

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
бакалавра  
на тему  
**ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У**  
**ВОЛОСЯНОМУ ПОКРОВІ НАСЕЛЕННЯ МІСТ**  
**(НА ПРИКЛАДІ М. ДРУЖКІВКА, ДОНЕЦЬКА ОБЛ.)**

Виконав: студент 5 курсу, групи ЗДЕ-53  
напряму підготовки: 6.040106 Екологія, охорона  
навколишнього середовища та збалансоване  
природокористування

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

\_\_\_\_\_ / Пассєвич Є. А. /  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ /доц. Кривицька І.А./  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(підпис) (прізвище та ініціали)

*«До захисту допущено»*

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ /проф.Некос А. Н./  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ /інж. Дюкова В. В./  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Секретар ДЕК \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Харків – 2020 рік

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут екології

Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ /проф. А. Н. Неко́с  
підпис ініціали, прізвище

“ 28 ” 05 2019 року

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

Пассевичу Єгору Анатолійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи: Особливості накопичення важких металів у волосяному покриві населення міст (на прикладі м. Дружківка, Донецька обл.).

керівник роботи Кривицька Іветта Анатоліївна, доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1) Проаналізувати сучасні наукові відомості щодо особливостей акумуляції важких металів у біосубстратах;

2) Визначити інформативність діагностичних біосубстратів, механізм негативного впливу важких металів на організм людини;

3) Надати методи дослідження біосубстратів;

4) Провести аналіз та узагальнення результатів дослідження щодо особливостей акумуляції важких металів у волосяному покриві населення м. Дружківка.

#### 4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Особливості акумуляції важких металів у біосубстратах
2	Методи дослідження важких металів у волосяному покриві населення м. Дружківка Донецької області.
3	Аналіз та узагальнення результатів дослідження особливостей акумуляції важких металів у волосяному покриві населення м. Дружківка

5. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 28.05.2019 р.

Студент

\_\_\_\_\_ **Є. А.Пасєвич**  
підпис ініціали, прізвище

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ **доц. І.А.Кривицька**  
підпис посада, ініціали, прізвище

**АНОТАЦІЯ**  
**ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У**  
**ВОЛОСЯНОМУ ПОКРОВІ НАСЕЛЕННЯ МІСТ**  
**(НА ПРИКЛАДІ М. ДРУЖКІВКА, ДОНЕЦЬКА ОБЛ.).**

**Пасєвич Єгор Анатолійович**

Вплив на людину несприятливих екологічних, соціальних та економічних умов, перш за все, позначається на стані її здоров'я. Поширеність важких металів в довкіллі у зв'язку з їх несприятливим впливом на організм є актуальною екологічною проблемою. Саме біомоніторинг є інформативним показником при оцінці екологічної ситуації на окремих територіях міста і прогнозі захворювання населення в цілому.

**Мета роботи** - дослідження мікроелементного статусу жителів типово промислового регіону (на прикладі міста Дружківка Донецької області) та оцінка впливу на нього факторів навколишнього середовища.

Було відібрано проби волосся у чоловіків різного віку з 2 районів міста, які мають різне техногенне навантаження. 4 зразки волосся було відібрано у жителів різного віку, що довгий час проживали по вул. Миру, яка знаходиться під впливом Дружківського машинобудівного заводу з однією сторони. З другої сторони проходить автодорога національного значення Н-20 Славянск - Маріуполь. Інші 4 зразки волосся були відібрані у жителів вул. Львівська, яка знаходиться на околиці міста далеко від джерел забруднення.

Визначено, що вміст металів в усіх зразках волосся знаходяться у межах референсних значень, але спостерігається більше накопичення металів у зразках волосся жителів, які проживають у районі з підвищеним техногенним навантаженням.

**ВАЖКІ МЕТАЛИ, БІОСУБСТРАТИ, ВОЛОССЯ**

**АННОТАЦИЯ**  
**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЛОСЯ**  
**НОМ ПОКРОВЕ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ**  
**(НА ПРИМЕРЕ М. ДРУЖКОВКА, ДОНЕЦКАЯ ОБЛ.).**

**Пассевич Егор Анатольевич**

Влияние на человека неблагоприятных экологических, социальных и экономических условий, прежде всего, сказывается на состоянии его здоровья. Распространенность тяжелых металлов в окружающей среде в связи с их неблагоприятным воздействием на организм является актуальной экологической проблемой. Именно биомониторинг является информативным показателем при оценке экологической ситуации на отдельных территориях города и прогнозе заболевания населения в целом.

**Цель работы** - исследование микроэлементного статуса жителей типично промышленного региона (на примере города Дружковка Донецкой области и оценка влияния на него факторов окружающей среды).

Были отобраны пробы волос у мужчин разного возраста с 2 районов города, которые имеют разную техногенную нагрузку. 4 образцы волос были отобраны у жителей разного возраста, долгое время проживали по ул. Мира, которая находится под влиянием Дружковского машиностроительного завода с одной стороны. С другой стороны проходит автодорога национального значения Н-20 Славянск - Мариуполь. Остальные 4 образцы волос были отобраны у жителей ул. Львовская, которая находится на окраине города вдали от источников загрязнения.

Определено, что содержание металлов во всех образцах волос находятся в пределах рефересных значений, но наблюдается большее накопление металлов в образцах волос жителей, проживающих в районе с повышенной техногенной нагрузкой.

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, БИОСУБСТРАТЫ, ВОЛОСЫ**

**ANNOTATION**  
**PECULIARITIES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN T**  
**HE HAIR COVER OF THE CITY POPULATION**  
**(ON EXAMPLE M. DRUZHKOVA, DONETSK REGION).**

**Passevich Egor Anatolievich**

The impact on a person of adverse environmental, social and economic conditions, above all, affects the state of his health. The prevalence of heavy metals in the environment due to their adverse effects on the body is an urgent environmental problem. Biomonitoring is an informative indicator in assessing the environmental situation in individual areas of the city and the prognosis of the disease in general.

The purpose of the work is to study the microelement status of the inhabitants. typically industrial region (on the example of the city of Druzhkivka, Donetsk region and assessment of the impact of environmental factors on it.

Hair samples were taken from men of different ages from 2 districts of the city, which have different man-made load. 4 hair samples were taken from residents of different ages who lived for a long time on the street. Peace, which is under the influence of Druzhkivka Machine-Building Plant on the one hand. On the other side is the highway of national importance H-20 Slavyansk - Mariupol. The other 4 hair samples were taken from residents of the street. Lviv, which is located on the outskirts of the city away from sources of pollution.

It was determined that the metal content in all hair samples is within the reference values, but there is a greater accumulation of metals in the hair samples of residents living in areas with high man-made load.

**HEAVY METALS, BIOSUBSTRATES, HAIR**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У БІОСУБСТРАТАХ.....	9
1.1 Загальні відомості про акумуляцію важких металів у волоссі.....	9
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОЛОСЯНОМУ ПОКРИВІ НАСЕЛЕННЯ М. ДРУЖКІВКА ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	17
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОЛОСЯНОМУ ПОКРИВІ НАСЕЛЕННЯ М. ДРУЖКІВКА .....	19
ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	32

## ВСТУП

Вплив на людину несприятливих екологічних, соціальних та економічних умов, перш за все, позначається на стані її здоров'я. Оцінка здоров'я є індикатором якості навколишнього середовища. Стабільність хімічного складу є одним з найважливіших умов нормального функціонування організму людини. Відповідно, відхилення у вмісті хімічних елементів, викликані екологічними, кліматогеографічними та іншими чинниками приводять до широкого спектру порушень у стані здоров'я [7].

Зміна змісту мікроелементів в об'єктах навколишнього середовища веде до їх змін в биосубстратах людини, а саме неспецифічний характер впливу зміни мікроелементного фону навколишнього середовища на організм проявляється зниженням його природної опірності, а так само ранніми несприятливими функціональними змінами в різних фізіологічних системах.

Екологічна ситуація, що склалася, в Донецької області за останні роки вимагає проведення біомоніторингу довкілля на різні хімічні забрудники, зокрема важкі метали. Однією з важливих ознак, завдяки якій їх відносять до пріоритетних забрудників довкілля – це здатність проникати в життєво важливі органи і системи та накопичуватися в організмі. В даний час проведення біомоніторингу знаходить все більшу популярність в різних країнах світу. За вмістом якого-небудь важкого металу в біосередовищах людини (у крові, сечі, волоссі, кістках, зубах, жіночому молоці і т.п.) можна визначити навантаження на організм в цілому. Воно, у свою чергу, складається в результаті потрапляння хімічного елементу з різних середовищ: питної води, їжі, атмосферного повітря і т.п.

**Актуальність теми:** поширеність важких металів в довкіллі у зв'язку з їх несприятливим впливом на організм є актуальною екологічною проблемою. Саме біомоніторинг є інформативним показником при оцінці

екологічної ситуації на окремих територіях міста і прогнозі захворювання населення в цілому.

**Метою** роботи є дослідження мікроелементного статусу жителів типово промислового регіону (на прикладі міста Дружківка Донецької області) та оцінка впливу на нього факторів навколишнього середовища.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити ряд **завдань**, а саме:

- 1) Проаналізувати сучасні наукові відомості щодо особливостей акумуляції важких металів у біосубстратах;
- 2) Визначити інформативність діагностичних біосубстратів, механізм негативного впливу важких металів на організм людини;
- 3) Надати методи дослідження біосубстратів;
- 4) Провести аналіз та узагальнення результатів дослідження щодо особливостей акумуляції важких металів у волосяному покриві населення м. Дружківка.

**Об'єкт** дослідження – волосяний покрив населення м. Дружківка.

**Предмет** дослідження - особливості накопичення важких металів в волосяному покриві, залежно від вікової категорії та району мешкання.

Методи дослідження: в даній роботі був використаний метод обробки літературних джерел та інтернет ресурсів та атомно-абсорційний метод, застосований на практиці.

## РОЗДІЛ 1

### ОСОБЛИВОСТІ АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У БІОСУБСТРАТАХ

#### 1.1 Загальні відомості про акумуляцію важких металів у волоссі

Задля нормального функціонування організму людини обов'язковою умовою є стабільність хімічного складу. Відхилення у змісті хімічних елементів, що викликаються різними факторами, призводять до порушення в стані здоров'я людини. При тривалому контакті з металами та їх похідними в повсякденному житті метали накопичуються в різних органах і тканинах людини. Найбільш зручними тобто доступними в дослідженні є: кров, сеча і волосся. Після контакту найшвидше збільшення металів можна зареєструвати в крові та сечі. При контакті з металами накопичення спостерігається в волоссі і кістках. Таким чином, визначення металів у волоссі є ретроспективним методом діагностики (тобто дозволяє виявити наявність металів вже після припинення контакту з ними). В останні роки все більший інтерес для виявлення впливу важких металів на організм людини представляє дослідження різних біосубстратів, зокрема волосся, яке є найбільш придатним та доступним субстратом людини для подібного роду досліджень. Відбір проб волосся простий і безболісний. Склад волосся досить повно відображає зміст важких металів в організмі людини в цілому [9, 16].

Середні (референсні) значення вмісту елементів, в тому числі і важких металів, в волоссі людини в різних літературних джерелах неоднакові [8, 9]. Найбільш повно відомості про референсні значення вмісту елементів у волоссі людини наведені в роботі [19].

Вплив на людину підвищених концентрацій важких металів, супроводжується накопиченням їх в організмі. При зміні рівнів вмісту елементів в цих середовищах фіксуються чіткі кореляційні залежності між вмістом хімічних елементів у біосередовищі людини і природних

середовищах [16]. Мікроелементний склад різних біосубстратів (кров, сеча, волосся, зуби, нігті) багато в чому відображає сумарне надходження забруднюючих речовин в організм з повітря виробничих і житлових приміщень, атмосферного повітря, води, продуктів харчування та ін. [4]. Інформативність біосубстратів людини, що застосовуються в якості індикаторів для оцінки впливу хімічних елементів, представлена в таблиці 1.1 [13].

Таблиця 1.1

Інформативність діагностичних біосубстратів для оцінки впливу хімічних елементів [13]

Елемент	Кров	Сеча	Волосся	Нігті	Зуби
Pb	++	+	++	+	++
Hg	+	++	+	+	-
Cd	x+	++	+	+	+?
Ni	x+	+?	x+	-	-
Co	+	-	x+	+	-
Cu	x+	+	x+	x+	+
Zn	-	+	x+	+	+
Mn	+	+?	+	-	-
F	-	++	++	+	++

Значення таблиці:

++ – високий кореляційний зв'язок з концентрацією в навколишньому середовищі; підвищення вмісту елемента в даному біосубстраті виявляється раніше, ніж в інших.

+ – те ж, але зазначений кореляційний зв'язок виражено слабше.

x+ – те ж, але проявляється тільки при високих рівнях впливу.

+? – дані суперечливі;

- – даних немає.

Як видно з таблиці 1.1, кращим індикатором підвищеного вмісту ртуті та кадмію в навколишньому середовищі є сеча. Підвищені концентрації фтору в природних середовищах відображаються в його складі у сечі, волоссі, зубах, менше в нігтях. Такі біосубстрати та біосередовища, як кров, волосся, зуби, гостро реагують на підвищення свинцю у навколишньому середовищі. Високий кореляційний зв'язок з концентрацією свинцю в навколишньому середовищі виявився в зубах, крові та волоссі. Менш інформативні щодо свинцевого забруднення сеча і нігті [18].

Дослідження волосся останнім часом представляє все більший інтерес для виявлення стану обміну елементів в організмі і токсичного впливу окремих важких металів. У багатьох випадках волосся є сприятливим матеріалом для такого роду досліджень і має ряд переваг у порівнянні з іншими біосубстратами, такими як кров, сеча, зуби. Волосся є легкодоступним біологічним матеріалом, простим для збору, безболісним, воно може довго зберігатися і придатне для масових скринінгових обстежень. Для волосся характерна фіксована динаміка зростання (0,2-0,5 мм в день), у зв'язку з чим, найбільш адекватною для оцінки мікроелементного статусу організму, на момент обстеження, є прикоренева частина волосся. Елементи, які з кров'ю потрапляють в клітини волосся, в мінеральний обмін організму включаються з суттєвим ускладненням. У волоссі відбувається концентрування мікроелементів, на відміну від крові, яка, в основному, виконує в організмі транспортну функцію [5, 16].

Волосся найбільш повно відображає рівень вмісту як токсичних (свинець, кадмій, миш'як і т.д.), так і життєво необхідних елементів (цинк, селен, залізо і т.д.). Мікроелементний склад крові першим реагує на підвищення рівня вмісту важких металів, але може не відображати дійсний рівень їх вмісту в організмі. Тому важливо дослідження таких біосубстратів, які найбільш повно відображають елементний статус у всьому організмі. Волосся не бере участь у безпосередньому обміні речовин. Воно складається з кератину і білка цистеїну, стійких до зовнішніх впливів, що володіє деякою

здатністю до накопичення речовин ззовні. А це означає, що дані, одержувані при дослідженні, можуть бути досить точні, постійні і відтворювані [25].

Ряд переваг при дослідженні волосся:

- проба може бути отримана без травмування людини;
- для зберігання матеріалу не потрібно спеціального обладнання;
- волосся не псується і зберігається без обмеження у часі.
- можливість встановити час дії важких металів на організм людини по

мірі зміни концентрації елементів вздовж довжини волосся.

Існує декілька механізмів попадання важких металів в організм людини:

- 1 ) інгаляційний ;
- 2 ) пероральний;
- 3) через шкіряні покриви [3].

Найбільш серйозна токсична дія виникає при вдиханні пилу (інгаляційне вплив), як правило, відбувається на промисловому підприємстві. Особливо небезпечні частинки діаметром 0,1-1 мкм, які ефективно адсорбуються легеньми. Легені поглинають іони металів, що надходять потім до рідких середовищ організму, в десять разів ефективніше, ніж шлунково-кишковий тракт. Але в той же час інгаляційне отруєння зустрічається нечасто і основний спосіб проникнення важких металів в організм - пероральний з продуктами харчування і водою [22].

Механізми токсичного впливу важких металів на організми до кінця не з'ясовані, проте в загальних рисах носять наступний характер. Іони металів стабілізують і активують більшість білків (іони металів потрібні для функціонування 1/3 всіх ферментів). При токсикозі відбувається конкуренція між необхідними і токсичними іонами за володіння місцями зв'язування в білках. Велика кількість білкових макромолекул має вільні сульфгідрильні групи, здатні вступати у взаємодію з важкими металами (Cd , Hg , Pb та ін.) Однак точно не встановлено, реакції з якими саме білковими макромолекулами наносять найбільш серйозний збиток [6].

Токсичні іони розподіляються між багатьма тканинами і не завжди найбільшої шкоди завдають найбільші концентрації металу. Так, наприклад, 90 % свинцю знаходяться у кістках, однак його токсичність проявляється за рахунок решти 10 % , розподілених в інших тканинах організму. Деякі дані про вміст важких металів в організмі людини і токсичні дози наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

## Вміст важких металів та їх токсична дія [6]

Показники	Елемент							
	Hg	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Cr	As
Біологічна роль	відсут.	відсут.	не вивчена	важл.	важл.	важл. (?)	важл.	важл. (?)
Склад: м'язова тканина, кісткова тканина, кров, мг/л	0,02-0,7	0,23-3,3	0,14-3,2	240	10 1	1-2	240-840	0,01-0,65
	0,45	3,6-30	1,8	75-170	0-260	0,7	0,1-33	0,08-1,6
	0,0078	0,21	0,0052	7,0	1,01	0,01-0,05	0,006-0,11	0,0017-0,09
Щоденний прийом з їжею, мг	0,004-0,002	0,06-0,5	0,007-3	5-40	0,50-6	0,3-0,5	0,01-1,2	0,04-1,4
Токсична доза, мг	0,4	1	3-330	150-600	>250	50*	200	5-50
Летальна доза, г	0,15-0,3	10	1,5-9	6	д.о.**	д.о.	>3	0,05-0,34
Вміст в організмі людини (маса тіла 70 кг), мг	д.о	120	50	2300	72	1	д.о	18

Аналізуючи дану таблицю бачимо, що існують важкі метали, біологічна роль яких є дуже важливою для життя, а також ті, вміст яких у

організмі не відіграє позитивної ролі, а навпаки, навіть мала їх концентрація є дуже небезпечною для організму людини. Hg, As, наприклад, є дуже токсичними, так як летальна доза вмісту цих елементів для людського організму найменша з усіх вищеперерахованих. Cu, Zn являються необхідними для підтримки життєдіяльності організму, їх щоденний прийом з їжею повинен бути значним [6].

За безпеки для здоров'я людини важкі метали діляться на наступні класи:

1 клас (найнебезпечніший): Cd, Hg, Se, Pb, Zn.

2 клас: Co, Ni, Cu, Mo, Sb, Cr.

3 клас: Ba, V, W, Mn, Sr.

Важкі метали впливають майже на всі системи організму, а властиві багатьом із них ембріотоксичний, гонадотропний, мутагенний ефекти призводять до негативних наслідків, які виявляються в порушенні процесів репродукції. Розглянемо фізіологічну дію деяких важких металів на організм людини [13].

Свинець. При хронічному отруєнні свинцем спостерігається загальна слабкість, біль у животі, анемія, порушення функціонування нирок. Встановлено, що хронічна інтоксикація настає при вживанні 1-8 мг свинцю на добу. Свинець, подібно до ртуті, має кумулятивні властивості. Поглинутий свинець накопичується в кістках у вигляді нерозчинних трьохосновних фосфатів і не спричинює отруйної дії. Проте під впливом певних умов запаси його в кістках стають мобільними, він переходить у кров і може викликати отруєння навіть у загостреній формі. До факторів, що сприяють його мобілізації, належать підвищена кислотність, дефіцит кальцію в їжі, зловживання спиртними напоями. Потужним джерелом потрапляння свинцю в організм людини є питна вода. Доведено, що підвищений вміст свинцю у воді обумовлює, як правило, збільшення його концентрації в крові [17].

Кадмій. Солі кадмію характеризуються мутагенними та канцерогенними властивостями і становлять потенційну генетичну небезпеку. Кадмій блокує роботу ряду важливих для життєдіяльності організму ферментів. Крім того, він вражає печінку, нирки, підшлункову залозу, здатен викликати емфізему, рак легенів. Шкідливість кадмію підсилюється його кумулятивністю. З огляду на це навіть за потрапляння в організм незначної кількості цього елемента його вміст у нирках або печінці може через деякий час досягнути небезпечної концентрації [16, 24].

Хром. Хронічне отруєння хромом супроводжується головним болем, схудненням, враженням нирок. Організм набуває схильності до запальних процесів (катаральне запалення легенів) [24].

Цинк. Дефіцит цинку може призводити до посиленого накопичення кадмію, свинцю, заліза і міді. Нерідко зниження вмісту цинку в організмі є наслідком надмірного надходження в організм міді, кадмію, свинцю, особливо на тлі неповноцінного харчування (дефіцит білка), а також хронічного зловживання алкоголем. Надмірне надходження цинку може знизити загальний зміст і надходження в організм такого важливого елемента, як мідь [4, 28].

Мідь. При малих концентраціях можливі анемія і захворювання кісткової системи, а надлишок цього елемента таблиці Менделєєва вражає печінку, викликаючи жовтяницю [28].

Діти найбільш чутливі до впливу свинцю та інших важких металів. В силу ряду особливостей, багато параметрів стану здоров'я дитячого населення адекватно і більш коректно (більшою мірою, ніж у дорослих) відображають ступінь забруднення навколишнього середовища, конкретну екологічну ситуацію. Це пов'язано з тим, що діти основний час проводять на території, що не виходить за межі району проживання, не мають професійного контакту з важкими металами. Дітям притаманний підвищений основний обмін, прискорена легенева вентиляція, більш активно протікає абсорбція токсичних елементів. Найбільш підходящим контингентом для

оцінки забруднення навколишнього середовища свинцем є діти старшого дошкільного віку (5 – 7 років), які відвідують дитячі дошкільні установи. Їх фізіологічний стан, ендокринний статус дозволяють об'єднати в рівній мірі дані, отримані як для дівчаток, так і для хлопчиків [23].

Світова практика показує, що вивчення мікроелементного складу волосся для визначення вмісту важких металів існує вже давно і у наш час широко застосовується в екологічних, гігієнічних і клінічних дослідженнях [27].

Отже, рівень накопичення важких металів в організмі, як виявилось, залежить від вікової категорії (з віком їх кількість збільшується, так як важкі метали майже не виводяться із організму), статевої ознаки (різний спосіб життя, різні накопичення металів), кольору волосся та ін.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОЛОСЯНОМУ ПОКРИВІ НАСЕЛЕННЯ М. ДРУЖКІВКА ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Для виявлення вмісту важких металів у волоссі людини використовували атомно-абсорбційний метод. Проби волосся відбирали з потиличної частини голови, де його зростання найбільш інтенсивне. Волосся зрізали від коренів, довжиною не більше 3 см. Оптимальна вага волосся для аналізу складала - 150 - 200 мг. Його укладали у марковані паперові пакети, витримували тривалий час. Вимірювання концентрації металів у волоссі проводилось після підготовки проби до аналізу.

Підготовка проби до аналізу проводиться таким шляхом: відібране волосся витримують у суміші етилового спирту і діетилового ефіру у співвідношенні 1:1 з метою очищення, промивають і висушують при температурі 80 °С. Очищені проби зберігають в ексікаторі. Далі волосся поміщують у марковані пробірки і доливають суміш азотної кислоти і перекису водню в співвідношенні 3:1. Проби розчиняють протягом доби. Проводиться замір обсягу проби після повного розчинення волосся і реєстрація в журналі.

Атомно-абсорбційний аналіз (атомно-абсорбційна спектрометрія), метод кількісного елементного аналізу по атомних спектрах поглинання (абсорбції). Через шар атомних парів проби, одержуваних за допомогою атомізатора, пропускають випромінювання в діапазоні 190-850 нм. У результаті поглинання квантів світла атоми переходять у збуджені енергетичні стани. Цим переходам в атомних спектрах відповідають резонансні лінії, характерні для даного елемента. Відповідно до закону Бугера-Ламберта-Бера, мірою концентрації елемента служить оптична щільність  $A = \lg(I_0 / I)$ , де  $I_0$  і  $I$  - інтенсивності випромінювання від джерела відповідно до і після проходження через поглинаючий шар [1].

Переваги атомно-абсорбційного аналізу - простота, висока селективність і малий вплив складу проби на результати аналізу. Недоліки методу - неможливість одночасного визначення декількох елементів при використанні лінійчатих джерел випромінювання і, як правило, необхідність переведення проб у розчин [1] .

Атомно-абсорбційний аналіз застосовують для визначення близько 70 елементів. Не визначають гази і деякі іннеметали, резонансні лінії яких лежать у вакуумній області спектру (довжина хвилі менше 190 нм). В автоматичному режимі роботи полум'яний спектрометр дозволяє аналізувати до 500 проб на годину.

Можливості полум'яного атомно-абсорбційного методу обмежені у зв'язку з недостатньою чутливістю визначення. Це пов'язано з рівноважним способом полум'яної атомізації, коротким часом перебування атома в реакційній зоні (порядку мілісекунд), утворення в полум'ї важкодисоціюємих оксидів і гідроксидів.

Після отримання результатів проводився аналіз та узагальнення результатів дослідження. На даному етапі ми порівняли отримані результати вмісту важких металів у волоссі з референсними значеннями. Нами були використані такі методи, як порівняльний аналіз, метод побудови акумулятивних рядів (за І. М. Волошиним). Кількісні методи передбачали побудову діаграм, таблиць, тощо. Якісний метод передбачав аналіз і синтез отриманих даних, їх систематизацію та порівняння з результатами інших досліджень та формулювання висновків.

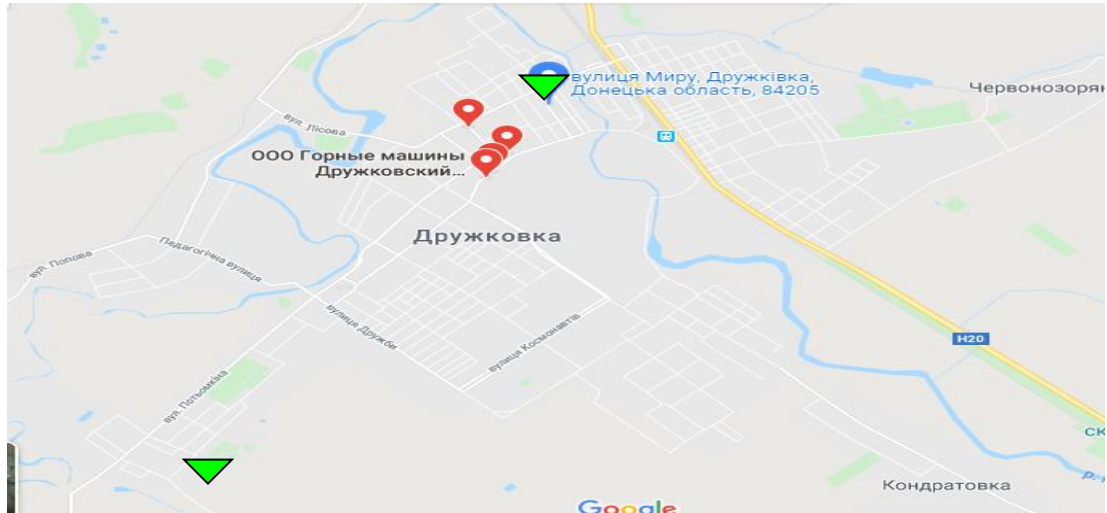
### РОЗДІЛ 3

## АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОЛОСЯНОМУ ПОКРИВІ НАСЕЛЕННЯ М. ДРУЖКІВКА

Донбас займає одне з провідних місць в Європі за рівнем концентрації промисловості, в структурі якої домінують галузі з найбільшою кількістю викидів ксенобіотиків в навколишнє середовище - металургійна, вугільна, хімічна та коксохімічна, машинобудівна, енергетична, будівельна та транспортна. Крім цього, Донбас лідирує за такими показниками антропопресії, як насиченість транспортними комунікаціями, щільність населення, ступінь господарського освоєння території. Все це призвело до того, що Донецький регіон і, особливо, його міста, перетворилися в території з дуже напруженою екологічною, демографічною, а в останні 15-20 років - і соціально-економічною ситуацією.

Наслідком вищевказаних процесів стало активне формування серед міського населення так званих «хвороб цивілізації», в першу чергу захворювань системи кровообігу, органів дихання і травлення, злоякісних новоутворень, патології ендокринної, нервової, сечостатевої та кістково-м'язової систем.

Для проведення дослідження було відібрано проби волосся жителів м. Дружківка різної вікової категорії, які проживають у різних районах міста тривалий час. Всього було відібрано 8 проб біосубстратів. Проби відбирались у чоловіків різного віку з 2 районів міста, які мають різне техногенне навантаження. 4 зразки волосся було відібрано у жителів різного віку, що довгий час проживали по вул. Миру, яка знаходиться під впливом Дружківського машинобудівного заводу з однією сторони. З другої сторони проходить автодорога національного значення Н-20 Славянск - Маріуполь. Інші 4 зразки волосся були відібрані у жителів вул. Львівська, яка знаходиться на околиці міста далеко від джерел забруднення (рис. 3.1).



▼ - Місце проживання чоловіків, в яких бралися зразки волосся

📍 - Дружківський машинобудівний завод.

Рис. 3.1 – Місця проживання людей, в яких досліджувалися зразки ВОЛОССЯ

За віком зразки волосся було відібрано у дітей, віком 9-10 років – 2 зразка, молодих чоловіків 20-21 рік – 2 зразка, чоловіків 40 років – 2 проби, та 2 зразка відібрано у чоловіків похилого віку 65- 67 років. Всього було відібрано 8 зразків біосубстратів. З них:

Зразок №1 – Дитина 9 років (вул. Миру);

Зразок №2 – Дитина 10 років (вул. Львівська);

Зразок №3 – Юнак 20 років (вул. Миру);

Зразок №4 – Юнак 21 рік (вул. Львівська);

Зразок №5 – Чоловік 40 років (вул. Миру);

Зразок №6 – Чоловік 40 років (вул. Львівська);

Зразок №7 – Чоловік 67 років (вул. Миру);

Зразок №8 – Чоловік 65 років (вул. Львівська);

Вміст важких металів у зразках волосся чоловіків різної вікової категорії представлено у таблиці 3.1.

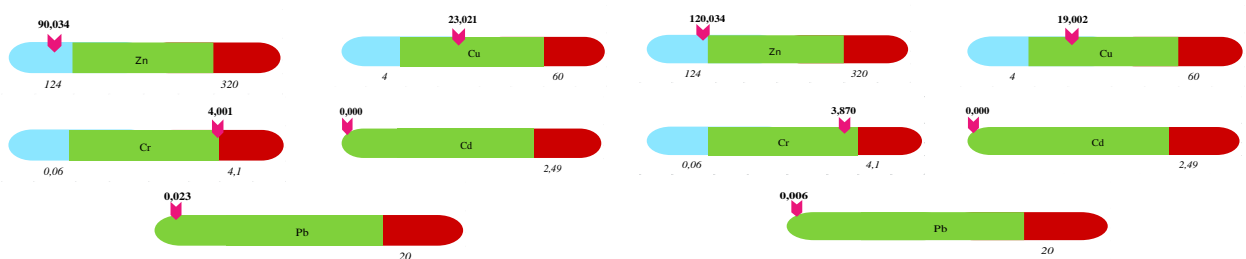
Таблиця 3.1

## Вміст хімічних елементів у зразках волосся, мг/кг

Зразки	Zn	Cu	Cr	Cd	Pb
9 р, (вул. Миру)	90,034	23,021	4,001	0	0,023
10 р.(вул. Львівська)	120,034	19,002	3,870	0	0,006
20 р. (вул. Миру)	137,230	43,300	3,200	0	0,270
21 р. (вул. Львівська)	138,400	36,700	2,280	0	0,056
40 р. (вул. Миру)	142,204	40,511	3,711	0,101	1,002
40 р. (вул. Львівська)	153,002	31,120	2,901	0,023	0,090
67 р. (вул. Миру)	143,030	27,890	0,07	1,280	18,002
65 р. (вул. Львівська)	137,200	19,600	0,09	1,940	12,500
Референсні значення	124-320	4-60	0,06-4,1	<2,49	<20

На сьогодні в Україні відсутні чіткі нормативи вмісту важких металів у волоссі. Також в даний час в оцінці результатів лабораторного дослідження термін «норма» використовується рідше. Замість нього говорять про референтні або референтні значення. Даний термін є більш точним, оскільки дає уявлення про нижній і верхній межі норми лабораторного показника. Тобто, референтні значення - це медичний термін, що вживається при оцінці результатів лабораторних досліджень; визначається як середнє значення конкретного лабораторного показника.

Порівняння вмісту важких металів у зразках волосся з референтними значеннями наведено на рис. 3.2.



Хлопчик 9 років, вул Миру

Хлопчик 10 років, вул Львівська

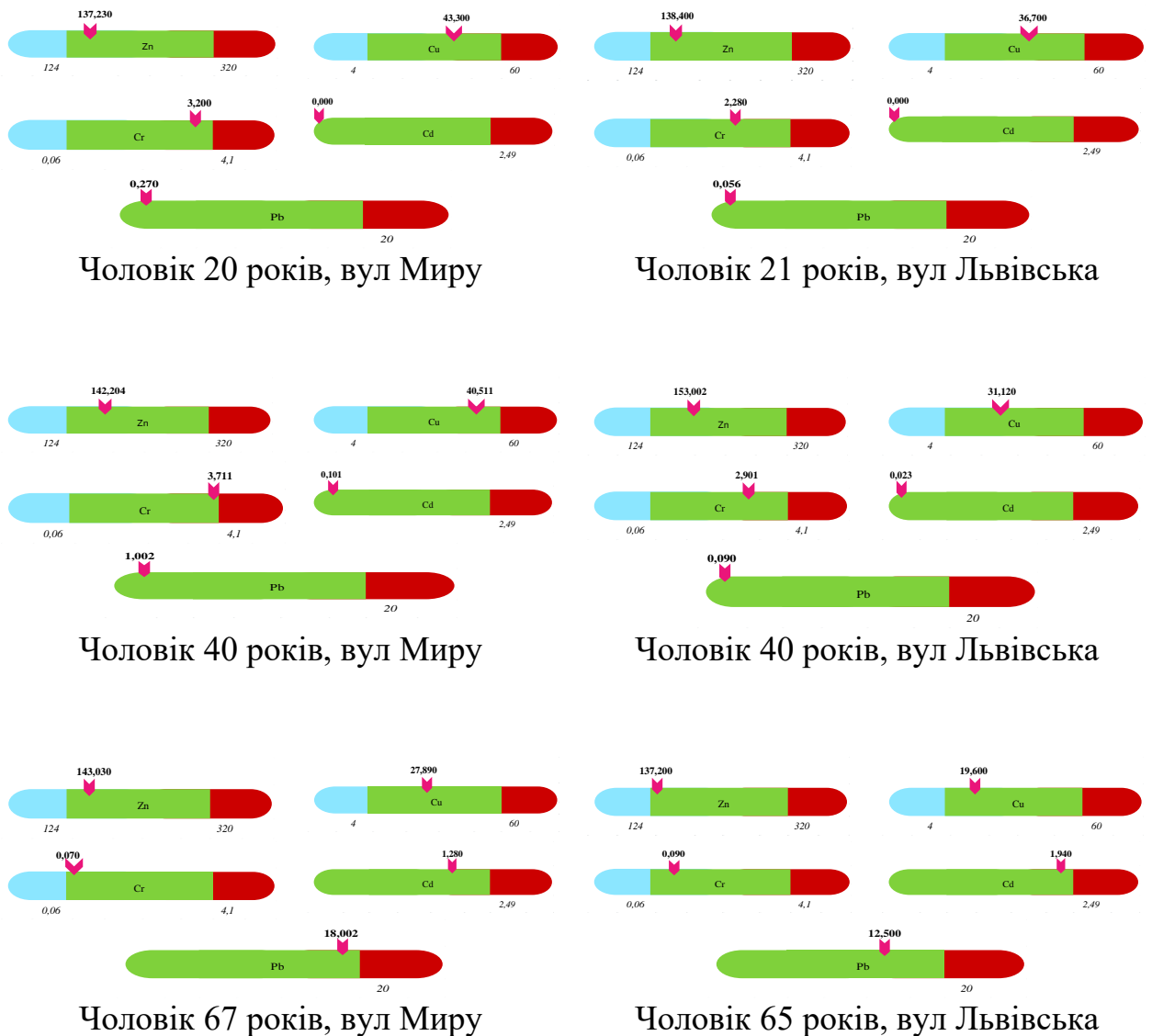


Рис. 3.2 - Порівняння вмісту важких металів у зразках волосся з референсними значеннями

При порівнянні вмісту важких металів з референсними значеннями, бачимо, що усі вони знаходяться у межах норми, окрім цинку у зразках волосся, відібраних у хлопчиків з обох районів міста. Значення цього металу у дітей знаходиться за межами нижнього порогу.

Дефіцит цинку може виникати в результаті недостатнього вживання продуктів, що містять цинк. Більшість продуктів, багатих цинком, мають тваринне походження, наприклад, м'ясо, риба і молочні продукти. Сім'ї з

низьким рівнем доходів можуть зазнавати труднощів з доступом до таких продуктів. І навпаки харчова клітковина, що входять до складу таких продуктів харчування, як злаки, горіхи і боби, зв'язуються з цинком і погіршують його всмоктування.

Діти з дефіцитом цинку схильні до підвищеного ризику затримки росту і розвитку діареї, а також таких респіраторних інфекцій, як гострі інфекції нижніх дихальних шляхів.

Також бачимо, що у всіх зразках волосся, що досліджувалися вміст цинку знаходився на низькому рівні. Це можна пов'язати з низьким рівнем доходів, і в наслідок з поганим харчуванням.

Проведемо порівняння вмісту важких металів в різних зразках волосся (рис. 3.3 - 3.7).

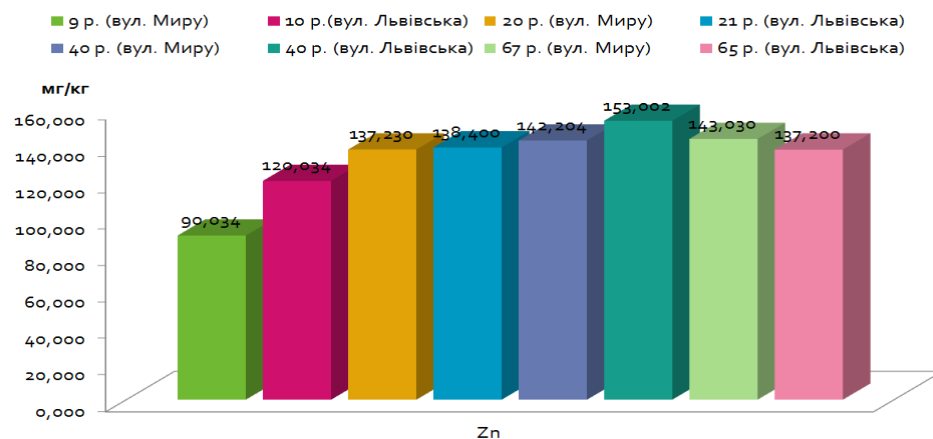


Рис. 3.3 – Порівняння вмісту цинку в різних зразках волосся

Аналіз отриманих даних за вмістом цинку показав, що концентрація цинку найменша у дітей та людей похилого віку, проби № 1 та № 2 мають найменші показники концентрації даного елемента. Також бачимо що рівень цинку в організмі значно знижується з віком, отже, літні люди в тій чи іншій мірі відчувають більший дефіцит цинку. Більш за все вміст цинку спостерігав у зразках волосся людей 40-літнього віку.

Відомо, що зниження вмісту цинку в організмі може супроводжуватися пригніченням утворення антитіл, зниженням числа лімфоцитів в крові і

порушенням трансформації В-лімфоцитів, що сприяє зниженню резистентності організму.

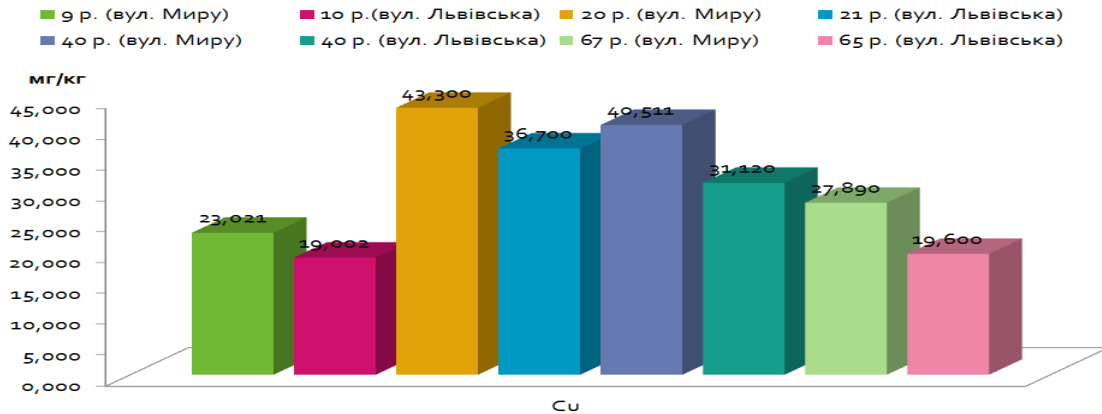


Рис. 3.4 – Порівняння вмісту Cu в різних зразках волосся

Аналіз вмісту міді показав, що також найбільші концентрації міді у волоссі мають чоловіки середнього віку 20 – 40 років. Найменший вміст спостерігається у дітей та людей похилого віку. У дітей це може бути пов'язано з особливостями харчування. Так як мідь найбільше міститься у свіжому м'ясі, печінці; рибі і т.п. У людей похилого віку - з віковими особливостями. Також можна зазначити, що темне волосся містить більше Cu, тому при дефіциті міді з'являється сивина. Мідь вкрай необхідна для підтримки нормального функціонування кровоносних судин, від неї залежить стан шкіри, кісток і суглобів і т.п.

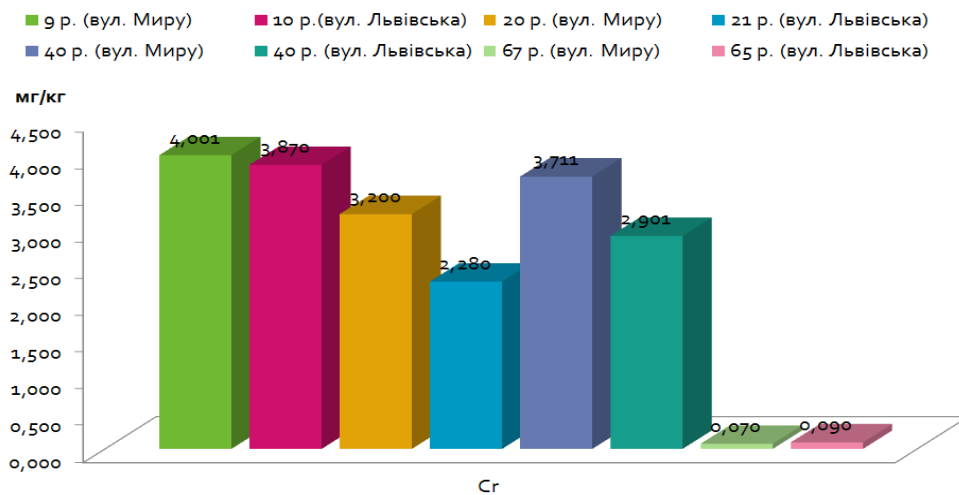


Рис. 3.5 – Порівняння вмісту Cr в різних зразках волосся

Хром входить до складу всіх без винятку клітин тіла. Аналіз вмісту хрому у волоссі показав, що мінімальні значення має волосся чоловіків похилого віку, а у дітей навпаки вміст хрому має високі значення. За літературними даними у порівнянні з дорослими у дітей частіше спостерігається підвищений вміст хрому в волоссі. Також відомо, що чим вищий вміст кальцію у волоссі, тим вищий вміст хрому. У дітей ця залежність носить ще більш виражений характер.

Знижений вміст хрому в волоссі зазвичай спостерігається при ожирінні, атеросклерозі, діабеті, інфекційних захворюваннях, білковому голодуванні, стресових впливах і інтенсивних фізичних навантаженнях.

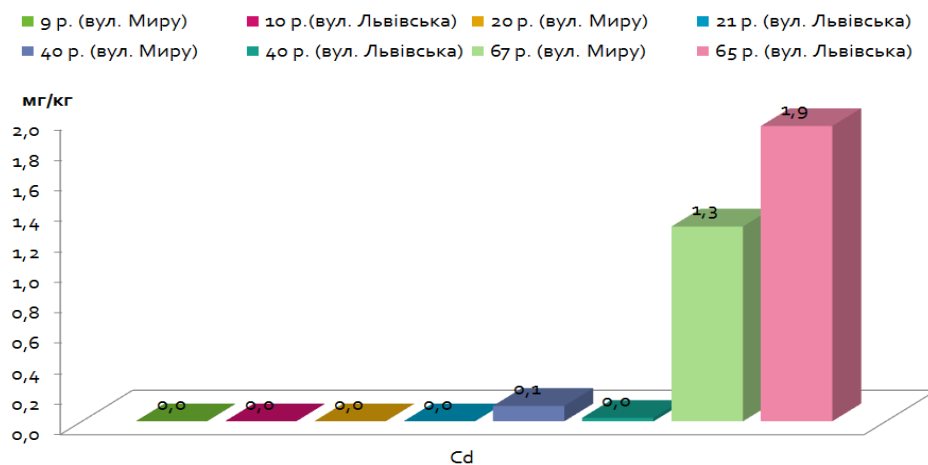


Рис. 3.6 – Порівняння вмісту Cd в різних зразках волосся

Аналіз даних вмісту Cd показав, що концентрація кадмію в пробах № 1,2,3,4 відсутній, в пробах №5 та 6 має незначні коливання. Найбільший вміст даного елемента виявлено у зразка №7 та 8, це чоловіки похилого віку. Це може пояснюватися дефіцитом цинку, міді, кальцію та інших елементів, рівень яких в організмі значно знижується з віком, при цьому кадмій інтенсивно накопичується в організмі. Найбільше кадмію можна отримати з рослинною їжею. Справа в тому, що кадмій надзвичайно легко переходить з ґрунту в рослини: останні поглинають до 70% кадмію з ґрунту і лише 30% - з

повітря. Тобто накопичення кадмію з віком можна пояснити проживанням в Донецькому регіоні, де інтенсивно розвинута промисловість та харчуванням з присадибних ділянок. Також кадмій - це елемент, який присутній в сигаретах. Всі активні і пасивні курці автоматично мають хронічне накопичення важкого металу в організмі, що несприятливо позначається на якості і тривалості життя.

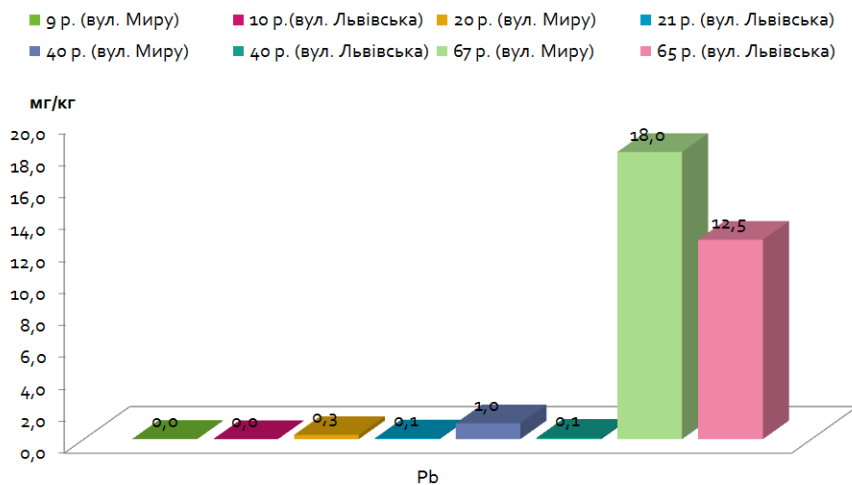


Рис. 3.7 – Порівняння вмісту Pb в різних зразках волосся

Як бачимо, у дітей свинець взагалі не виявився, далі за віком спостерігався незначний вміст Pb. Найбільшу концентрацію, що наближалася до референсних значень мали обидва зразка чоловіків похилого віку. Це також можна пояснити проживанням у найбільш напруженому у промисловому відношенні регіоні України.

Тобто накопичення найбільш токсичних елементів кадмію та свинцю спостерігається саме у людей похилого віку, які все життя проживали у Донецькому регіоні, мають присадибні ділянки.

Отримані результати дали можливість побудувати акумулятивні ряди концентрацій хімічних елементів в різних зразках волосся, які, в свою чергу демонструють пріоритетність їх накопичення.

Акумулятивний ряд для зразка №1 (9 р, вул. Миру):

Zn (90,034) > Cu (23,021) > Cr (4,001) > Pb (0,023)

Акумулятивний ряд для зразка №2 (10 р.вул. Львівська):

Zn (120,034) > Cu (19,002) >Cr (3,870) >Pb (0,006)

Акумулятивний ряд для зразка №3 (20 р. вул. Миру):

Zn (137,230) > Cu (43,300) >Cr (3,200) >Pb (0,270)

Акумулятивний ряд для зразка №4 (21 р. вул. Львівська):

Zn (138,400) > Cu (36,700) >Cr (2,280) >Pb (0,056)

Акумулятивний ряд для зразка №5 (40 р. вул. Миру):

Zn (142,204) > Cu (40,511) >Cr (3,711) >Pb (1,002)>Cd (0,101)

Акумулятивний ряд для зразка №6 (40 р. вул. Львівська):

Zn (153,002) > Cu (31,120) >Cr (2,901) >Pb (0,090)>Cd (0,023)

Акумулятивний ряд для зразка №7 (67 р. вул. Миру):

Zn (143,030) > Cu (27,890) >Pb (18,002)>Cd (1,280)>Cr (0,07)

Акумулятивний ряд для зразка №8 (65 р. вул. Львівська):

Zn (137,200) > Cu (19,600) >Pb (12,500)>Cd (1,940)>Cr (0,09)

Таким чином, з аналізу акумулятивних рядів видно, що пріоритетним елементом в усіх зразках є цинк, на другому місці знаходиться мідь. На третьому місці хром, окрім зразків волосся, отриманих у чоловіків похилого віку, в них на третє місце виходить свинець. Найменшу концентрацію в акумулятивних рядах усіх зразків має кадмій, який було виявлено тільки у 4 зразках волосся. Та у чоловіків похилого віку на останньому місці знаходиться хром.

Проаналізуємо відсотковий вміст хімічних елементів у різних зразках волосся, які подано на рисунках 3.8.

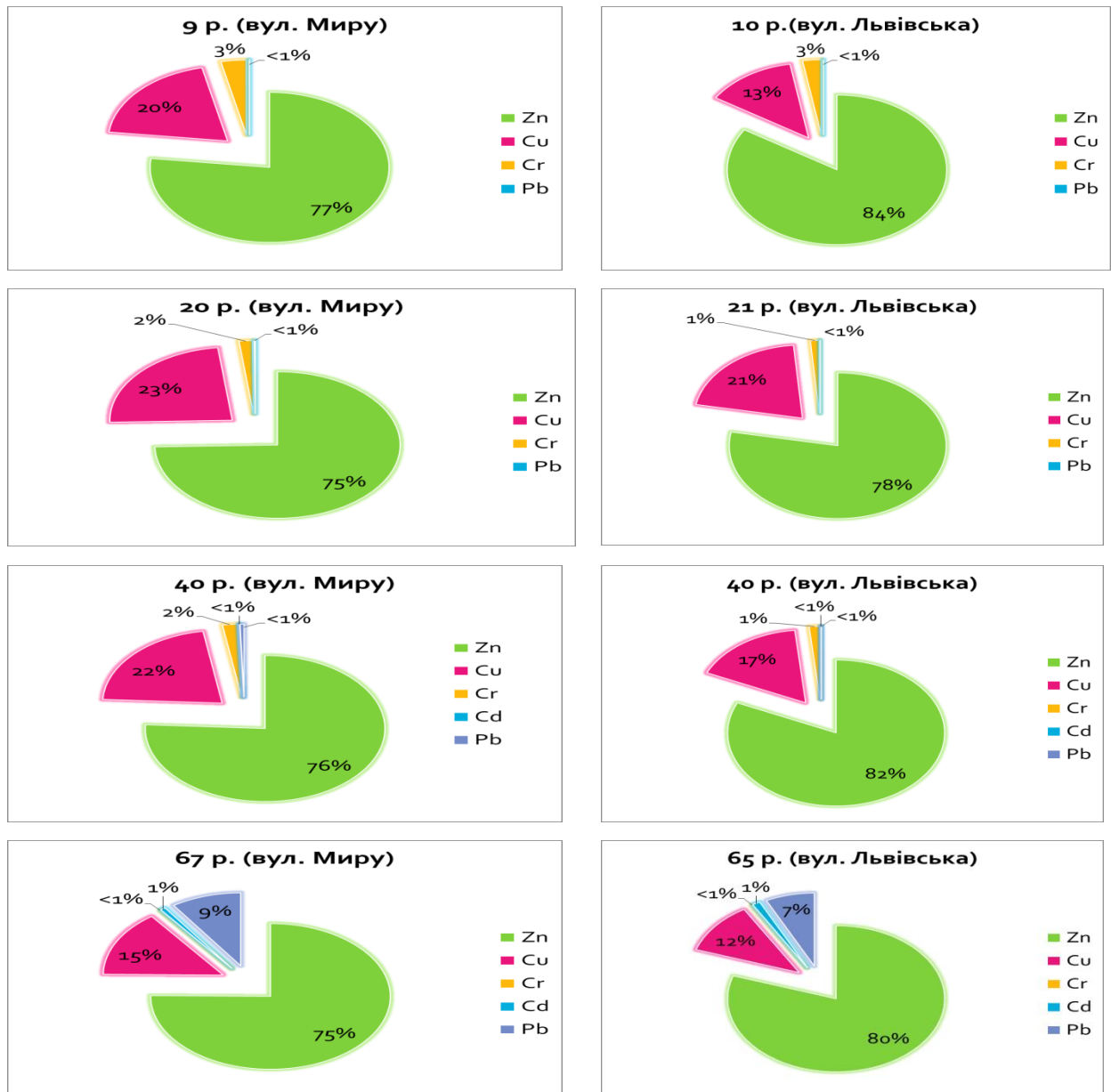


Рис. 3.8 –Відсотковий вміст хімічних елементів у зразках волосся

Аналіз відсоткового вмісту хімічних елементів у зразках волосся показує, що має місце практично однаковий відсотковий розподіл хімічних елементів. Найбільший відсоток має цинк (більше 75 %). Вміст міді коливається від 12 до 23 %. Відсоток кадмію та свинцю збільшується з віком. А відсоток хрому навпаки з віком зменшується.

За допомогою досліджень біосубстратів на прикладі волосся можемо визначити динаміку накопичення важких металів, шляхи надходження їх в організм людини, запобігти або зменшити їх потрапляння, тим самим

захистити людину від порушення функціонування внутрішніх органів, передбачити ймовірність накопичення важких металів в організмі певних людей, виходячи з їхнього способу життя.

## ВИСНОВКИ

1. Донбас займає одне з провідних місць в Європі за рівнем концентрації промисловості, в структурі якої домінують галузі з найбільшою кількістю викидів ксенобіотиків - металургійна, вугільна, хімічна та коксохімічна, машинобудівна, енергетична, будівельна та транспортна.

2. Біомоніторинг є інформативним показником при оцінці екологічної ситуації на окремих територіях і прогнозі захворювання населення в цілому. Волосся найбільш повно відображає рівень вмісту як токсичних, так і життєво необхідних елементів.

3. Порівняння вмісту важких металів з референсними значеннями, показало, що усі вони знаходяться у межах норми, окрім цинку у зразках волосся, відібраних у хлопчиків. Значення цього металу у дітей знаходиться за межами нижнього порогу.

4. У всіх зразках волосся, що досліджувалися вміст цинку знаходився на низькому рівні. Це можна пов'язати з низьким рівнем доходів, і в наслідок з поганим харчуванням.

5. Аналіз вмісту цинку показав, що концентрація цинку найменша у дітей та людей похилого віку, проби № 1 та № 2 мають найменші показники концентрації даного елемента. Рівень цинку в організмі значно знижується з віком. Більш за все вміст цинку спостерігав у зразках волосся людей 40-літнього віку.

6. Найбільші концентрації міді у волоссі мають чоловіки середнього віку 20 – 40 років. Найменший вміст спостерігається у дітей та людей похилого віку. У дітей це може бути пов'язано з особливостями харчування. У людей похилого віку - з віковими особливостями.

7. Мінімальні значення хрому має волосся чоловіків похилого віку, а у дітей навпаки вміст хрому має високі значення.

8. Концентрація кадмію в пробах № 1,2,3,4 відсутня, в пробах №5 та 6 має незначні коливання. Найбільший вміст даного елемента виявлено у

зразка №7 та 8, це чоловіки похилого віку. Це можна пояснити дефіцитом цинку, міді, кальцію та інших елементів, рівень яких в організмі значно знижується з віком, при цьому кадмій інтенсивно накопичується в організмі.

9. Аналіз акумулятивних рядів показав, що пріоритетним елементом в усіх зразках є цинк, на другому місці знаходиться мідь. На третьому місці хром, окрім зразків волосся, отриманих у чоловіків похилого віку, в них на третє місце виходить свинець. Найменшу концентрацію в акумулятивних рядах усіх зразків має кадмій, який було виявлено тільки у 4 зразках волосся. Та у чоловіків похилого віку на останньому місці знаходиться хром.

10. За допомогою досліджень біосубстратів можемо визначити динаміку накопичення важких металів, шляхи надходження їх у організм людини, запобігти або зменшити їх потрапляння, тим самим захистити людину від порушення функціонування внутрішніх органів, передбачити ймовірність накопичення важких металів в організмі певних людей, виходячи з їхнього способу життя.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атомно-абсорбційні методи визначення макро- та мікроелементів у біологічних середовищах при порушенні їх обміну в організмі людини : метод. рек. / уклад. : В. Ф. Демченко та ін. Київ : Авіцена, 2010. 59 с
2. Буштуева К.А. Методы и критерии оценок состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды//М. Медицина. 1979. 167 с.
3. Вплив важких металів на організм людини. URL:[http://www.labprice.ua/statti\\_pro\\_tovari\\_ta\\_poslugi/vpliv\\_vazhkix\\_metaliv\\_na\\_organizm\\_lyudini2](http://www.labprice.ua/statti_pro_tovari_ta_poslugi/vpliv_vazhkix_metaliv_na_organizm_lyudini2).(Дата звернення: 10.11.2019).
4. Гжегоцький МР. Про референтні рівні цинку, міді, свинцю та кадмію у крові людини. AML. 2007; XIII. 3: 81–84
5. Горгошидзе, Б. Е. Вопросы медицинской элементологии и значения определения микроэлементов в биосубстратах для диагностики и профилактики заболеваний репродуктивной системы / Б. Е. Горгошидзе, И. 3. Харисчаришвили // Экспериментальная и клиническая медицина. 2006. №6. С. 60-63.
6. Дабахов М.В. Экотоксикология тяжелых металлов / Дабахова Е.В., Титова В.И. URL:<http://gendocs.ru/v31593/?cc=3>. (Дата звернення: 21.01.2020)
7. Детерминированные экологические факторы риска для здоровья населения моногородов / В. М. Боев, М. В. Боев, Л. М. Тулина, А. А. Неплохов. Анализ риска здоровью. 2013. № 2 С. 39-44.
8. Кириленко Е, Кириленко А, Лесник С. Мультиэлементный анализ волос: новые возможности диагностики. Ліки України. 2001; 12: 28–29.
9. Комплексный анализ волос на наличие тяжелых металлов и микроэлементов (23 показателя) (волосы). URL:<http://www.smed.ru/guides/66843/>. (Дата звернення: 18.02.2020)

10. Кузубова Л.И. Элементы-экоотоксиканты в пищевых продуктах: Аналит. обзор/ Л.И. Кузубова, О.В. Шуваева, Г.Н. Аношин/ ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, 2000. 67 с.
11. Кундиев Ю. И., Трахтенберг И. М. Химическая безопасность в Украине. Киев : ВД «Авіцена», 2007. 71 с.
12. Купчик О. Ю. Визначення деяких важких металів у волоссі людини методом інверсійної вольтамперометрії. Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія : Хімія. 2014. Вип. 18. С. 51-54.
13. Мороз АС. Медична хімія. Вінниця: Нова книга; 2006. 776 с.
14. Определение содержания железа, цинка, никеля, меди и хрома в волосах методом атомной абсорбции. URL:<http://zakon.law7.ru/base06/part6/d06ru6953.htm>. (Дата звернення: 03.11.2019)
15. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лазоновская. – [2-е изд., перераб. и доп.]. М.: Высш. шк., 2002. 334 с.
16. Ревич Б.А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды//Б.А. Ревич // Гигиена и санитария. 1990. С.55-59.
17. Скальный А. В. Свинец и здоровье человека (диагностика и лечение сатурнизма): Руководство для врачей и студентов медицинских вузов/ А. В. Скальный // Ивановская гос. мед. академия. М., 1997. 35 с.
18. Скальный А.В. Мониторинг и оценка риска воздействия свинца на человека и окружающую среду с использованием биосубстратов человека/ А.В. Скальный, А.В. Есенин / Токсикологический Вестник. 1996. № 6. С. 16-23.
19. Скальный, А. В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС / А. В. Скальный // Микроэлементы в медицине. 2003. Т.4. Вып.1. С.55-56.

20. Славин В. Атомно-абсорбционная спектроскопия/ В. Славин. - Л.: Химия. 1971.
21. Стусь В. П., Білецька Е. М., Головкова Т. А. Характеристика ренальної елімінації важких металів у мешканців індустріально розвиненого регіону. Медичні перспективи. 2010. Т. 15 № 4. С. 97- 106.
22. Сульдина Т. И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм. Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 1. С. 136-140
23. Транковская В.Н. Содержание микроэлементов в волосах детей современного крупного промышленного города / Л.В. Транковская, В.Н. Лучанинова // Российский педиатрический журнал. М., 2004. № 5. С. 59–61.
24. Трахтенберг І. М., Левицький Є. Л. Генотоксична дія потенційно небезпечних хімічних сполук. Вісник НАН України. 2016. № 7. С. 27-42. <https://doi.org/10.15407/visn2016.07.027>
25. Харисчаришвили, И. З. Анализ микроэлементного состава волос рентгено-флуоресцентным методом и его значение в деле диагностики заболеваний человека/ И. З. Харисчаришвили, Б. Е. Горгошидзе // Экспериментальная и клиническая медицина. 2006. №7. С. 65-67.
26. Черкашина ЕВ, Думчева ВВ, Коршунов ГВ. Показатели содержания микроэлементов в волосах топографических рабочих. Клиническая лабораторная диагностика. 2007; 9:87.
27. Elinder C.G. Biological Monitoring of Metal/ C.G. Elinder, L. Friberg et al.// Geneva, WHO, 1994. - 80 p.
28. Ford et al. Clinical Toxicology/ M. D. Ford, K. A. Delaney, L. J. Ling, T. Erickson; 1st ed. - W.B. Saunders Company, 2001.