знайомий з пайками інших країн дали перевагу пайкам армії США, 28 % – пайкам Польщі і далі Канади, Німеччини, Росії, Швеції від 10 до 2%.

В ході анкетного опитування військовослужбовцям було запропоновано висловити свої побажання щодо вдосконалення складу норми № 10 – набору сухих продуктів (сухий пайок). Результати цього опитування наведені в табл. 3.

**Побажання військовослужбовців щодо вдосконалення норми №10  
- набору сухих продуктів (сухий пайок)**

Побажання щодо вдосконалення сухого пайку	% опитуваних
Розширити асортимент (різноманітність) страв	77,9
Покращити смакові якості продуктів	75,0
Ввести до складу основні страви:	57,1
- м'ясні	64,3
- рибні	50,7
- овочеві	41,4
- молочні	40,7
Збільшити частку солодошів	55,7
Збільшити різноманітність розчинних напоїв	40,0
Додавати вітамінні препарати	75,7
Додавати спеції та соуси	47,9
Комплектувати безполум'яним розігрівачем	80,0
Забезпечити засобом для відкриття упаковки страв	26,4
Додати окремий пакет для збору відходів	27,1
Додати води	61,4

Як видно із представлених даних більша частина опитуваних військовослужбовців, які взагалі негативно оцінили сухий пайок, воліла б його вдосконалити. Так, майже 78,0 % хотіли б вдосконалити сухий пайок, за рахунок розширення асортименту (різноманітності) страв та 75,0 % покращення смакових якостей продуктів.

Проте звертає на себе увагу що, 57,1 % військових бажають ввести до складу сухпайка готові основні страви, а саме: м'ясні страви (64,3 %), трохи менше рибні (50,7 %) та молочні страви (40,7 %).

Що стосується забезпеченням питною водою військово-службовців, то більше половини опитуваних (61,4 %), виявили бажання збільшити її кількість. Також, 55,7 % опитуваних воліли б збільшити кількість солодошів та 47,9 % спецій і соусів. Трохи менше

половини опитуваних (40,0 %) воліли збільшити різноманітність розчинних напоїв. Близько 26,8 % опитуваних військовослужбовців бажали вдосконалити сухий пайок для зручності засобами для відкривання упакованих страв та додати окремий пакет для збору відходів.

Особливо треба зазначити, що 80 % опитуваних висловились за необхідність комплектувати сухий пайок безполум'яним розігрівачем.

Фахівцями Центру розвитку і супроводу матеріального забезпечення Збройних сил України розроблена і представлена норма № 15- добовий польовий набір продуктів, яка складається з 7 різних варіантів раціонів в реторт-упаковці і розглядається як поліпшена альтернатива існуючого сухпайка. Передбачена порційна видача норми – тобто сніданок, обід і вечеря. Також додатково видається бутильована вода - 0,5 л на кожен раціон.

При цьому в розробленій «Нормі № 15» калорійність добового польового набору продуктів затверджена на рівні 3500 ккал. Крім того, задокументовано посилений раціон для учасників АТО, в якому калорійність збільшена на 600 ккал і становить 4100 ккал.

Однак треба зазначити, що Нормою №15 допущено в першому блюді масову частку жиру не більше 20 %, в другому - не більше 25 %. Враховуючи допущений найвищий відсоток жиру, неважко підрахувати, що в 500 г першої страви може міститися 100 г жиру, а в 350 г другої страви до 90,0 г жиру. Таке завищення кількості жиру, буде значно зменшувати кількість білка в пайку військовослужбовців.

Перевагу Норма № 15, перш за все, визначають новою облегшеною, в порівнянні з бляшаними банками, упаковкою - реторт-пакет. Однак, для потреб армії не можна розраховувати тільки на один вид упаковки - реторт-пакети, які в Україні виготовлюються виключно одним підприємством. Тим більше, що існує багато інших упаковок, які можна використовувати для пакування готових перших і других



страв, а саме: пакети з полімерних, або комбінованих матеріалів; пакети із алюмінізованої фольги; пакети із плівки полімерної ламінованої багатошарової та комбінованої металізованої або не металізованої (з друком або без друку) і на кінець – ламістерна упаковка.

Всі перераховані види упаковок використовуються для зберігання харчових продуктів, в том числі готових для вживання страв, на термін більше 24 місяців, як вимагають стандарти НАТО.

Результати середньодобового хронометражу діяльності, який здійснювали військовослужбовці при підготовці та виконанні завдань за призначенням та проведення відповідних розрахунків: енерговитрати= $X \times \text{час(хв)} \times \text{вага(кг)} + 15\%$  (неврах. витрати) + 15% (псих. навантаж) з урахуванням віку та маси тіла військових (табл. 4) дозволили встановити енергетичні витрати військовослужбовців, які суттєво відрізняються від характеру бойової діяльності (табл. 5). Встановлено також, що середньодобові енерговитрати коливаються від 3957 до 6876 ккал.

Таблиця 4

#### Маса тіла військовослужбовців в різних вікових категоріях

Вік військовослужбовців	Кількість військових за віком	Загальна маса тіла, кг	Середня маса тіла, кг
20-29	36	2795	77,63
30-39	38	3209	84,44
40-49	42	3791	90,26
50-65	14	1111	79,35
20-65 – всього	130	10106	84,0
30-50 (найбільша вікова категорія)	80	7000	87,5

**Межа коливань середньодобових енергетичних витрат у  
військовослужбовців різних спеціальностей в умовах бойових дій  
в АТО**

№	Військові спеціальності	Межа коливань енерговитрат, ккал/добу
1	Командний склад	4240,54 - 4741,29
2	Стрільці	4551,62 - 5292,36
3	Спец. призначенці	5908,79 - 6876,42
4	Забезпечення бойової діяльності	4363,50 - 5184,32
5	Снайпери	4912,81 - 5535,12
6	Водії автотехніки	4308,32 - 4769,76
7	Механіки-водії бронетехніки	5196,28 - 5498,31
8	Артелеристи	4594,80 - 5382,22
9	Зв'язківці	3957,44 - 4272,16
10	Навідники бойової техніки	4633,15 - 4963,31
Середні енерговитрати		4666,73 - 5251,53

Розрахунки проводили сумісно з фахівцями Української військово-медичної академії МО України під керівництвом полковника, к.мед.н., Ю.М.Депутата.

Рівень енергетичних витрат військовослужбовців не перевищував 6876,42 ккал/добу. Найбільшу величину енерговитрат визначено у військовослужбовців спеціального призначення від 5908,79 до 6876,42 ккал/добу, найменші енерговитрати визначено у військовослужбовців – зв'язківців 3957,44-4272,16 ккал/добу.

Таким, чином енергетична цінність як норми № 1 – загальновійськової так і норми № 10 – сухого пайка, які на сьогодні згідно [13] повинні відповідати IV групі інтенсивності фізичної праці (важка фізична праця) і дорівнювати не більше 3900 ккал на добу не відповідає фактичним витратам військовослужбовців при виконанні

ними завдань за призначенням (у тому числі бойових). Встановлено, що середні енергетичні витрати у них становлять від 4666,73 до 5251,53 ккал/добу. Дана величина була використана нами як основа нормування енергетичної та харчової потреби військовослужбовців з фактичною середньою масою тіла 87 кг для індивідуального бойового пайка загального призначення.

Згідно стандартів НАТО [10] мінімальний (3600 ккал/добу) стандарт щодо харчової цінності та складу макронутрієнтів в індивідуальному оперативному раціоні харчування загального призначення для військових з масою тіла 70 кг повинен містити від 404 до 584 г вуглеводів, від 118 до 185 г білку, і від 54 до 140 г жиру, поєднання яких повинне забезпечувати споживання стільки ккал/добу скільки потребують певні енергетичні витрати різних категорій військових спеціальностей при виконанні діяльності за призначенням. Однак в стандартах НАТО зазначається, що не можливо одночасно використовувати вміст білків і вуглеводів в нижніх межах, оскільки споживання мінімальної кількості цих двох макронутрієнтів викликає перевищення верхньої 35 % межі вмісту жиру в раціоні.

Стандартами НАТО передбачено, що солдатів з масою тіла 79 кг потрібно не більше 158 г білка в день. При цьому, 185 г білка вважається прийнятною верхньою межею змісту білка в індивідуальному оперативному раціоні харчування загального призначення.

Враховуючи вказані стандарти НАТО, визначені нами межі енергетичних витрат у військовослужбовців різних спеціальностей в умовах бойових дій в зоні АТО та побажання військових щодо удосконалення норми №10 - набору сухих продуктів (сухий пайок) за рахунок готових страв, а також досвід удосконалення індивідуальних бойових пайків, розроблених для армії США, – «Обіди, готові-до-вживання», «Meals, Ready-to-eat (MRE)» необхідно чітко визначити харчову цінність цих пайків та певний необхідний макронутрієнтний склад. Саме встановлення енергетичної та харчової цінності з визначенням макронутрієнтного складу раціону і стане основою для розробки рецептур перших і других страв.

І так, нами встановлено, що середні енергетичні витрати військовослужбовців коливаються від 4666,73 до 5251,53 ккал/добу. Ці величини енерговитрат ми використали як основу при розрахунку кількості білків, жирів та вуглеводів індивідуального бойового пайка загального призначення, які необхідно враховувати при розробці нової норми раціону на заміну норми № 10 набору сухих продуктів (сухий пайок).

За формулою (1.1) збалансованого харчування Покровського В.А. у раціоні харчування [15] розрахували необхідну кількість макронутрієнтів для раціонів при енергопотребах військових в 4666,73 ккал і при енергопотребах – 5251,53 ккал.

Так при енерговитратах 4666,73 ккал калорійність денного раціону повинна бути  $E=4666,73$  ккал. При цьому кількість білків, жирів, вуглеводів (kb/kg/ku) дорівнює 140/179/624 г, що забезпечує 560+1611+2496 ккал і у сумі становить 4667 ккал. Відсоток жиру в такому раціоні становить 34,4 % від загальної калорійності, що відповідає стандартам НАТО – не перевищувати 35 %.

При енерговитратах 5251,53 ккал калорійність денного раціону повинна бути  $E=5251,53$  ккал. При цьому кількість білків, жирів, вуглеводів (kb/kg/ku) повинна дорівнювати 185/200/677 г, що забезпечує 740+1800+2592 ккал і у сумі становить 5251 ккал. Відсоток жиру в такому раціоні становить 34,2 % від загальної калорійності, що також відповідає стандартам НАТО і не перевищує 35 %.

Вважаємо, що подібні розрахунки щодо визначення макронутрієнтного складу раціону, які спираються на фактичні енергетичні витрати військових при виконанні їх бойових дій за призначенням, і стане основою для розробки рецептур перших і других страв за системою «Обіди, готові-до-вживання».

Вище представлені дані є результатами вперше проведених досліджень відносно встановлення середньодобових енергетичних витрат військовослужбовців з урахуванням різних військових спеціальностей в умовах проведення АТО. Проте, в подальшому ці дослідження необхідно поширити на більший контингент військовослужбовців з використанням об'єктивних методів

дослідження. Тільки встановлення реальних енергетичних витрат військовослужбовців дозволить обґрунтувати необхідну енергетичну і харчову цінність їх раціонів при виконанні ними завдань за призначенням у тому числі і бойових.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що 71,4 % військовослужбовців ЗС України, які перебувають у зоні АТО оцінюють якість і організацію харчування з боку держави як незадовільно і вкрай незадовільно.

2. Визначено найбільш суттєві недоліки в організації та системі харчування: низька ситність (60,7 % військових відчувають почуття голоду незабаром після їди); низькі смакові якості їжі; одноманітність; часто затримка в забезпеченні.

3. Відмічено, що 51,4 % опитуваних характеризують своє самопочуття і здоров'я як незадовільне і пов'язують погіршення стану здоров'я із харчуванням.

4. Встановлено, що 57 % військовослужбовців (20,0, 37,1 %) оцінили асортимент продуктів так званого сухого пайку (норма №10 – повсякденний набір сухих продуктів) як вкрай незадовільна, незадовільна і 27,9 % задовільна. Також 85,4 % опитуваних оцінили смакові якості продуктів сухого пайку як вкрай незадовільні, незадовільні і задовільні.

5. Визначено побажання військовослужбовців, щодо вдосконалення асортименту (різноманітності) страв: майже 78,0 % хотіли б вдосконалити сухий пайок, за рахунок розширення асортименту та 75,0 % - покращення смакових якостей продуктів, а 57,1 % військових бажають ввести до складу сухого пайка готові основні страви, а саме: м'ясні страви (64,3 %), трохи менше рибні (50,7 %) та молочні страви (40,7 %). За необхідність комплектувати сухий пайок безполум'яним розігрівачем висловились 80% опитуваних.

6. Встановлено середньодобові енергетичні витрати військовослужбовців при підготовці та виконанні завдань за

призначенням, які суттєво відрізняються від характеру бойової діяльності і коливаються від 3957 до 6876 ккал. Найбільшу величину енерговитрат визначено у військовослужбовців спеціального призначення від 5908,79 до 6876,42 ккал/добу, найменші енерговитрати визначено у військовослужбовців - зв'язківців 3957,44-4272,16 ккал/добу.

7. Встановлено, що середні енергетичні витрати становлять від 4666,73 до 5251,53 ккал/добу. Дані величини використані як основа нормування енергетичної та харчової потреби військовослужбовців з фактичною середньою масою тіла 87 кг для індивідуального бойового пайка загального призначення.

8. Розраховано макронутрієнтний склад денного раціону при калорійності 4666,73 ккал, який дорівнювати 140 г білка, 179 г жиру, 624 г вуглеводів, що забезпечує  $560+1611+2496$  ккал і у сумі становить 4667 ккал. Відсоток жиру в такому раціоні становить 34,2 % від загальної калорійності, що відповідає стандартам НАТО і не перевищує 35 %.

9. Розраховано макронутрієнтний склад денного раціону при калорійності 5251,53 ккал, який дорівнювати 185 г білка, 200 г жиру, 677 г вуглеводів, що забезпечує  $740+1800+2592$  ккал і у сумі становить 5251 ккал. Відсоток жиру в такому раціоні становить 34,2 % від загальної калорійності, що відповідає стандартам НАТО і не перевищує 35 %.

10. Зроблено висновок про необхідність в подальшому поширенні досліджень в цьому напрямку на більшому контингенті військовослужбовців з використанням об'єктивних методів дослідження. Тільки встановлення реальних енергетичних витрат військовослужбовців дозволить обґрунтувати необхідну енергетичну і харчову цінність їх раціонів при виконанні ними завдань за призначенням у тому числі і бойових.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про норми харчування військовослужбовців Збройних сил України та інших військових формувань та осіб рядового, начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту та Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації : Постанова Кабінету Міністрів України від 29.03.2002 № 426 // Офіц. вісник України, 2002. № 14. 739 с.

2. Про внесення зміни до норм харчування військовослужбовців Збройних Сил та інших військових формувань : Постанова Кабінету Міністрів України № 910 // Офіц. вісник України, 2013. № 100. 3663 с.

3. Про внесення зміни до норм харчування військово-службовців Збройних Сил та інших військових формувань : Постанова Кабінету Міністрів України № 470 // Офіц. вісник України. – 2016. Режим доступу <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/470-2016-/D0/BF>.

4. Любчак М.П. Гігієнічне обґрунтування шляхів оптимізації харчування курсантів вищих військових навчальних закладів сухопутних військ Збройних сил України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук / М.П. Любчак. – К., 2004. – 22 с.

5. Депутат Ю.М. Гігієнічне обґрунтування корекції загальновійськового добового раціону харчування військовослужбовців строкової служби Збройних Сил України : автореф. дис.... канд. мед. наук. К., 2009. 19 с.

6. Гуліч М.П., Депутат Ю.М., Онопрієнко О.М. Роль аліментарного фактору в збереженні здоров'я та підтримки боєздатності військовослужбовців строкової служби Збройних сил України // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2003. Вип. 41. С.411-416.

7. Гулич М.П., Депутат Ю.Н., Оноприенко Е.Н. и др. Питание как фактор сохранения здоровья и поддержания боеспособности военнослужащих срочной службы // Социально-гигиенические и эпидемиологические проблемы сохранения здоровья военнослужащих и населения : науч. труды Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана / под ред. А.И. Потапова. Нижний Новгород, 2004. Вып. 11. С. 254-255.

8. Депутат Ю.М., Гуліч М.П., Вінокурова Н.М. Гігієнічна оцінка добового раціону харчування військовослужбовців строкової служби ЗС України // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2004. Вип. 44. С. 559-563.

9. Гуліч М.П., Депутат Ю.М. Дослідження харчового статусу військовослужбовців Збройних сил України в зв'язку з фактичним та скоригованим раціоном харчування // Гігієна населених місць : зб. наук. пр. – К., 2009. Вип. 54. С. 253-262.

10. Силка І. Аналіз сучасного стану забезпечення військовослужбовців харчуванням // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технологія, якість та безпека : зб. матер. Міжнарод. науково-практ. конф. Київ, 2015. С.18-19.

11. Про Рекомендації парламентських слухань на тему: Про військово-медичну доктрину України : Постанова Верховної Ради України від 25.11.2015 № 827-VIII. Режим доступу <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/827-19>.

12. Требования к индивидуальным оперативным рационам питания, используемым в военных целях : Стандарт НАТО. Медицинское издание НАТО: AMedP-1.11. (Издание А Версия 1). – Агенство НАТО по стандартизации (NSA). – НАТО/ ОТА. 2013. 43 с.

13. Nutrition Science and Food Standards for Military Operations (Nutrition et normes d'alimentation pour les opérations militaires). Final Report of RTO Task Group [Electronic Resource]. 2010. – Mode of access : URL : [natorto.cbw.pl/uploads/2010/3/TR-HFM-154-ALL.pdf](http://natorto.cbw.pl/uploads/2010/3/TR-HFM-154-ALL.pdf).

14. Русаков В. Коллективные и индивидуальные пайки для военнослужащих ВС США // Зарубежное военное обозрение. 2014. №3. С. 29-35.

15. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії : Наказ МОЗ України від 18.11.1999 № 272.

16. Ципріяні В.І. Гігієна харчування з основами нутриціології. – у 2-х кн. / під ред. К. : Медицина, 2007. Кн. 1. 527 с.

17. Войсковое питание / МО СССР; Академия тыла и транспорта. М., 1977. 364 с.

18. Научные основы рационального питания военнослужащих: учеб. пособ. – Вольск : ВВУТ, 1995. 356 с.



19. Дорошевич В.И., Ширко Д.И. Методологические подходы обоснования потребностей военнослужащих в энергии и основных пищевых веществах / В.И. Дорошевич, Д.И. Ширко // Военная медицина. 2016. № 2. С. 78-82.

20. Кошелев Н.Ф., Михайлов В.П., Лопатин С.А. Гигиена питания войск. СПб. : ВМА, 1993. Ч. 2. 259 с.

21. Кузьмин С.Г., Сильченко К.К. Физиолого-гигиеническое нормирование продовольственных пайков для вооруженных сил / С.Г. Кузьмин, К.К. Сильченко // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2006. Приложение 1 (15). С. 321-322.

22. Майдан В.А. Концептуальные основы современного питания военнослужащих России в XXI веке // Политика здорового питания в России : материалы VI Всерос. конгресса, Москва, 12-14 нояб. 2003 г. / МЗ РФ. М., 2003. С. 332-335.

23. Дьяконов М.М. Питание военнослужащих при боевой деятельности // Опыт советской медицины в Афганистане: тез. докл. Всерос. науч. конф. / ГВМУ ; ВМА. М., 1992.

24. Ципріян В.І. Гігієна харчування з основами нутриціології. – у 2-х кн. К. : Медицина, 2007. 544 с.

25. Гольдберг В.Н. Рациональное питание военнослужащих. М. : Воениздат, 1976. 316 с.

26. Руководство по определению химического состава и энергетической ценности продуктов питания, продовольственных пайков и рационов / МО СССР. М. : Воениздат, 1983. 64 с.

27. Смоляр В.И. Рациональное питание. К. : Наукова думка, 1991. 368 с.

28. Стародубцев С.О., Кушнерук В.І., Тробиюк В.І. Математичні моделі оптимізації харчування військовослужбовців // Теоретичні основи розробки систем озброєння. 2008. № 2 (14). С. 111-114.

29. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. К. 2006. 558 с.

30. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. К. : МОРИОН, 2001. 408 с.

31. Товма Л.Ф., Крамаренко Д.П., Дейниченко Г.В. Методика оптимізації складу трикомпонентної харчової системи з метою створення харчових продуктів для військовослужбовців // Бізнес-інформ. 2016. № 2. С. 175-178.

# ЗМІСТ

## ТВОРЧЕ НАДБАННЯ АКАДЕМІКА ЄВГЕНА ГНАТОВИЧА ГОНЧАРУКА. НАУКОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ

СЕРДЮК А.М., САВІНА Р.В., ГАРКАВИЙ С.І. ....6

## НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ТА ПРИНЦИПІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВНЕСКУ КАНЦЕРОГЕННИХ РЕЧОВИН ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА У ФОРМУВАННЯ ОНКОЛОГІЧНОЇ ЗАХВОРЮВАНОСТІ

ЧЕРНИЧЕНКО І.О., ЛИТВИЧЕНКО О.М., СОВЕРТКОВА Л.С., БАЛЕНКО Н.В.,  
ОСТАШ О.М., СМИРНОВА Г.І.....37

## ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ МІСТ З РІЗНОЮ МІСТОУТВОРЮЮЧОЮ БАЗОЮ ЗА СТАНОМ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА РИЗИКОМ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

МАХНЮК В.М., МОГИЛЬНИЙ С.М., ПАВЛЕНКО Н.П., СТИРТА З.В.,  
БАЛЕНКО К.В., ЧУМАК Ю.Ю., ЛИТВИЧЕНКО О.М., АНТОМОНОВ М.Ю.,  
МИШКОВСЬКА А.А., КОШЕЛЬНИК М.І.....72

## ПОРІВНЯЛЬНА ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ВМІСТУ ТА НЕБЕЗПЕКИ ЛЕТКИХ ТА НЕЛЕТКИХ ХЛОРООРГАНІЧНИХ СПЛУК У ВОДОПРОВІДНІЙ ПИТНІЙ ВОДІ

ПРОКОПОВ В.О., ТРУШ Є.А., ЛИПОВЕЦЬКА О.Б., ЗОРІНА О.В., КУЛІШ Т.В.,  
СОБОЛЬ В.А., ТОМАШЕВСЬКА Л.А., КРАВЧУН Т.Є., ЦИЦИРУК В.С. ....109

## ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ОРГАНІЧНИХ СПЛУК СЕЛЕНУ І ГЕРМАНІЮ, ОТРИМАНИХ ЗА НОВІТНЬОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ,

**ТА ВСТАНОВЛЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЇХ ДЛЯ  
ПЕРВИННОЇ ПРОФІЛАКТИКИ МІКРОЕЛЕМЕНТНИХ ДЕФІЦИТІВ**

ГУЛІЧ М.П., ЄМЧЕНКО Н.Л., ХАРЧЕНКО О.О., МОІСЕЄНКО І.Є.,  
ЕРМОЛЕНКО В.П., ЯЩЕНКО О.В., ЛЮБАРСЬКА Л.С., ТОМАШЕВСЬКА Л.А.,  
КРАВЧУН Т.Є., ЦИЦИРУК В.С., ЛЕМЕШКО Л.П. .... 140

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО  
ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ НАНОСРІБЛА**

БАБІЙ В.Ф., КОНДРАТЕНКО О.Є., ПІМУШИНА М.В., БРЕНЬ Н.І.,  
ТОМАШЕВСЬКА Л.А., КРАВЧУН Т.Є., ЦИЦИРУК В.С., ГУМЕННІКОВА Н.М..... 174

**ГІГІЄНИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ГРАНИЧНО  
ДОПУСТИМОГО НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ УЧНІВ У  
ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ..... 203**

ГОЗАК С.В., ПАРАЦ А.М., ЄЛІЗАРОВА О.Т., ШУМАК О.В., ФІЛОНЕНКО О.О.. 203

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН, ПОШИРЕННОСТІ ДЕФЕКТІВ  
НАДАННЯ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ТА ЇХ НАСЛІДКІВ ЗА  
РУБЕЖЕМ І В УКРАЇНІ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ**

СЕРДЮК А.М., СКАЛЕЦЬКИЙ Ю.М., РИГАН М.М., ЛОБАЧОВА Т.І..... 249

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМ  
ХАРЧУВАННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ЗБРОЙНИХ СИЛ  
УКРАЇНИ ВІДПОВІДНО ДО СТАНДАРТІВ НАТО**

ГУЛІЧ М.П., ДЕПУТАТ Ю.М., ЯЩЕНКО О.В., ЛЮБАРСЬКА Л.С.,  
ХАРЧЕНКО О.О., МОІСЕЄНКО І.Є. .... 279

ЗМІСТ ..... 314

НАУКОВЕ ВИДАННЯ  
**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ  
ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ**

**Випуск 3**  
**(результати наукових розробок 2016 р.)**

За редакцією  
академіка Сердюка Андрія Михайловича

Матеріали зверстано з електронних носіїв, наданих авторами.  
Відповідальність за зміст несуть автори публікацій.

Підписано до друку 07.07.2017. Формат 60×84/16. Ум.друк.арк.  
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Тираж 300 прим. Зам.№ \_\_\_\_.  
Видавництво: «Рекламне агентство TR Studio», 01019, м.Київ, а/с – 164  
тел.: (044) 408-41-45, e-mail: info.trstudio@gmail.com