

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о.зав. кафедри екології, доц.

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« ____ » _____ 20__ р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «Удосконалення методів радіаційного моніторингу на закритому урановому підприємстві «Придніпровський хімічний завод» м. Кам'янське Дніпропетровської області»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу, групи
МгЕ-1-22 спеціальності 101 Екологія

_____ Євген РЕЦЬ

Керівник: к.б.н., доц. Таміла АНАНЬЄВА

Рецензент: к.б.н., доц. Олег МАРЕНКОВ

Дніпро-2023

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.зав. кафедри екології, доц.

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Магістр»

здобувачу вищої освіти

Рецю Євгену Юрійовичу

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення методів радіаційного моніторингу на закритому урановому підприємстві «Придніпровський хімічний завод» м. Кам'янське Дніпропетровської області»

керівник роботи: Ананьєва Т. В., к.б.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від «10» жовтня 2023 р. № 3057.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): «18» грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) показники об'ємної активності радону-222 та еквівалентної рівноважної активності радону-222 і радону-220 (торону) в атмосферному повітрі на території хвостосховищ і споруд ПХЗ м. Кам'янське Дніпропетровської області

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ. 1 Огляд літератури; 2 Фізико-географічне положення і населення району дослідження; 3 Матеріали і методи дослідження; 4 Результати власних досліджень та їх обговорення; 5 Економічна частина; 6 Охорона праці; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Рисунків – 32

Таблиць – 18

Використаної літератури – 25

Розділів – 6

Сторінок – 99

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН РОБІТ

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ.	11.09.23– 13.09.23	виконано
2.	Огляд літератури за темою дослідження	15.09 – 30.09.2023	виконано
3.	Фізико-географічне положення і населення району дослідження	03.10 -12.10.2023	виконано
4.	Матеріали і методи дослідження	20.10 – 15.11.2023	виконано
5.	Результати власних досліджень та їх обговорення	16.11 – 21.11.2023	виконано
6.	Економічна частина	22.11 – 25.11.2023	виконано
7.	Охорона праці	25.11 – 01.12.2023	виконано
8.	Висновки	02.12 – 06.12.2023	виконано
9.	Оформлення роботи	13.12.23– 15.12.23	виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

/Рець Є.Ю./

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

/Ананьєва Т.В./

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається із вступу, 6 розділів, практичних рекомендацій, висновків, та переліку посилань. Повний обсяг роботи – 99 сторінок друкованого тексту, включаючи 32 рисунки та 18 таблиць. Перелік посилань містить 25 найменувань.

Мета роботи – виконати дослідження радіоактивного забруднення атмосферного повітря на території колишнього ДП «ПХЗ» та визначити напрямки удосконалення радіаційного моніторингу уранових об'єктів.

Об'єкт дослідження – процеси ексхаляції радону-222 на контрольних ділянках поверхні хвостосховищ та прилеглих територіях для оцінки динаміки техногенного фону потужності експозиційної дози гамма-опромінення.

Предмет дослідження – рівні об'ємної активності радону-222 в повітрі на території уранових хвостосховищ, в приміщеннях будівель колишнього виробничого процесу колишнього ВО «ПХЗ».

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

1. Провести регулярні спостереження за об'ємною концентрацією радону у приміщеннях колишніх об'єктів «ПХЗ» та на території хвостосховищ.
2. Провести серію просторових зйомок коливань об'ємної концентрації радону із усередненням за період від 2 тижнів до 1 місяця методом пасивної радонометрії із застосуванням трекових детекторів.
3. Провести серії досліджень по визначенню рівня ексхаляції радону для спостереження за його динамікою у часі на ділянках поверхні покриття хвостосховищ («Західне», «Південно-східне», «Центральний Яр», «Сухачівське» сек. 1, сховища «База С»).
4. Провести протягом року спостереження за радіоактивним забрудненням повітря в зонах потенційного впливу уранових хвостосховищ в населених пунктах мкр. Таромське, пос. Горького.
5. Провести спостереження за об'ємною концентрацією вмісту ПРН в атмосферному повітрі та атмосферними випаданнями альфа-активних аерозолів (пилу) на хвостосховищах, у мкр. Таромське та тна метеостанції м. Кам'янське.

6. Розробити регламенти моніторингових спостережень на території радіаційних об'єктів колишнього ВО «ПХЗ» для всебічного комплексного аналізу характеристик радіаційної безпеки та екологічних ризиків для населення зони впливу.

Методи дослідження: лабораторні, дозиметричні, радіометричні, радіоспектрометричні, метод пасивної трекової радонометрії, аналітичні методи.

За результатами проведених спостережень за об'ємними концентраціями і ексхалациєю радону на поверхні уранових хвостосховищ і зонах їх потенційного впливу не виявлено суттєвих підвищень рівнів забруднення природного середовища порівняно із попередніми роками. Основну увагу рекомендовано приділяти пріоритетним об'єктам: проммайданчику у зоні розміщення діючих підприємств південного сектору, хвостосховищам «Центральний Яр» і «Сухачівському». У межах Кам'янського майданчика пріоритетними мають стати спостереження за радоновим забрудненням у колишніх приміщеннях виробництва, спостереження за ексхалациєю радону з поверхні хвостосховищ. На території Сухачівського проммайданчика слід продовжити регулярні спостереження за аерозольним забрудненням навколо сховища «База С» і хвостосховища «Сухачівське». Суттєві рівні забруднення аерозолів, що спостерігаються на відстані до 150 м від осушених пляжів хвостосховища Сухачівське-1, а також у межах сховища «База С» вимагають продовження спостережень і розробки проектів відновлення їх покриття. Спеціальні спостереження за гармонізованими регламентами і узгодженими методиками необхідно провести за вмістом аерозолів в районах впливу основних металургійних і гірсько-хімічних комбінатів міста Кам'янське для реальної оцінки впливу різних джерел забруднення атмосферного повітря в місті і визначення пріоритетів реабілітаційних заходів для поліпшення екологічного стану міста.

Ключові слова: МОНІТОРИНГ, РАДІОНУКЛІДИ УРАНОВОГО РЯДУ, РАДОН, ОБ'ЄМНА АКТИВНІСТЬ, ПРИДНІПРОВСЬКИЙ ХІМІЧНИЙ ЗАВОД

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП	8
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ.....	11
1.1 ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА УРАНОВИХ ХВОСТОСХОВИЩАХ УКРАЇНИ.....	11
1.2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНИХ ОБ'ЄКТІВ (ПРОММАЙДАНЧИК І ХВОСТОСХОВИЩА КОЛИШНЬОГО ВО ПХЗ).....	12
2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНЕ ПОЛОЖЕННЯ І НАСЕЛЕННЯ	15
2.1. Кліматичні умови.....	15
2.2. Геологічна будова району	19
3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	21
3.1 Вимірювання потоку радону з поверхні ґрунту на основі РСЛ та активованого вугілля	21
3.2 Методика визначення в атмосферному повітрі об'ємної активності радону-222 та еквівалентної рівноважної активності радону-222 і радону- 220 (торону)	22
4 РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	24
4.1 СХЕМА РОЗМІЩЕННЯ МІСЦЬ КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	24
4.2 Склад обладнання для радіаційного моніторингу атмосферного повітря в районі уранових об'єктів ДП « ПХЗ ».....	29
4.3 РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В РАЙОНІ УРАНОВИХ ОБ'ЄКТІВ ДП « ПХЗ ».....	35
4.4 РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ РОБІТ ЗГІДНО З ПРОГРАМАМИ І РЕГЛАМЕНТАМИ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ	37
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	82
5.1 Державна цільова екологічна програма	82
5.2 Заходи та очікувані результати передбачені програмою	85
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	87
6.1 Організація безпечних умов праці в польових умовах.....	87
6.2 Загальні правила роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії	89
6.3 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	91
6.4 Ефективність запропонованих заходів з «ОХОРОНИ ПРАЦІ».....	93
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	96

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ДПР	- дочірні продукти розпаду
ПРН	- природні радіонукліди
МКРЗ	- Міжнародна комісія з радіаційного захисту
ППД	- потужність поглиненої в повітрі дози
НРБУ	- Норми радіаційної безпеки України
ОА	- об'ємна активність
ЭД	- ефективна доза опромінення
ЭРОА	- еквівалентна рівноважна об'ємна активність
Бк	- бекерель
МАГАТЕ	- Міжнародна Агенція з Атомної Енергії
Зв	- зіверт

ВСТУП

Термін “моніторинг” з’явився у вітчизняній науково-технічній літературі нещодавно. В міжнародних публікаціях з радіаційної безпеки цей термін вживається в сенсі “вимірювання рівнів дози або забруднення для оцінки чи контролю за опроміненням внаслідок впливу випромінювання або радіоактивних речовин, а також інтерпретація результатів. У вітчизняній нормативній літературі, присвяченій питанням радіаційної безпеки термін “моніторинг” має схоже значення і визначається як збір первинної інформації (вимірювання потужності поглинутої в повітрі дози, визначення вмісту радіонуклідів у об’єктах навколишнього середовища, продуктах харчування, воді тощо) з метою подальшого використання цієї інформації для контролю радіаційно-гігієнічного та контролю дозиметричного. Таким чином радіаційний моніторинг є складовою частиною системи радіаційно-гігієнічного (дозиметричного) контролю. Обґрунтування та оптимізація радіаційного моніторингу для таких об’єктів як хвостосховища переробки уранових руд – є мета даної роботи. Потреба у такій роботі виникла у зв’язку зі змінами у концептуальних основах радіаційної безпеки, які знайшли відображення в багатьох зарубіжних та вітчизняних нормативних документах останніх років.

Створення і проведення повномасштабного сучасного моніторингу є необхідною умовою і логічним продовженням робіт з поліпшення радіаційного стану регіонів розташування сховищ відходів уранового виробництва

Основними задачами моніторингу є контроль забруднення навколишнього середовища (повітряного середовища, підземних і поверхневих вод, ґрунтів, рослинності, продуктів харчування) і оцінка відповідності вимогам нормативних документів, аналіз динаміки показників, прогнозування подальших змін на підставі накопичених даних і розробка необхідних заходів для охорони навколишнього середовища.

Роботи з моніторингу можуть виконуватися спільно з організаціями, що мають достатню кваліфікацію працівників, отримали в установленому порядку

право на проведення цього виду діяльності, а також мають необхідну методичну та технічну базу.

Програмою моніторингу передбачається комплекс робіт, що включає маршрутне обстеження поверхневих водотоків і устаткування водомірних постів, вимір рівнів води у водотоках і відбір проб води; прокачування спостережливих свердловин режимних мереж сховищ і відбір проб води; відбір проб ґрунтів, атмосферного повітря, рослинності і продуктів харчування; лабораторні дослідження проб на хімічний склад, довгоіснуючі радіонукліди уранового ряду, мікрокомпоненти та інші показники.

Програма робіт складена відповідно до вимог НРБУ-97, НРБУ-97/Д-2000, ОСПУ-2005, СП ЛКП-91.

Мета роботи – виконати дослідження радіоактивного забруднення атмосферного повітря на території колишнього ДП «ПХЗ» та визначити напрямки удосконалення радіаційного моніторингу уранових об'єктів.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

1. Провести регулярні спостереження за об'ємною концентрацією радону у приміщеннях колишніх об'єктів «ПХЗ» та на території хвостосховищ.

2. Провести серію просторових зйомок коливань об'ємної концентрації радону із усередненням за період від 2 тижнів до 1 місяця методом пасивної радонометрії із застосуванням трекових детекторів.

3. Провести серії досліджень по визначенню рівня ексхалації радону для спостереження за його динамікою у часі на ділянках поверхні покриття хвостосховищ («Західне», «Південно-східне», «Центральний Яр», «Сухачівське» сек. 1, сховища «База С»).

4. Провести протягом року спостереження за радіоактивним забрудненням повітря в зонах потенційного впливу уранових хвостосховищ в населених пунктах мкр. Таромське, пос. Горького.

5. Провести спостереження за об'ємною концентрацією вмісту ПРН в атмосферному повітрі та атмосферними випаданнями альфа-активних аерозолів (пилу) на хвостосховищах, у мкр. Таромське та на метеостанції м. Кам'янське.

6. Розробити регламенти моніторингових спостережень на території радіаційних об'єктів колишнього ВО «ПХЗ» для всебічного комплексного аналізу характеристик радіаційної безпеки та екологічних ризиків для населення зони впливу.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ

1.1 Екологічний стан навколишнього середовища на уранових хвостосховищах України

В Україні, у 50-ті та 70-і роки теж були ситуації непередбачуваного опромінення населення урановими відходами в м. Жовті Води, с. Терни та в м. Кам'янське (м. Дніпродзержинськ). Інформація про такі випадки була закритою. Більшість випадків, як і в США, були пов'язані з використанням відходів населенням. Але, на відміну від американських випадків, в Україні населення використовувало для будівництва доріг та фундаментної підсипки гірські породи з шахтних відвалів, а не хвости переробки уранової руди. Ці випадки показали наявність проблеми забруднення навколишнього середовища. Дотепер майже усі міста з забрудненою територією очищені.

В середині 70-х років в СРСР починаються роботи подібні Програмі UMTRA в США. Для наукового супроводу цих робіт в жовтоводському філіалі (філіал №2) московського інституту "ПромНШпроект" (Міністерство Середнього Машинобудування) було створено у 1976 році галузеву лабораторію "Охорони навколишнього середовища". Ця лабораторія, крім іншого, займалась вивченням процесів міграції радіонуклідів у багат шарових покриттях уранових відходів на дослідних полігонах в Кіровоградській та Дніпропетровській областях. Крім міграції в покриттях, відразу вивчався перехід радіонуклідів з покриття в рослинність, включаючи ту, що використовується для сільськогосподарського призначення. З самого початку довготривалих експериментів рослинність розглядалась як невід'ємна частина покриття. До усвідомлення цього факту американські дослідники прийшли значно пізніше. Результати досліджень лабораторії (нині інститут УкрНІППромтехнології) використовувались при проектуванні та проведенні

рекультивациі уранового хвостосховища "КБЖ" (м. Жовті Води, ДП "СхідГЗК") та інших хвостосховищ підприємств Міністерства.

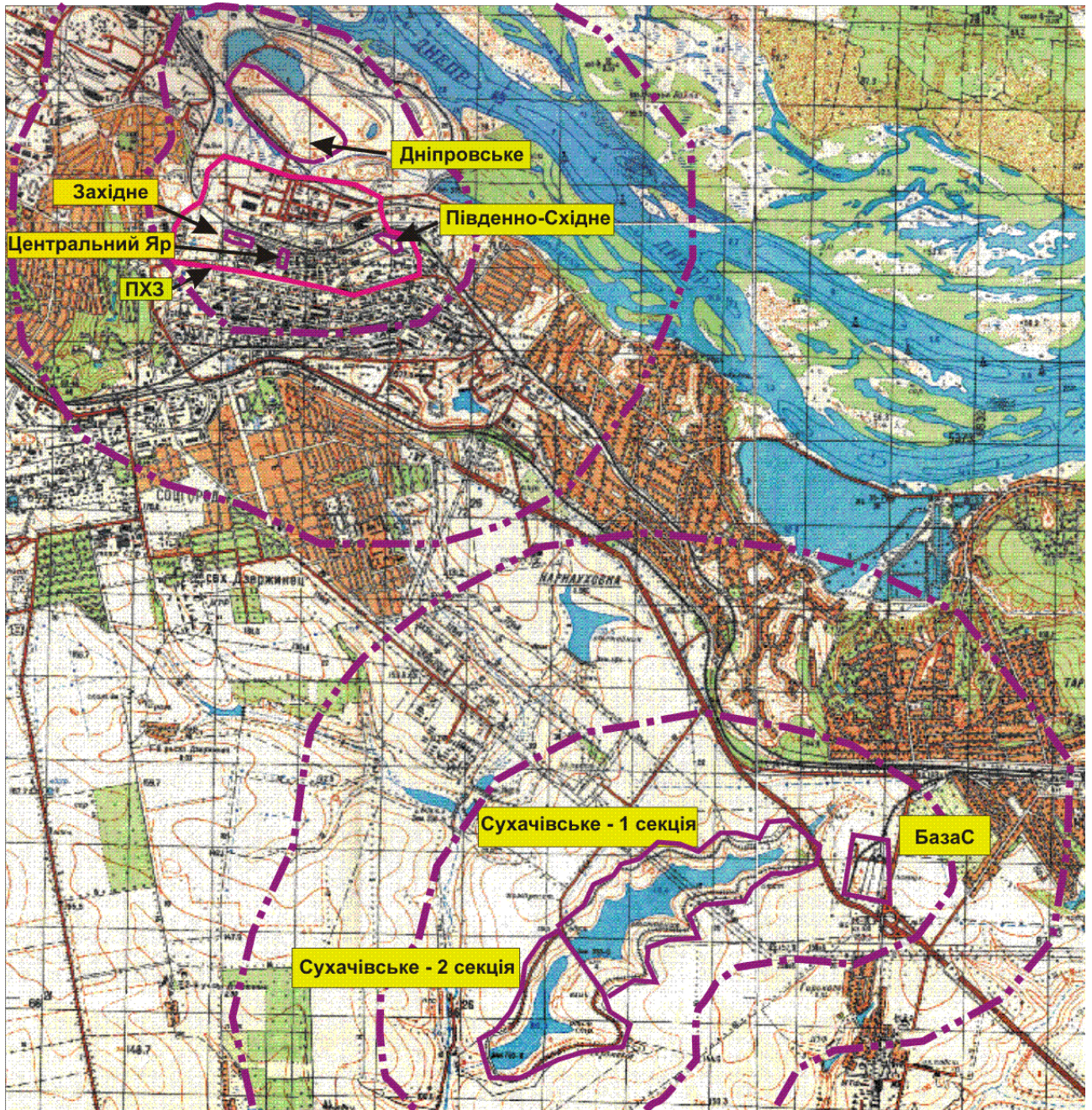
У теперішній час Україна входить до першої десятки країн світу за показниками запасів, а також потенціалом видобутку і переробки уранової руди. Проблема уранових хвостосховищ пов'язана з діяльністю колишнього ПХЗ.

Колишнім ПХЗ протягом 1949–1991 років здійснювалася переробка уранових руд для виготовлення уранового оксидного концентрату зі застосуванням методів гідрометалургійної переробки. Внаслідок використання осаджувальних технологій вилучення урану залишки уранових руд, збагачені переважно ^{226}Ra та іншими нуклідами уран-торієвих рядів. Їх складували на прилеглих територіях переважно у ярах та балках, а також на верхній терасі р. Дніпра разом з відходами інших гірничих і металургійних підприємств.

1.2 Загальна характеристика досліджуваних об'єктів (проммайданчик і хвостосховища колишнього ВО ПХЗ)

Колишнє ВО ПХЗ, об'єкти якого досліджуються, є одним з перших в СРСР підприємств по переробці урану. Завод був побудований в 1947 р. у Дніпропетровській області в місті Кам'янське.

У 1991 році Придніпровський хімічний завод припинив основну діяльність з виробництва урану, після чого залишились хвостосховища відходів уранового виробництва на території заводу («Західне», «Центральний Яр» і «Південно-Східне») і за її межами («Дніпровське», «Сухачівське» 1 і 2 секції, сховище «База С»). Розташування хвостосховищ і проммайданчика ПХЗ в Кам'янському регіоні наведено на рис.1.1. Там же наведені санітарно-захисні зони (СЗЗ) об'єктів підприємства і зони спостережень (ЗС). У межі СЗЗ попадають райони, де проживає населення.



Умовні позначення





- | | | | |
|---|-------------------------------|--|-------------------|
|  | контур хвостосховища |  | проммайданчик ПХЗ |
|  | санітарно-захістна зона (СЗЗ) | | |
|  | зона спостережень | | |

Рисунок 1.1 - Розташування хвостосховищ ПХЗ в Кам'янському регіоні

Після розпаду ВПК СРСР на території заводу було створено 22 підприємства, частина яких входить в програму створення ядерно-паливного комплексу. Практично, сьогодні з колишнього виробництва закису-оксиду урану на ПХЗ нічого не залишилося, цілковита руїна. Відновлювати таке виробництво прийдеться майже з нуля. Та й сучасні гідрометалургійні технології і обладнання суттєво відрізняються від тих, які були втілені у 48-му, відразу після війни. У активі залишаються лише державні копальні, промисловий майданчик скрізь забруднений радіацією, декілька хвостосховищ радіоактивних відходів, інфраструктура яких потребує корінної модернізації, та мізерні залишки кадрового потенціалу.

В даний час на базі ПХЗ діють виробництва продукції цирконію-гафнію (випуск металевого цирконію, лігатур і сплавів, хімічних сполук на основі гафнію), іонно-обмінних матеріалів для адсорбційного вилучення з пульпи і розчинів урану, молібдену, вольфраму, галію, а також технологій очищення води для промислових потреб.

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНЕ ПОЛОЖЕННЯ І НАСЕЛЕННЯ

Місто Кам'янське – один з великих індустріальних центрів України, розташований в центральній частині України, на березі ріки Дніпро, в 430 км на південний схід від Києва і в 40 км від Дніпра.

Кам'янське – місто обласного підпорядкування Дніпропетровської області, розташоване на правому і лівому берегах Дніпра (точніше – Кам'янського водосховища), у середній його течії, нижче греблі Кам'янської ГЕС, за 35 км на захід від Дніпра. Площа – 138 км². Населення перевищує 250000 осіб.

Місто тягнеться з сходу на захід по правому берегу на 20 км, по лівому – на 8 км. Житлові райони займають 41 % міської території, промислові і комунальні – 18 %. Підприємства, розташовані в правобережній частині міста, згруповані в промислові зони.

2.1 Кліматичні умови

Місто Кам'янське розташовано в степовій зоні України, в центральній частині Дніпропетровської області, в помірному кліматичному поясі. Клімат місцевості формується під впливом фізико-географічних умов, пов'язаних з горбистим рельєфом, різноманітністю рослинного покриву, близькістю р. Дніпро з його притоками і водосховищами.

На ці природні умови накладаються антропогенні чинники, пов'язані з особливостями забудови і планування міста, а також стан атмосфери, для якої характерна наявність значних концентрацій газових домішок, аерозолів і пилу, який істотним чином впливає на радіаційний режим, теплофізичні і вологісні характеристики повітряного середовища.

Клімат міста відрізняється від природного. Найбільший вплив на вміст домішок в атмосфері накладають: температура повітря, вітер, стан приземного шару атмосфери (наявність приземних і низьких інверсій), опади і тумани.

Завдяки вище переліченим чинникам клімат м. Кам'янське істотним чином відрізняється від природного: температура повітря вища, ніж за містом, вологість нижча, вітер слабкіший.

Клімат району помірно-континентальний і характеризується спекотою (іноді посушливим) влітку і відносно холодною зимою. Дані про середньомісячну температуру, одержані на основі багаторічних спостерегань на метеостанції м. Кам'янське, представлені в таблиці 2.1 і на рис. 2.1.

Таблиця 2.1 - Середньомісячна температура по м. Кам'янське

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С	-5,4	-4,8	0,4	9,0	16,4	19,8	22,3	21,3	15,7	8,8	2,0	-3,1

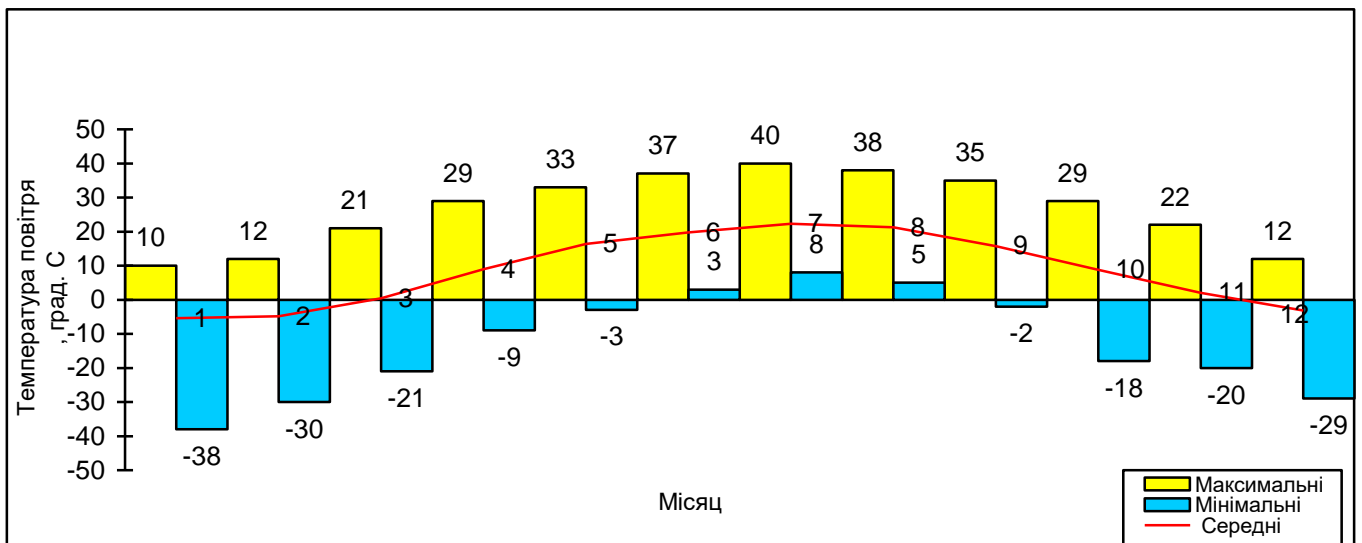


Рисунок 2.1 - Середньомісячні, максимальні і мінімальні температури повітря

Найхолодніший місяць – січень, середня температура якого $-5,4^{\circ}\text{C}$, найжаркіший – липень, з середньою місячною температурою $+22,3^{\circ}\text{C}$. Вітер на території міста обумовлюється трьома основними чинниками: рельєфом, характером поверхні і розподілом атмосферної циркуляції над нею. Одним з основних чинників для оцінки перенесення забруднювачів є частота повторюваності вітру (таблиця 2.2 і рис. 2.2).

Таблиця 2.2 - Середньорічна повторюваність вітру в м. Кам'янське

Напрямок вітру	Захід	Північ - Схід	Схід	Південь - Схід	Південь	Південь - Захід	Захід	Північ - Захід	Штиль
Повторюваність, %	24	9	15	4	20	9	9	10	20

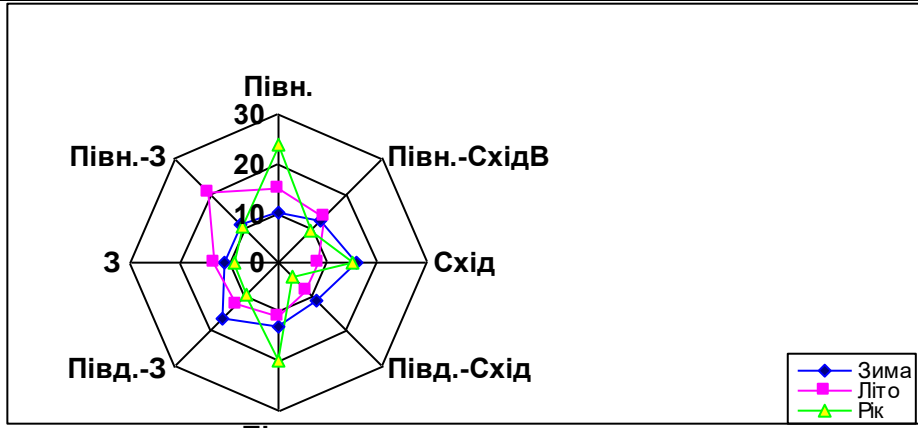


Рисунок 2.2 - Середньорічна повторюваність вітру по сезонах, %

Дані, що характеризують вітровий режим, приведені в таблиці 1.3 і на рис. 1.5. Швидкість вітру, повторюваність якої перевищує 5 % забезпеченість, рівна 9 м/с.

Таблиця 2.3 - Характеристика вітрового режиму

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Швидкість вітру, м/с	4,7	4,7	4,8	4,2	4,1	3,4	3,3	3,1	3,0	3,7	4,2	4,4	4,0

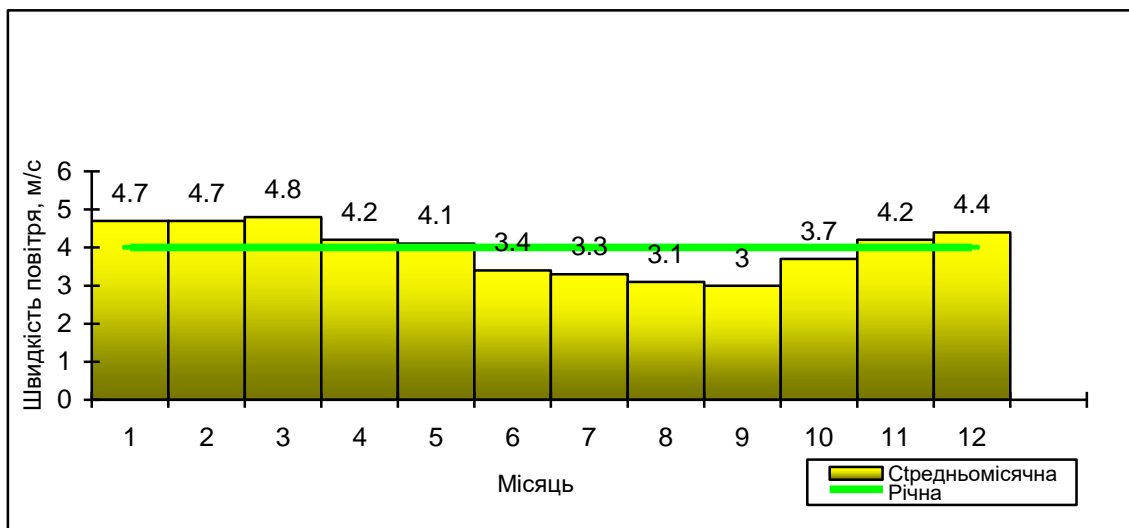


Рисунок 2.3 - Середньомісячні і середньорічні швидкості вітру

По кількості опадів територія м. Кам'янське відноситься до зони недостатнього зволоження. В середньому за рік випадає близько 477 мм опадів.

Дані про середньомісячну кількість опадів для м. Кам'янське представлені в таблиці 2.2 і на рис. 2.4.

Таблиця 2.4 - Місячна і середньорічна кількість опадів в м. Кам'янське

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	рік
Кількість опадів, мм	35	29	31	35	46	65	53	40	40	37	37	39	477

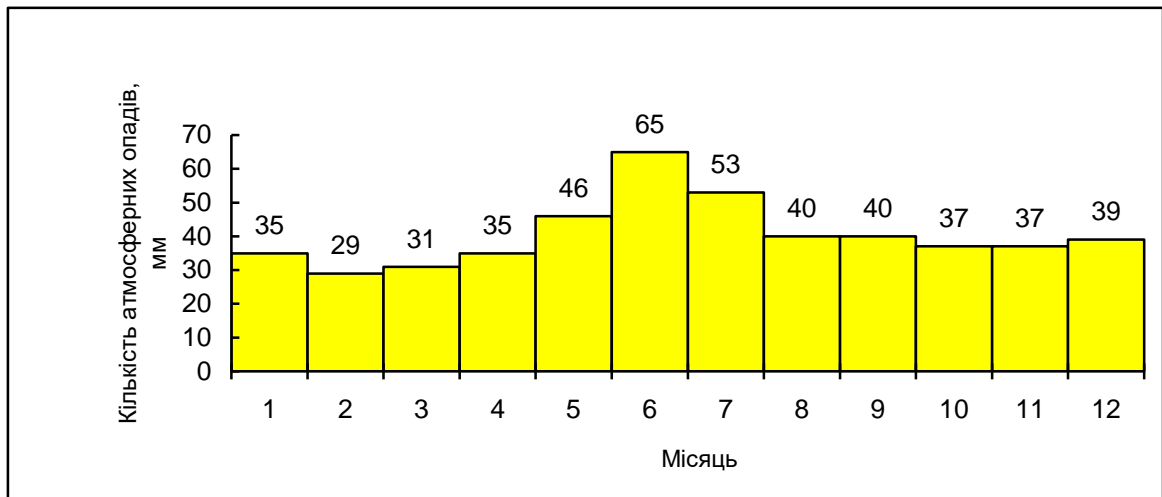


Рисунок 2.4 - Кількість атмосферних опадів протягом року

Основна кількість опадів випадає в теплу пору року і складає 353 мм. Влітку опади носять переважно зливовий характер, і максимальна кількість опадів за добу може скласти 82 мм.

Багаторічні середньомісячні і річні значення абсолютної, відносної вологості і дефіциту вологості повітря представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Вологість атмосферного повітря протягом року

Вологість, %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Абсолютна	4,2	4,2	5,2	7,4	10,4	14,0	15,5	14,6	11,3	8,4	6,6	5,0	8,9
Відносна	83	80	73	52	44	43	43	42	45	62	78	83	61
Дефіцит	4,2	4,2	5,2	7,4	10,4	14,0	15,5	14,6	11,3	8,4	6,6	5,0	8,9

2.2. Геологічна будова району

Місто Кам'янське розташовано в зоні стику Правобережного цокольного піднесення Українського кристалічного масиву і лівобережної рівнини Дніпровсько-донецької западини, що зумовило його складну тектоніку з численними розривними порушеннями і нерівну поверхню кристалічного фундаменту. Місцевість представляє собою горбисту рівнину, розділену Дніпродзержинським водосховищем і річкою Дніпро.

Правобережна частина міста сильно розчленована ярами і балками з крутими схилами заввишки 20-40 м. Лівобережжя є рівниною із спокійним рельєфом. Морфологію денної поверхні Кам'янського регіону наведено на рис. 2.5.

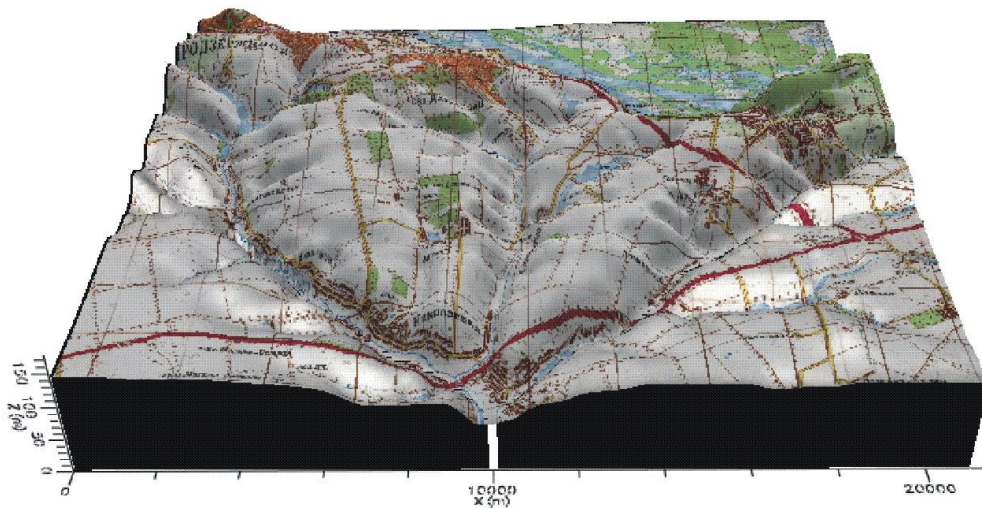


Рисунок 2.5 - Морфологія денної поверхні Кам'янського регіону

У геологічній будові правобережної частини міста беруть участь докембрійські кристалічні породи, відклади палеогену, неогену і четвертинної системи. Лівобережна частина міста розташована на алювіальній рівнині III – IV надзаплавних терас, перекритій делювіальними суглинками.

Докембрійські породи представлені, в основному, гнейсами, гранітогнейсами, які фрагментарно перекриті дресв'яно-щербіністою або

глинистою корою вивітрювання, а також чохлом осадочних відкладів палеогенової, неогенової і четвертинної систем палеозой-кайнозойський віку.

Кристалічні породи мають нерівну поверхню і залягають на глибинах від декількох метрів в заплаві р. Дніпро і днищах крупних балок, до 180 м і більш на вододілах із зануренням в східному напрямі. У межах плато кристалічний фундамент покритий дресв'яно-щебеністою або каоліновою корою вивітрювання потужністю 0–50 м.

Палеогенові відклади, представлені пісками, що чергуються, глинами, мергелями, пісковиками і алевролітами загальною потужністю до 100 м поширені в пониженнях кристалічного фундаменту в межах плато.

Неогенові відклади, представлені струкуватими глинами з прошарками вапняків і пісками. Вони поширені в межах схилу плато, починаючи з глибин 30–40 м.

Четвертинні відклади представлені товщею лесових суглинків і супісків потужністю до 30 м, поширених в межах II–IV надзаплавних терас р. Дніпро, товщею алювіальних дрібнозернистих пісків, супісків, суглинків і глин потужністю до 23 м, поширених повсюдно.

3. МАТРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вимірювання потоку радону з поверхні ґрунту на основі РСЛ та активованого вугілля

Для вимірювань потоку радону з поверхні ґрунту рекомендується застосовувати метод поглинання на основі активованого вугілля. Особливістю застосування для цього методу вимірювань радону в повітрі на основі рідинно-сцинтиляційного лічення є його простота, надзвичайна чутливість та компактність.

Застосування скляного посуду у якості пастки для радону робить цей метод надзвичайно простим та наглядним (рис. 3.1). Процес десорбції радону з вугільної пастки в сцинтилятор на основі толуолу завершує підготовку проб (рис. 3.2).



Рисунок 3.1 - Схема відбору проб радону з повітря, що надходить з ґрунту в пастку



Рисунок 3.2 - Десорбція радону з вугільної пастки

3.2 Методика визначення в атмосферному повітрі об'ємної активності радону-222 та еквівалентної рівноважної активності радону-222 і радону-220 (торону)

Вимірювання еквівалентної рівноважної об'ємної активності (ЕРОА) радону-222 та радону-220 (торону) проводились приладом РДА-09М. В основу вимірювань покладено модифікований метод Маркова. Метод Маркова складається з:

- прокачування повітря через фільтр протягом 5 хв;
- 2-х послідовних (з інтервалом в 3 хвилини) трихвилинних вимірювань фільтра на напівпровідниковому детекторі альфа випромінювання;
- третього півгодинного вимірювання (не раніше ніж через 5 годин після перших двох вимірів) для визначення ЕРОА торону;
- обчислень об'ємної активності (ОА) короткоживучих дочірніх продуктів розпаду радону ^{218}Po (RaA), ^{214}Pb (RaB) і ^{214}Bi (RaC), ЕРОА радону і торону. Обчислення засновані на вимірюваннях швидкості рахунку імпульсів, константах розпаду ДПР радону, швидкості прокачування повітря через фільтр, чутливості детектора.

Межа основної відносної похибки вимірювання становить $\pm 30\%$ при $P=0,95$. Виміри проводилися в центрі приміщення при закритих протягом попередньої доби дверях і вікнах.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Роботи з екологічного моніторингу навколишнього природного середовища на території проммайданчика і зонах впливу об'єктів уранового виробництва колишнього ВО «Придніпровський хімічний завод» виконуються в рамках виконання «Плану першочергових заходів з поліпшення екологічного стану м. Кам'янське» згідно із розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12 листопада 2008 р. № 1425-р.

Основними об'єктами спостережень протягом року були визначені територія і зони впливу хвостосховищ і залишків інфраструктури на проммайданчику колишнього ВО «ПХЗ» в межах Кам'янського проммайданчику, а також територія і зони потенційного впливу хвостосховища «Сухачівське» та сховища «База С» в межах Сухачівського проммайданчику та в населених пунктах мкр. Таромське, пос. Горького.

Додатково до основних пунктів спостережень проводились фонові спостереження за станом довкілля у м. Кам'янське.

4.1 Схема розміщення місць контролю забруднення атмосферного повітря

Забруднені радіонуклідами території і об'єкти колишнього ВО «ПХЗ» є постійно діючими джерелами радіоактивних аерозолів природного походження. У зв'язку з цим проведення оцінки стану забруднення атмосферного повітря, його впливу на екологічний стан територій у межах впливу об'єктів колишнього ВО «ПХЗ» є постійною та необхідною складовою моніторингових спостережень.

Згідно програми і регламентів радіаційного моніторингу за забрудненням приземного шару атмосфери на території ВО «ПХЗ» спостереження проводилися на семи стаціонарних пунктах: в межах Кам'янського проммайданчику на території хвостосховищ «Центральний Яр», «Південно-Східне», «Дніпровське», на території проммайданчика біля будівлі

№ 103 (рис. 4.1); в межах Сухачівського проммайданчику на території сховища «База С» та за межами проммайданчиків на території метеостанції м. Кам'янське і мкр. Таромське (рис. 4.2). Всього у 2009 р. проведено 12 серій спостережень із двох тижневою експозицією, охоплюючи літній та осінній періоди і частково зимній періоди.



Рисунок 4.1 - Карта-схема розміщення стаціонарних та пересувних пунктів спостережень за забрудненням аерозолів атмосфери на території Кам'янського проммайданчику (1 – хвостосховище «Західне», 2 – хс «Центральний Яр», 3 – в районі будівель 103, 104, 4 – хс «Південно-Східне», 5 – хс «Дніпровське», 6 – метеостанція м. Кам'янське)

Стаціонарні пункти спостережень облаштовувались планшетними пробовідбірниками для збору аерозольних випадань з атмосфери для визначення щільності випадань із атмосфери та ізокінетичними пробовідбірниками повітря для визначення об'ємної концентрації радіонуклідів у дисперсній фазі аерозолію.

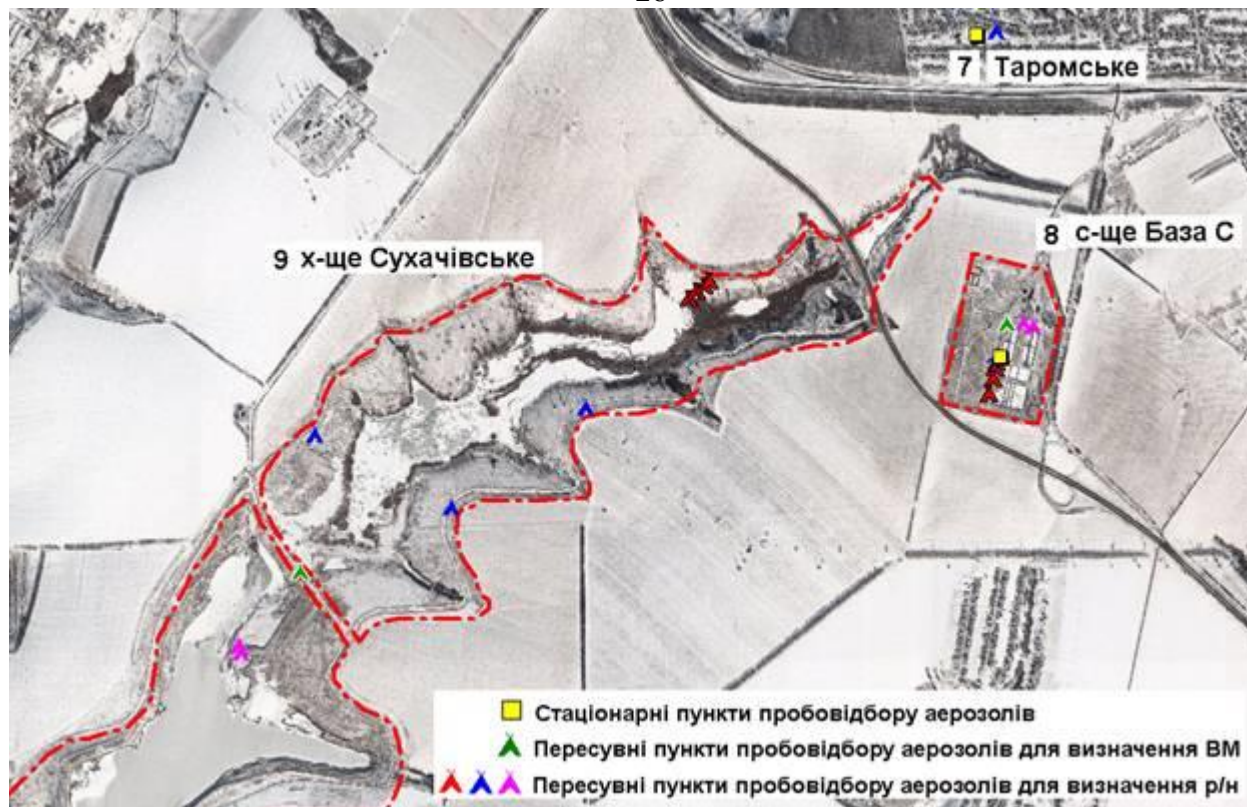


Рисунок 4.2 - Карта-схема розміщення стаціонарних та пересувних пунктів спостережень за забрудненням аерозолів атмосфери на території Сухачівського проммайdanчику (9-хвостосховище «Сухачівське», 8 – сховище «База С», 7 – мкр. Таромське)

Стаціонарні пункти спостережень обслуговувались спеціалістами з лабораторії моніторингу радіоактивних аерозолів з об'єкту «Укриття» ЧАЕС Інституту з проблем безпеки АЕС разом із співробітниками ДП «Бар'єр» і передавались для аналітичної обробки і визначення вмісту природних радіонуклідів до лабораторії радіохімії та радіоспектрометрії відділу радіаційного моніторингу навколишнього середовища.

Однією важливих характеристик надійності і цілісності покриття хвостосховищ є величина ексхаляції радону-222 з поверхні ґрунту. Саме тому до регламентів радіаційного моніторингу на території хвостосховищ входять спостереження за ексхаляцією радону-222.

Спостереження проводяться один раз у квартал і охоплюють періоди із різною вологістю ґрунту та температурного режиму. Визначення об'ємної активності радону проводили методом пасивної радонометрії.

У відповідності до регламентів радіаційного моніторингу на території радіаційно-небезпечних об'єктів, в приміщеннях виробничих будівель один раз на квартал проводяться спостереження за рівнем об'ємної активності радону-222 в повітрі.

В межах Кам'янського промайданчика спостереження проводяться на території хвостосховищ: „Західне”, „Центральний Яр”, „Південно-Східне”, в приміщеннях будівель колишнього виробничого процесу 103, 104, 122 (рис 4.3–4.6), в приміщеннях лабораторного корпусу, що розташовано в південній частині території колишнього ВО „ПХЗ”, – будівлі 827, приміщеннях адміністративного корпусу.

В межах Сухачівського промайданчику спостереження проводяться на території хвостосховища „Сухачівське” секція 1, сховища «База С».

Крім того, для оцінки дози, яку може отримувати населення за рахунок радону-222 та продуктів його розпаду в житлових умовах, спостереження проводились в приміщеннях домів на території мкр. Таромське на вулицях, що найближче всього розташовані до сховища «База С», а також в домах в м. Кам'янське. Спостереження проводились у безопалювальний (серпень) та опалювальний (листопад-грудень) періоди.



Рисунок 4.3 - Пункти розміщення трекових детекторів на території хвостосховища „Західне” у 2022 р.

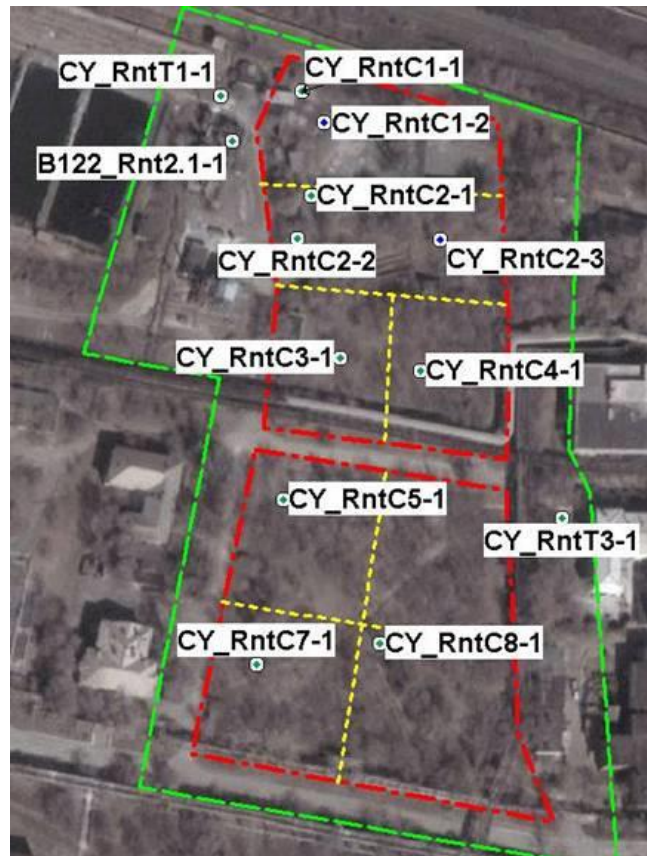


Рисунок 4.4 - Пункти розміщення трекових детекторів на території хвостосховища „Центральний Яр” у 2022 р.



Рисунок 4.5 - Пункти розміщення трекових детекторів на території хвостосховища „Південно-Східне” у 2022 р.

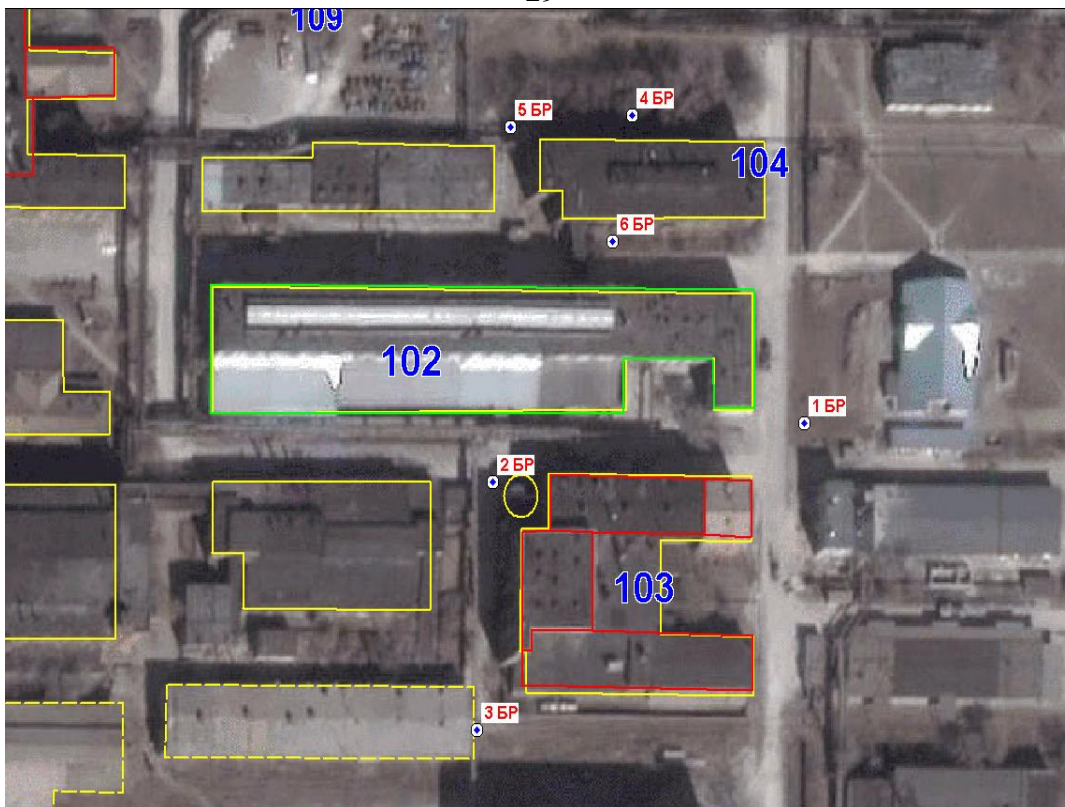


Рисунок 4.6 - Пункти розміщення трекових детекторів на території біля будівель 103,104 у 2022р.

4.2 Склад обладнання для радіаційного моніторингу атмосферного повітря в районі уранових об'єктів ДП «ПХЗ»

Для забезпечення виконання робіт за програмами радіаційного моніторингу використовувалось відповідні прилади та обладнання із застосуванням необхідних методичних підходів та методик для визначення певних елементів.

Для визначення ППД гамма-випромінювання використовувалися дозиметри радіометри ДКС-96 з пультом УІК-02 і блоком детектування БДКС-96. Для визначення координат пунктів спостережень використовувалися супутникові навігаційні системи Garmin-GPS 60. Точність прив'язки мережі до карти місцевості GPS 60 складала (в залежності від кількості навігаційних супутників) біля 5 м.

Для аналізу результатів спостережень була проведена просторова локалізація на географічній карті об'єктів спостережень з використанням картографічних матеріалів: географічної карти України М 1:100000 (растр) і космічного знімка території м. Кам'янське з вказаними об'єктами спостережень.

Відбір проб аерозолів проводили на 7-ми майданчиках, які було облаштовано планшетами та ізокінетичними відбірниками атмосферного повітря (ША) (рис. 4.7 а, б).



а) Ізокінетичний відбірник аерозолів



б) Планшетний збірник аерозольних випадань



в) пересувні повітря-фільтруючі засоби



г) детектор надчистого германію (HPGe) серії GWL, холдер із пробєю

Рисунок 4.7 - Засоби моніторингу радіаційного забруднення атмосферних аерозолів на майданчиках зони впливу уранових об'єктів колишнього ВО «ПХЗ»

Прилади були встановлені для спостережень на хвостосховищах «Центральний Яр», «Південно-Східне», «Дніпровське», біля корпусу 103, сховищі «База С», метеостанції м. Кам'янське, мкр. Таромське. Проведено 12 циклів спостережень із двотижневими періодами відбирання аерозолів.

Фільтри із тканини Петрянова змінювалися, пакувалися в окремі поліетиленові пакети і доставлялися у лабораторію, де вони прожарювалися і пакувалися у спеціальні холдери. Холдери герметизувалися і витримували не менше 20 діб для встановлення рівноважного стану активності між радієм-226 та коротко існуючими його дочірніми радіонуклідами. Після чого, фільтри вимірювалися в лабораторії методом гамма-спектрометрії. Виміри проводилися на гамма-спектрометрі із напівпровідниковим детектором із надчистого германію (HPGe) типу GWL (шахтного типу) у WELL геометрії (холдер) (рис. 2.7, г).

Визначався вміст радіонуклідів ^{238}U , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th , ^{210}Pb , ^{137}Cs , ^{40}K . Визначення вмісту радіонуклідів в аерозолях проводили в лабораторії радіоспектрометрії та радіохімії. Отримані дані по вмісту радіонуклідів в аерозолях повітря надаються в одиницях об'ємної активності ($\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$) та щільності випадань ($\text{Бк}\cdot\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$).

Для визначення активності полонію-210 в аерозолях застосовувались пересувні повітря-фільтруючі засоби із великою швидкістю розходу повітря (від 0,4 до 1 м^3 за хвилину) (рис. 4.7, в). Для відбору повітря використовувались фільтри із боросілікатного скловолоконного матеріалу діаметром 11 см. Перед та після проведення робіт фільтри висушувалися і зважувалися, що дозволяло встановити масове навантаження ($\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$) аерозолів в повітрі.

Спочатку фільтри аналізувалися гамма-спектрометричним методом в лабораторії для визначення вмісту ^{238}U , ^{226}Ra , ^{228}Th , ^{210}Pb , ^{40}K , а потім передавалися для визначення вмісту ^{210}Pb , ^{210}Po із використанням методів альфа-спектрометрії та бета-радіометрії із відповідною радіохімічною підготовкою. Крім того методами альфа-спектрометрії визначався вміст ^{238}U ,

^{234}U , ^{230}Th . Отримані дані по вмісту радіонуклідів в аерозолях надаються в одиницях об'ємної активності ($\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$).

Визначення вмісту ^{210}Pb методами гамма-спектрометрії та бета-радіометрії дозволили оцінити систематичну похибку при визначенні вмісту ^{210}Pb при застосуванні радіохімічних процедур пробо підготовки для бета-радіометрії.

Визначення вмісту важких металів у аерозольних фільтрах виконували методом атомної абсорбції в лабораторії фізико-хімічного аналізу ДНІЦ СКАР з використанням атомно-абсорбційного спектрофотометра С-115 М-1.

Вибір атомно-абсорбційного методу для визначення вмісту важких металів обумовлений тим, що він має ряд переваг порівняно з іншими класичними методами: високу чутливість, селективність, високу продуктивність, достатньо добре відтворення результатів і простоту виконання аналізу. Він забезпечує межу визначення (МВ) елементів на рівні 0,1 – 0,01 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ у вимірювальному зразку, що в багатьох випадках дає можливість аналізувати проби без попереднього концентрування елементів. Визначали вміст Pb, Co, Cd, Mn, Cu, Zn.

Визначення вмісту заліза у аерозольних фільтрах виконували фотометричним методом в лабораторії фізико-хімічного аналізу ДНІЦ СКАР з використанням колориметра фотоелектричного концентраційного КФК-2. Отримані дані по вмісту важких металів в аерозолях надаються в одиницях об'ємної концентрації ($\text{г}\cdot\text{м}^{-3}$) та щільності випадань елементів ($\text{г}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$).

Визначення об'ємної активності радону у повітрі на території хвостосховищ, виробничих та житлових приміщень визначалась методом пасивної трекової радонометрії із застосуванням трекових детекторів (рис. 4.8).

Чутливість методу при 30 добовій експозиції складає 8 – 10 $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$. Ефективність реєстрації визначають шляхом експонування партії радонометрів в атмосфері з відомою об'ємною активністю радону. Зчитування треків ушкоджень проводилось методом іскрового підрахунку.

Для визначення об'ємної активності радону у повітрі також проводились дослідження із застосуванням методики вимірювань середньої за 1-6 діб

об'ємної активності радону у повітрі приміщень, а також у повітрі навколишнього середовища.



Рисунок 4.8 - Розміщення трекових детекторів на місцевості для визначення ОА радону-222 в повітрі

Визначення ОА радону проводились із використанням Комплексу «Камера-01» сорбційним способом із застосуванням активованого вугілля для відбору проб, а також блоків детектування гамма-, бета-випромінювання, підключених до комп'ютеру через комутатор (4-х вимірювальних каналів), для визначення активності радону, який був сорбований вугіллям. Комплекс вимірює активність в діапазоні 0,3–1000 Бк. Метод базується на експонуванні колонок для сорбції СК-13 із активованим вугіллям протягом 1-6 діб і наступним вимірюванням в лабораторних умовах активності радону, який був накопичений вугіллям, за гамма-бета випромінюванням короткочасно існуючим дочірнім продуктам розпаду радону-222 – ^{214}Pb и ^{214}Bi , які знаходяться в стані радіоактивної рівноваги із активністю радону. Мінімальні значення, які можуть вимірятися, при використанні блока детектування бета-випромінювання БДБ-13 складає не більш $30 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$.

Визначення рівноважної об'ємної активності (ЕРОА) радону-222 і торону-220 проводиться за основи проведення спостережень за рівнем

активності дочірніх продуктів розпаду (ДПР) радону та торону в повітрі. Для визначення питомої активності ДПР радону і торону використовувався радіометричний метод Маркова, який закладено у програму роботи радіометру радону РГА-09М. Дослідження проводилися співробітниками лабораторії із застосуванням радіометрів альфа активних газів РГА-09М на висоті 1,5 м від поверхні землі приблизно на висоті рівня подиху людини.

Для оцінки більш коректного визначення ДПР в повітрі було проведена одночасна серія спостережень із використанням можливостей рідинно-сцинтиляційної спектрометрії, яка має високу ефективність реєстрації альфа- та бета-випромінюючих радіонуклідів. Проведення вимірювань ДПР радону на відкритому повітрі накладає вимогу необхідності досягнення високої чутливості методу вимірювань, який застосовують, а крім того для досягнення високої чутливості необхідно використовувати велику порцію аерозолів повітря. Тому для відбору проб аерозолів повітря застосовувався високопродуктивний пробовідбірник типу TF1A-2 фірми Staplex аерозольні фільтри діаметром 10 см на основі тканини Петрянова. При визначенні активності дочірніх продуктів розпаду радону використовувався модернізований метод Маркова та застосовувався пересувний портативний рідинно-сцинтиляційний (РС) радіометр - спектрометр Triathler.

Визначення рівня ексхалації радону-222 з поверхні хвостосховищ проводилось із застосуванням вимірювального комплексу для моніторингу радону „Камера-01” із блоками детектування БДБ-13. Дослідження проводилися на основі методики виконання вимірювань середньої за 1–10 годин щільності потоку радону-222 з поверхні землі та будівельних конструкцій.

Метод базується на пасивному відборі проби протягом 1-10 годин накопичувальною камерою НК-32 із активованим вугіллям, яка встановлюється на поверхні землі, та наступним вимірюванням в лабораторних умовах активності радону, який був сорбований вугіллям у колонці для сорбції СК-13. Активність радону в вугіллі СК-13 визначають за гамма-бета випромінюванням

короткочасно існуючим дочірнім продуктам розпаду радону-222 – ^{214}Pb и ^{214}Bi , які знаходяться в стані радіоактивної рівноваги із активністю радону (рис.4.9).



а)



б)

Рисунок 4.9 - Засоби для визначення щільності потоку радону з поверхні землі накопичувальна камера НК-32 із колонкою для сорбції радону активованим вугіллям СБ-13.

Мінімально вимірювальні значення щільності потоку радону, при використанні блока детектування бета-гамма-випромінювання БДБ-13 складає $3\text{мБк}\cdot\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$.

4.3 Регламент робіт з моніторингу атмосферного повітря в районі уранових об'єктів ДП «ПХЗ»

Моніторингові спостереження виконувалися за відповідними регламентами, які визначають об'єкти, на яких проводяться спостереження, види і періодичність спостережень, відповідальні організації, які здійснюють певні види регламентних робіт.

Регламенти спостережень були розроблені з урахуванням попередніх оцінок потенційних доз опромінення працівників підприємств, що розташовані на території «ПХЗ». На етапі робіт 2022-2023 рр. результати моніторингових

досліджень мають стати вихідними даними для всебічного комплексного аналізу характеристик радіаційної безпеки та екологічних ризиків для населення зони впливу об'єктів колишнього ВО «ПХЗ». Крім того, програми і методи спостережень були гармонізовані в регламентах, які виконувалися на кожному із об'єктів у попередні роки різними співвиконавцями.

Виконання моніторингових робіт проводилось відповідно до програми і регламентів 2022 р. До складу програми комплексних спостережень були включені наступні види робіт.

Регулярні обстеження радіаційного стану території на контрольних ділянках поверхні хвостосховищ та прилеглих територіях для оцінки динаміки техногенного фону потужності експозиційної дози гамма-опромінення.

Регулярні спостереження за об'ємною концентрацією радону у приміщеннях колишніх об'єктів «ПХЗ», а також на території хвостосховищ. На території проведено серію просторових зйомок коливань об'ємної концентрації радону із усередненням за період від 2 тижнів до 1 місяця методом пасивної радонометрії із застосуванням трекових детекторів.

Проведено серії по визначенню рівня ексхалації радону для спостереження за його динамікою у часі на ділянках поверхні покриття хвостосховищ («Західне», «Південно-східне», «Центральний Яр», «Сухачівське» сек. 1, сховища «База С»), що дозволило оцінити стан покриття, а також сформулювати рекомендації щодо локальних заходів по його відновленню.

Проведено спостереження за об'ємною концентрацією вмісту ПРН в атмосферному повітрі на 7-ми пунктах за допомогою ізокінетичних відбірників повітря і портативних повітря-фільтруючих пристроїв на хвостосховищах «Західне», «Центральний Яр», «Південно-Східне», «Дніпровське», на території промайданчика біля корпусу 103, сховищі «База С», мкр. Таромське, а також на метеостанції м. Кам'янське. На тих же пунктах проводилися щомісячні спостереження за атмосферними випаданнями альфа-активних аерозолів (пилу) із зміною планшету 2 рази на місяць.

4.4 Результати виконання робіт згідно з програмами і регламентами радіаційного моніторингу

Однією важливих характеристик надійності і цілісності покриття хвостосховищ є величина ексхаляція радону-222 з поверхні ґрунту. Саме тому до регламентів радіаційного моніторингу на території хвостосховищ входять спостереження за ексхаляцією радону-222.

Спостереження проводяться один раз у квартал і охоплюють періоди із різною вологістю ґрунту та температурного режиму.

Ексхаляцію радону із поверхні ґрунтів визначали методом радіометрії із використанням приладу «Камера».

На рисунку 4.10 наведено карта-схеми пунктів спостережень за рівнем ексхаляції радону-222 на території хвостосховища «Західне» у червні (Рис. 4.10а) та вересні 2022 р. (Рис. 4.10 б) із визначенням значень цієї величини у $\text{мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$.

Спостереження проведені у червні місяці показали, що на рекультивованій північній частині хвостосховища рівень ексхаляції радону-222 з поверхні однорідний і становить в середньому $0,04 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ у першому секторі, $0,08 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ у другому та третьому секторі. З південної границі рекультивованої частини хвостосховища відзначаються ділянки, де рівень ексхаляції 5-10 разів вище і становить в середньому $0,3\pm 0,05 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. З північної границі рекультивованої частини хвостосховища вздовж північної дамби рівень ексхаляції значно збільшується майже у 30-40 разів ніж на території хвостосховища і становить в середньому $2,2 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Високі рівні ексхаляції радону відмічаються на ділянках, що примикають знизу до північної дамби: до $9,2\pm 1,8 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ в західній сторони і до $11,5 \pm 2,2 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ із східної сторони (рис. 4.10 а). На території лісосмуги, що росте за північною границею хвостосховища та південному куті східної дамби, в містах розломів асфальтного покриття в секторі 6 відмічаються окремі ділянки із значним

рівнем ексхаляції радону до $3,2 \pm 0,6$ Бк·м⁻²·с⁻¹, а вересні місяці зафіксовані значення до $12,0 \pm 1,5$ Бк·м⁻²·с⁻¹, а розломах асфальту $6,0 \pm 1,5$ Бк·м⁻²·с⁻¹.



а)



б)

Рисунок 4.10 - Просторовий розподіл рівня ексхаляції радону-222 (мБк м-2с-1) з поверхні на території хвостосховища „Західне” у червні 2019 р. (а), вересні 2022 р. (б).

В середньому на території лісосмуги на північній границі хвостосховища „Західне” зафіксовані значення ексхаляції радону-222 на рівні $0,6 \pm 0,2$ Бк·м⁻²·с⁻¹.

¹, а на асфальтовані території в секторі 6 – $0,15 \pm 0,05$ Бк·м⁻²·с⁻¹ (рис 4.10, табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Ексхаляція радону-222 з поверхні хвостосховища „Західне” у 2022 р.

№ п/п	Шифр пункту розміщення	Червень 2009			Вересень 2009		
		ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, МБк·м ⁻² ·с ⁻¹	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, МБк·м ⁻² ·с ⁻¹
1	Z_ExRnC1-3	0,10-0,21		35			
2	Z_ExRnC1-1	0,14-0,18		37	0,10-0,15		99
3	Z_ExRnC1-2	0,14-0,22		22	0,10-0,14		131
4	Z_ExRnC1-4				0,11-0,15		305
5	Z_ExRnC2-3	0,10-0,12		71			
6	Z_ExRnC2-1	0,13-0,16		76			
7	Z_ExRnC2-2	0,12-0,14	755	307			
8	Z_ExRnC2-4				0,11-0,20		73
9	Z_ExRnC2-5				0,11-0,20	75	71
10	Z_ExRnC6-1	2,4-2,7	63	116			
11	Z_ExRnC6-2				0,26-0,31	90	7648
12	Z_ExRnC6-3				0,20-0,24		6090
13	Z_ExRnD1-1	0,2-0,25		1952	0,53-0,55		6612
14	Z_ExRnD2-1	0,11-0,21		1171	0,11-0,16		534
15	Z_ExRnD2-2	0,12-0,18		2579			
16	Z_ExRnD2-3	0,12-0,27		202			
17	Z_ExRnD3-1	0,11-0,14		68	0,13-0,14		50
18	Z_ExRnD3-2	0,10-0,17		64			
19	Z_ExRnD3-3	0,12-0,14		219			
20	Z_ExRnD3-4	5,5-6,12		3269	0,98-1,15		11995
21	Z_ExRnD3-5				0,65-0,67		12619
22	Z_ExRnT1-1	0,7-0,85		9189			
23	Z_ExRnT2-1	0,5-0,7	193	862	0,23-0,32	240	2599
24	Z_ExRnT2-2	0,5-0,55		11502	0,13-0,16		1735
25	Z_ExRnT4-1	0,10-0,19	88	588			
26	Z_ExRnT4-2	0,37-0,42		2488			
27	Z_ExRnT4-3	0,14-0,18		664			
28	Z_ExRnT4-4	0,10-0,32		712	0,15-0,22	150	1465

На території хвостосховища „Центральний Яр” визначення рівня ексхаляції радону-222 проведено в червні та вересні 2022 р.

На рисунку 2.11 наведено карта-схеми пунктів спостережень за рівнем ексхаляції радону-222 на території хвостосховища «Центральний Яр» у червні (рис. 4.11а) та вересні 2022 р. (рис. 4.11б) із визначенням значень цієї величини у $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Узагальнені дані по окремих пунктах спостережень за червень та вересень 2022 р. наведено у таблиці 4.2.

Можна зазначити, що на території хвостосховища виділяються ділянки на яких рівень ексхаляції радону-222 в червні та вересні місяцях залишається без змін (майже в 50% випадків від обстежених ділянок), а також ділянки, на яких спостерігається збільшення у 2-3 рази рівня ексхаляції радону-222 (сектори 5,7) або зменшення у 2 рази (сектор 6). Зафіксовано зростання рівня ексхаляції в вересні на п.с СУ_ЕхRnC1-1 (табл. 4.2), розташованому в першому секторі північної частини хвостосховища в районі свердловини 6594, із $0,9 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ у червні до $38,9 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ у жовтні пов'язано із іншим місцем розташування пробовідбірної камери із активованим вугіллям. В жовтні місяці пробовідбірник був розташований на місце розлому асфальту та бетонної плити, тобто у місці пошкодження покриття тіла хвостосховища.

В цілому можна зазначити, що в секторах 1, східній ділянці сектору 2 північної частини хвостосховища, секторах 7,8 південної частини хвостосховища рівень ексхаляції радону в середньому складає 1,2, що у 3-5 разів нижче, ніж на ділянках інших секторів хвостосховища, на яких в середньому рівень ексхаляції радону-222 дорівнює $4,0\pm 1,0 \text{ Бк}/\text{м}^2\cdot\text{сек}$. На ділянках із високим рівнем ППД (4-5 категорії забруднення) в секторах 3, 4, 6 п.с. СУ_ЕхRnC3-1, СУ_ЕхRnC4-1, СУ_ЕхRnC6-1 рівень ексхаляції в середньому складає $11,5\pm 4,5 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ (табл. 4.2).

Тобто, покриття хвостосховища не відповідає критерію захисту для запобігання ексхаляції радону-222 із поверхні хвостосховища.



а)



б)

Рисунок 4.11 - Просторовий розподіл рівня ексхаляції радону-222 (Бк м-2с-1) з поверхні на території хвостосховища „Центральний Яр” у червні 2022 р. (а), вересні 2022 р. (б).

Таблиця 4.2 - Ексхаліяція радону-222 з поверхні хвостосховища „Центральний Яр” у 2022 р.

п/п	Шифр пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, Бк·м ⁻² ·с ⁻¹	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, Бк·м ⁻² ·с ⁻¹
		Червень 2022			Вересень 2022		
1	CY_ExRnC1-1	0,13-0,15	125	0,95	0,52-0,60	125	38,6
2	CY_ExRnC2-1	0,85-1,00	565	3,20	0,77-0,84	133	3,95
3	CY_ExRnC2-2			0,07	0,37-0,40	198	0,18
4	CY_ExRnC3-1		300	11,3	27,2-28,3	183	11,1
5	CY_ExRnC4-1			7,44	1,27-1,30	203	7,15
6	CY_ExRnC5-1	0,73-0,85	415	4,41	2,00-2,30	188	4,85
7	CY_ExRnC5-2			0,70	0,18-0,22		3,80
8	CY_ExRnC6-1			16,4	0,40-0,45	200	8,25
9	CY_ExRnC7-1			0,60	0,20-0,24	143	1,67
10	CY_ExRnC8-1		225	0,40	0,11-0,15	103	1,13
11	CY_ExRnT3-1				0,30-0,33	70	1,97
12	CY_ExRnT3-2				0,18-0,19		0,88
13	CY_ExRnT4-1				0,14-0,18		0,37

На території хвостосховища „Південно-Східне” визначення рівня ексхаліяції радону-222 проведено в червні та вересні 2022 р. В червні місяці ще проводились роботи по відтворенню покриття хвостосховища, тому дослідження ексхаліяції радону були проведені на частині території хвостосховища в перших до західної сторони секторах 1, 3, 6 та на ще не рекультивованій ділянці у секторі 8. В вересні місяці після завершення насипних робіт. Було зроблена детальна зйомка на 19 пунктах спостережень, яка охоплювала всі сектори по всій території хвостосховища.

На рисунку 4.12 наведено карта-схеми пунктів спостережень за рівнем ексхаліяції радону-222 на території хвостосховища «Південно-Східне» у вересні 2022 р. (рис. 4.12) із визначенням значень цієї величини у мБк/м²·сек, а в таблиці 2.3 наводяться узагальнені дані по окремих точках за червень та вересень 2022 р.

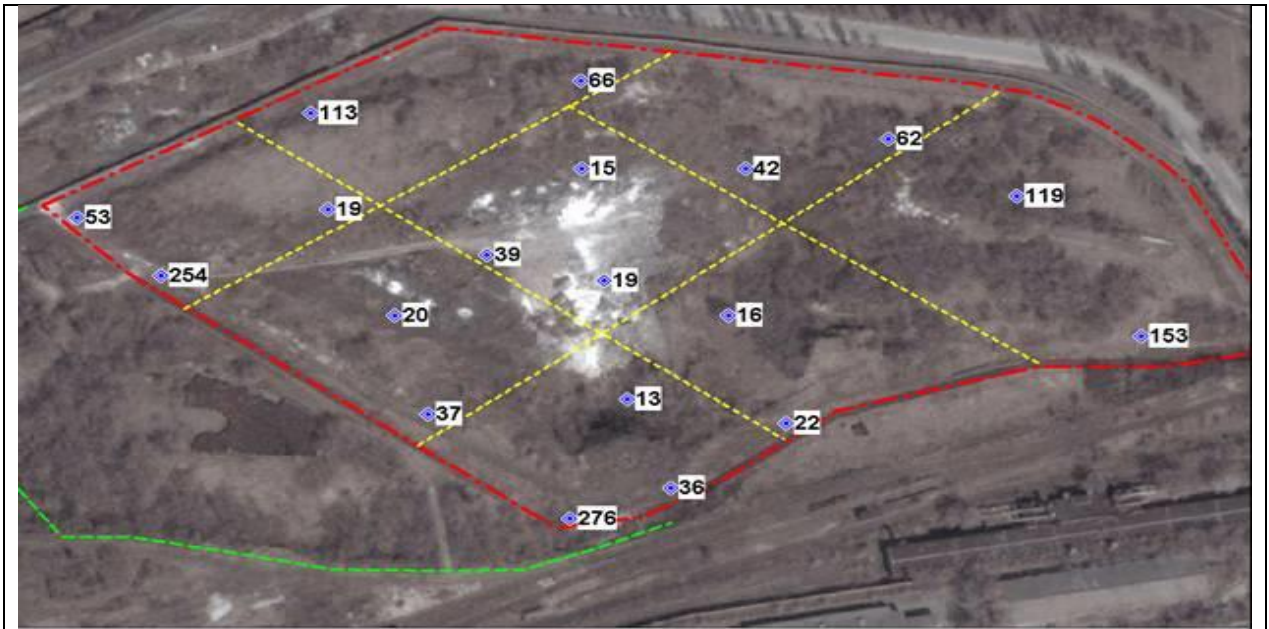


Рисунок 4.12 - Просторовий розподіл рівня ексхалатції Rn-222 (мБк м⁻²с⁻¹) з поверхні на території хвостосховища „Південно-Східного” у вересні 2022 р.

Проаналізувавши отримані дані, можна зазначити, що під час проведення робіт по завершенню покриття хвостосховища в червні місяці на його поверхні в на території секторів із західної сторони хвостосховища (С1, С3, С6), на яких рекультиваційні роботи були майже завершені, рівень ексхалатції радону відмічався на рівні в середньому 150 ± 50 мБк·м⁻²·с⁻¹ із збільшенням у секторі 6 (південній кут західної сторони) до 550 ± 100 мБк·м⁻²·с⁻¹. На не закритих ділянках хвостосховища, наприклад, у секторі 8 (південний кут східної сторони), в цей період спостерігалась ексхалатція радону-222 у 10 разів вище, ніж на рекультивованих ділянках і знаходилась на рівні $6,2 \pm 1,2$ Бк·м⁻²·с⁻¹ (табл. 4.3)

Після завершення робіт по відтворенню нового покриття на території хвостосховища, більш детальні обстеження проведені на 19 пунктах спостережень в вересні місяці показали, що на всіх ділянках рівень ексхалатції радону-222 не перевищує 300 ± 60 мБк·м⁻²·с⁻¹. В середньому же по території

хвостосховища рівень ексхаляції радону-222 із його поверхні знаходиться в межах 70 ± 40 мБк·м⁻²·с⁻¹.

Таким чином, відтворення нового покриття на території хвостосховища «Південно-Східне» задовольняє вимогам до якості покриття для запобігання ексхаляції радону-222 із поверхні хвостосховищ.

Таблиця 4.3 - Ексхаляція радону-222 з поверхні хвостосховища „Південно-Східне” у 2022 р.

№ п/п	Шифр пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, мБк·м ⁻² ·с ⁻¹	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, мБк·м ⁻² ·с ⁻¹
		Червень 2022			Вересень 2022		
1	YV_ExRnC1-1	0,26-0,34		181	0,15-0,17	130	53
2	YV_ExRnC1-2				0,15-0,20		254
3	YV_ExRnC1-3				0,12-0,16		19
4	YV_ExRnC2-1				0,10-0,12		113
5	YV_ExRnC2-2				0,16-0,20		66
6	YV_ExRnC3-1	0,25-0,30		100	0,17-0,25		20
7	YV_ExRnC3-2				0,20-0,27		37
8	YV_ExRnC4-1				0,12-0,13		15
9	YV_ExRnC4-2				0,16-0,18		39
10	YV_ExRnC4-3				0,13-0,17		19
11	YV_ExRnC5-1				0,16-0,18		42
12	YV_ExRnC5-2				0,11-0,14		62
13	YV_ExRnC6-1	0,31-0,64		541	0,14-0,17	328	13
14	YV_ExRnC6-2				0,25-0,29		276
15	YV_ExRnC6-3				0,20-0,23		36
16	YV_ExRnC7-1				0,19-0,23		16
17	YV_ExRnC7-2				0,13-0,16		22
18	YV_ExRnC8-1	3,6-4,6		6150	0,13-0,15		119
19	YV_ExRnC8-2				0,10-0,16		153

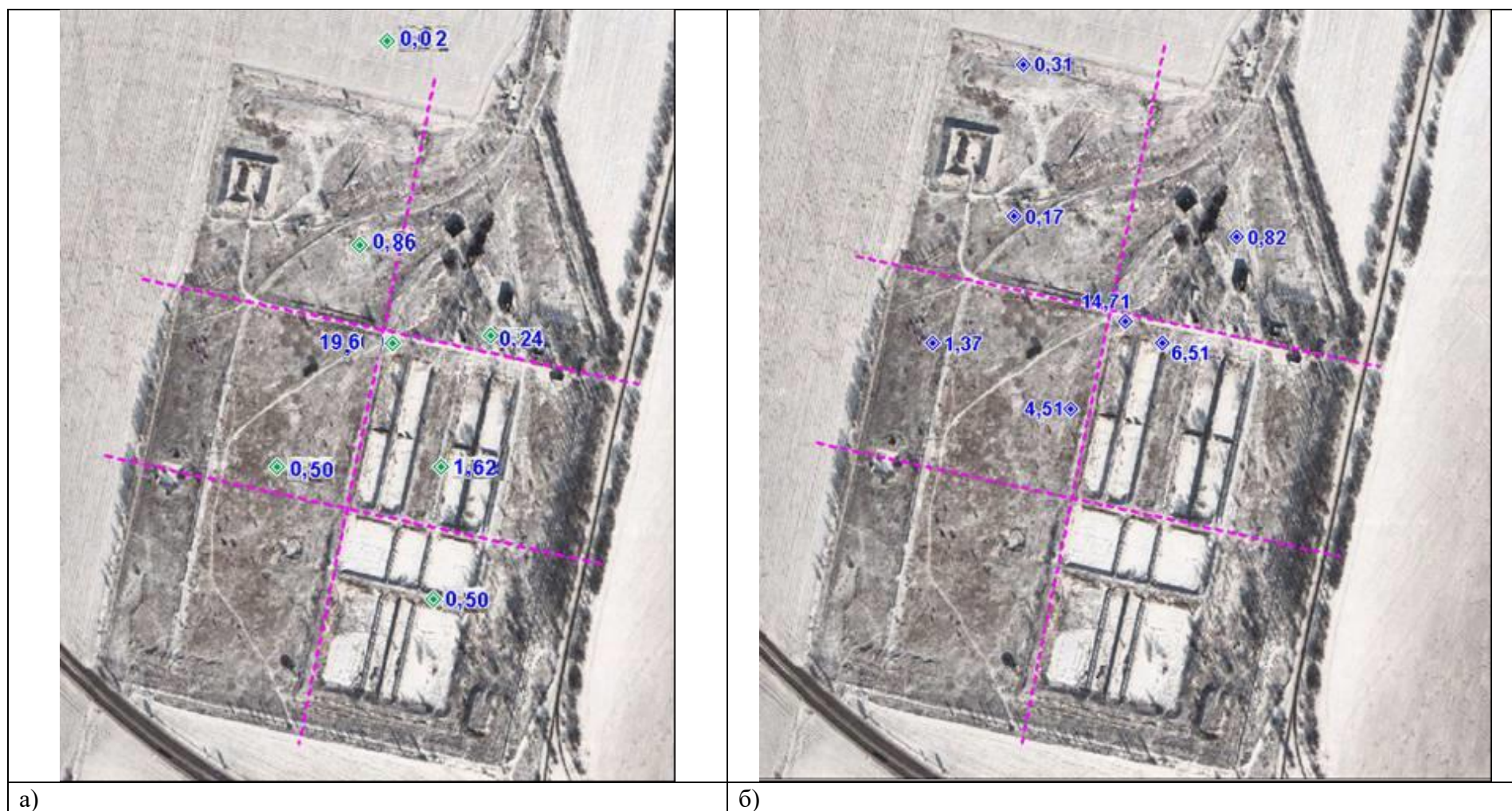
На території сховища «База С» визначення рівня ексхаляції радону-222 проведено в серпні та жовтні 2022 р.

На рисунку 2.13 наведена карта-схема пунктів спостережень за рівнем ексхаляції радону-222 на території сховища «База С» у серпні (рис. 4.13 а) та жовтні 2022 р. (рис. 4.13 б) із визначенням значень цієї величини у $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, а в таблиці 4.4 наводяться узагальнені дані по окремих точках за серпень та жовтень 2022 р.

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновки, що на обстежених ділянках на території сектору 1, 2, 5, 6 рівень ексхаляції радону в серпні і жовтні місяцях 2022 р. не перевищував рівня $0,8\pm 0,2 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Максимальні рівні ексхаляції радону зафіксовані в центральній частині хвостосховища в районі секції 4 (п.с ВС_ЕхRnC4-1) від $19,6\pm 3,9 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ у серпні до $14,7\pm 2,8 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ у жовтні, що становить в середньому $16,5\pm 3,2 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$.

Таблиця 4.4 - Ексхаляція радону-222 з поверхні сховища «База С» у 2022 р.

№ п/п	Шифр пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, Бк·м ⁻² ·с ⁻¹	Серпень 2022			Жовтень 2022		
					ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, Бк·м ⁻² ·с ⁻¹	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Екс Rn-222, Бк·м ⁻² ·с ⁻¹
1	ВС_ЕхRnC1-1	0,25÷0,35	110	0,87						
2	ВС_ЕхRnC1-2				0,40÷0,55	50	0,17			
3	ВС_ЕхRnC1-3				0,20÷0,25	78	0,31			
4	ВС_ЕхRnC2-1	0,20÷0,25	145	0,25						
5	ВС_ЕхRnC2-2				0,20÷0,25	40	0,82			
6	ВС_ЕхRnC3-1	0,65÷0,85	180	0,50						
7	ВС_ЕхRnC3-3				2,90÷3,10	58	1,37			
8	ВС_ЕхRnC3-2				2,25÷2,50	153	4,52			
9	ВС_ЕхRnC4-1	1,70÷2,10	240	19,6	1,70÷2,10	105	14,7			
10	ВС_ЕхRnC4-2	2,00÷2,50	150	1,63	2,00÷2,50	75	6,51			
11	ВС_ЕхRnC6-1	0,65÷0,85	120	0,51						
12	ВС_ЕхRnT2-2	0,20÷0,25	100	0,02						
13	ВС_ЕхRn-fon	0,20÷0,25		0,02						



а)

б)

Рисунок 4.13 - Просторовий розподіл рівня ексхалції радону-222 (Бк м⁻²с⁻¹) з поверхні на території сховища „База „С” у серпні 2022 р. (а), жовтні 2022 р. (б).

Таким чином, можна зауважити, що високий та максимальний рівні ексхаляції радону на території сховища «База С» відмічаються на центральних ділянках (секції 3, 4), по периферії сховища рівень ексхаляції не перевищує допустимого для покриття радіаційно-небезпечних об'єктів рівня $1,0 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Взявши до уваги, що сховище розташовано поряд із населеними пунктами (мкр. Таромське, с. Карнаухівка), вважаємо за доцільне провести у наступному році більш детальні дослідження по більшому числу пунктів спостережень, особливо по периметру сховища.

В серпні та жовтні місяцях проведені дослідження по визначенню рівня ексхаляції радону-222 і на території хвостосховища „Сухачівське” сек. 1.



Рисунок 4.14 - Просторовий розподіл рівня ексхаляції радону-222 ($\text{мБк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) з поверхні на території хвостосховища „Сухачівське” у серпні 2022 р.

При дослідженнях проведених у серпні місяці пункти спостережень розташовувались вздовж дороги, що проходить по периметру першої секції хвостосховища „Сухачівське”. Отримані дані ексхаляції радону-222 з поверхні ґрунту ($\text{мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$) у серпні 2022 р. наведено на рисунку 4.14 та в таблиці 4.5. Вони свідчать про те, що по периферії хвостосховища рівень ексхаляції радону-222 знаходиться на фоновому рівні і не перевищує $20 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Фонові значення визначались в цей же час на ділянці, розташованій за 10 км від сховища «База С» та хвостосховища «Сухачівське». Було встановлено, що ексхаляція радону-222 з поверхні ґрунту на цієї ділянці складала $20 \text{ мБк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$.

В жовтні місяці було вирішено розширити кількість пунктів спостережень. Для того, щоб дослідити рівень ексхаляції радону-222 на різній відстані від границі тіла хвостосховища, пункти спостережень розташовували у 2 ряди в 50 м та 100–150 м від краю тіла хвостосховища.



Рисунок 4.15 - Просторовий розподіл рівня ексхаляції радону-222 ($\text{мБк м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$) з поверхні на території хвостосховища „Сухачівське” у жовтні 2022 р.

Отримані результати виявили, що рівень ексхаляції радону-222 з поверхні на відстані до 50 м від границі хвостосховища вище у 10-20 разів, ніж на відстані більше 100-150 м. На відстані до 50 м від границі хвостосховища ексхаляція радону-222 визначається на рівні $0,47 \pm 0,09$ Бк·м⁻²с⁻¹ (п.с. S_ExRnC1.1-3п) у першому секторі, $0,87 \pm 0,17$ Бк·м⁻²с⁻¹ (п.с. S_ExRnC1.2-4п) у другому секторі, значно збільшуючись у третьому секторі до $3,3 \pm 0,6$ Бк·м⁻²с⁻¹ (п.с. S_ExRnC1.3-3п) (табл. 4.5).

На відстані більше 100–150 м від границі хвостосховища ексхаляція радону-222 визначається в межах від $0,03 \pm 0,01$ Бк·м⁻²с⁻¹ до $0,16 \pm 0,04$ Бк·м⁻²с⁻¹, збільшуючись у напрямку від верхів'я балки до греблі, яка розділяє першу та другу секції хвостосховища.

Найбільші рівні ексхаляції радону-222 зафіксовані у третьому секторі першої секції хвостосховища „Сухачівське” на відстані 50 м від вологої границі хвостосховища на ділянках висушених пляжів. Тут рівень ексхаляції радону-222 перевищує у 1,2-3,2 рази встановленого нормативу безпеки $1,0$ Бк·м⁻²с⁻¹.

Таким чином, за результатами обробки даних моніторингу було встановлено, що на території Дніпродзержинського проммайданчика на більшості пунктів спостережень на території хвостосховища “Західне” (північна частина), а також на поверхні рекультивованої частині хвостосховища “Південно-Східне” ексхаляція радону спостерігалася в діапазоні показників потоку радону-222 $0,08-0,16$ Бк м⁻²с⁻¹, що є свідченням ефективності покриття за критерієм щільності ґрунту (принаймні на 2022 р.). Натомість на ділянках, де покриття було зруйновано або на ділянках, де спостерігалися прояви зсувів ґрунту і стиків бетонного покриття (хвостосховище “Західне” і “Центральний Яр”) ексхаляція радону спостерігалася на рівні до 3-5 Бк·м⁻²с⁻¹, що в 3-5 разів вище нормативу безпеки, що встановлені за СП-ЛКП-91, а також основними міжнародними нормативами (1 Бк·м⁻²с⁻¹).

Таблиця 4.5 - Ексхаляція радону-222 з поверхні хвостосховища „Сухачівське” секція 1 у 2022 р.

№ п/п	Шифр пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ³	Екс Rn-222, мБк·м ⁻² с ⁻¹	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222, Бк·м ³	Екс Rn-222, мБк·м ⁻² с ⁻¹
		Серпень 2022			Жовтень 2022		
	Сектор 1.1						
1	S_ExRnC1.1-5п				0,11-0,16	50	30***
2	S_ExRnC1.1-2п				0,10-0,15	48	49***
3	S_ExRnC1.1-4п				0,17-0,29	28	88**
4	S_ExRnC1.1-1п				0,10-0,22	75	130**
5	S_ExRnC1.1-3п				0,10-0,24	75	472*
6	S_ExRnC1.1-3л				0,13-0,25	155	127*
7	S_ExRnC1.1-1л				0,10-0,13	50	167**
8	S_ExRnC1.1-2л				0,14-0,22	60	145**
	Сектор 1.2						
9	S_ExRnC1.2-1п	0,20-0,25		20***			
10	S_ExRnC1.2-2п				0,17-0,23	43	211**
11	S_ExRnC1.2-3п				0,10-0,17	83	50**
12	S_ExRnC1.2-1п				0,20-0,22	35	38*
13	S_ExRnC1.2-4п				2,80-2,82	165	874*
14	S_ExRnC1.2-1л				0,20-0,23	93	75**
15	S_ExRnC1.2-1л	0,20-0,22		10***			
	Сектор 1.3						
16	S_ExRnC1.3-1п	0,20-0,23		15***			
17	S_ExRnC1.3-1п				0,17-0,28	80	136**
18	S_ExRnC1.3-2п				0,11-0,33	58	153**
19	S_ExRnC1.3-4п				0,17-0,21	45	165**
20	S_ExRnC1.3-3п				0,10-0,33	78	3256*
21	S_ExRnC1.3-5п				1,80-2,50	135	1118*
22	S_ExRnC1.3-6л				1,68-2,23	193	1069*
23	S_ExRnC1.3-4л				1,60-1,65	83	1546*
24	S_ExRnC1.3-1л				1,95-2,37	63	1752*
25	S_ExRnC1.3-8л				0,17-0,22	45	193**
26	S_ExRnC1.3-7л				0,13-0,25	195	168**
26	S_ExRnC1.3-2л	0,20-0,25		20***			
28	S_ExRnC1.3-1л	0,20-0,23		6***			
Примітки: * - пункт спостережень розташовано на відстані 50 м від краю хвостосховища, ** - на відстані 100 м, *** - вздовж дороги навколо хвостосховища							

Високі рівні ексхаляції радону спостерігаються також по периметру території хвостосховища “Західне”, на схилах та підніжжі північної дамби на території лісової смуги на південній околиці хвостосховища.

Найгірший рівень покриття за даними просторового аналізу ексхаляції радону залишається на поверхні хвостосховища “Центральний Яр”, де на більше ніж 70% площі його поверхні норматив безпеки за показником ексхаляції радону ($1 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) перевищено. На окремих ділянках, де покриття зруйноване кореневою системою і ріючими тваринами рівень ексхаляції радону становить 11-16 $\text{Бк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Такі показники свідчать, що хвостосховище “Центральний Яр” має розглядатися у якості пріоритету для планування заходів відновлення покриття його поверхні, а також необхідності видалення дерев з його поверхні, коренева система яких і надалі буде сприяти руйнуванню захисного покриття.

На території Сухачівського проммайданчика високі рівні ексхаляції радону-222, що перевищують рівень $1 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, зосереджені на території третього сектору першої секції хвостосховища „Сухачівське” в межах смуги вздовж вологої границі хвостосховища шириною 30-50 м. Тут рівень ексхаляції дорівнює 1,7-3,2 $\text{Бк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Максимальні значення ексхаляції радону-222 виявлені на території секторів 3,4 сховища „База „С”, де рівень ексхаляції дорівнює 1,5-4,5 $\text{Бк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ із максимум $16,5 \pm 3,2 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ у центральній частині на стику секцій 1,2,3,4.

Для з'ясування зв'язків між рівнем ексхаляції радону з поверхні ґрунту вмістом радону-222 у ґрунті та повітрі були проведені додаткові дослідження із застосуванням методів рідинно-сцинтиляційного лічення і використанні рідинно-сцинтиляційного радіометра Triathler. Серія досліджень мала за мету, крім того, показати переваги і широкі можливості застосування даного приладу у практичній роботі лабораторії ДП „Бар'єр”, що дає змогу для обґрунтування доцільності оснащення даним приладом аналітичної лабораторії підприємства.

Методики досліджень по визначенню ОА радону в ґрунті, повітрі із застосуванням методу рідинно-сцинтиляційного (РС) лічення. Застосування портативного приладу РС радіометру Triathler та методів РС лічення дають змогу для одночасного визначення об'ємної активності радону-222 у ґрунті, повітрі, рівня ексхаляції на протязі одного робочого дня на 8-10 пунктах спостережень. Це в свою чергу дає змогу отримати однорідний ряд даних, отриманих при однакових метеорологічних умовах, які суттєво впливають на рівень ексхаляції радону-222 із поверхні та ОА радону-222 в повітрі.

В серпні місяці були проведенні дослідження по одночасному визначенню ОА радону-222 в ґрунті, повітрі із застосуванням методів РС лічення, та визначенню ексхаляції радону-222 із поверхні, із застосуванням вугільних накопичувальних камер та засобів бета-спектрометрії. Дослідження проводились на території хвостосховища „Центральний Яр” в межах Дніпродзержинського проммайданчика та території сховища «База С» в межах Сухачівського проммайданчика, а також на території мкр. Таромське, як території потенційного впливу сховища «База «С», а також на фоновій ділянці, яка розташована на відстані 5 км від Сухачівського проммайданчику.

В жовтні місяці за такою же програмою були зроблені дослідження на території першої секції хвостосховища «Сухачівське», всі дослідження були проведені із застосуванням методів РС лічення (РСЛ).

Проведені дослідження показали перспективність застосування методу РСЛ при проведенні визначення ОА радону в повітрі ґрунту, що досягається за рахунок: короткого часу перебування на об'єкті (відбір проб), відсутністю обмеження впливу попередньої проби на наступну, прогресивно-технологічний відбір проб завдяки застосуванню тонкого пробника-трубки та гострих наконечників. Обидва запропоновані методи вимірювань проб радону в ґрунті на основі техніки РСЛ є технологічними і досить чутливими для розв'язання задачі. Чутливість методів визначення радону в повітрі ґрунту відрізняється майже на порядок. Вартість застосування методів відрізняється

незначною мірою – виграш за рахунок скорочення часу вимірювань одного компенсується потребою використання витратних матеріалів – рідкого сцинтилятора.

За отриманими даними рівень ОА радону-222 в ґрунті на території мкр. Таромське в середньому становить $9,0 \pm 1,5$ кБк·м⁻³. На ділянці, що розташована за 5 км від хвостосховища «Сухачівське» та сховища «База С» на відстані 5 км по шосе в напрямку до м. Кам'янське, ОА радону-222 в ґрунті визначався на рівні $11,0 \pm 2,0$ кБк·м⁻³.

Таблиця 4.6 - Об'ємна активність радону-222 в ґрунті, рівень ексхаляції радону-222 з поверхні ґрунту та об'ємна активність радону-222 в повітрі на території хвостосховища „Центральний Яр” та сховища «База С» у серпні 2022 р.

№ п/п	Шифр пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	ОА Rn-222 в ґрунті, кБк·м ⁻³	Екс Rn-222, Бк·м ⁻² с ⁻¹	ОА Rn-222 в повітрі, Бк·м ⁻³
Хвостосховище „Центральний Яр”					
1	CY_OARnsC3-1	27,2-28,3	354±70	11,3±2,2	121±25
2	CY_OARnsC4-1	1,27-1,30	744±150	7,40±1,5	113±25
3	CY_OARnsC5-1	2,00-2,30	243±50	4,40±0,9	11,0±2
4	CY_OARnsC7-1	0,35-0,40	292±60	0,60±0,12	15,9±3
5	CY_OARnsC8-1	0,35-0,40	445±90	0,40±0,08	21,4±4
Сховище «База С»					
1	BC_OARnsC1-1	0,25-0,35	20,7±8,1	0,87±0,17	110±22
2	BC_OARnsC2-1	0,20-0,25	24,7±5,0	0,25±0,05	145±30
3	BC_OARnsC3-1	0,65-0,85	12,5±2,5	0,50±0,10	180±35
4	BC_OARnsC4-1	1,70-2,10	505±50	19,6±3,8	240±50
5	BC_OARnsC4-2	2,00-2,50	40,0±8,0	1,63±0,32	150±30
6	BC_OARnsC6-1	0,65-0,85	18,1±3,6	0,51±0,10	120±25
7	BC_OARnsT2-2	0,20-0,25	20,7±4,2	0,02±0,01	100±20
8	BC_OARns-fon	0,20-0,25	11,3±2,2	0,02±0,01	20±5

На території сховища «База С» на досліджених ділянках сектору 3, 5, 6 рівень ОА радону-222 в ґрунті в середньому складає $15,0 \pm 3,5$ кБк·м⁻³, на ділянках секторів 1, 2 – $30,0 \pm 1,0$ кБк·м⁻³. Високий вміст визначається в

центральної частині сховища, де ОА радону-222 в ґрунті може бути на рівні від 200 ± 40 кБк·м⁻³ (пс ВС_OARnsC2-2) до 510 ± 50 кБк·м⁻³

Найбільш високі рівні ОА радону-222 в ґрунті відмічаються на території хвостосховища «Центральний Яр»: від 250 ± 40 кБк·м⁻³ до 750 ± 80 кБк·м⁻³ (табл. 4.6)

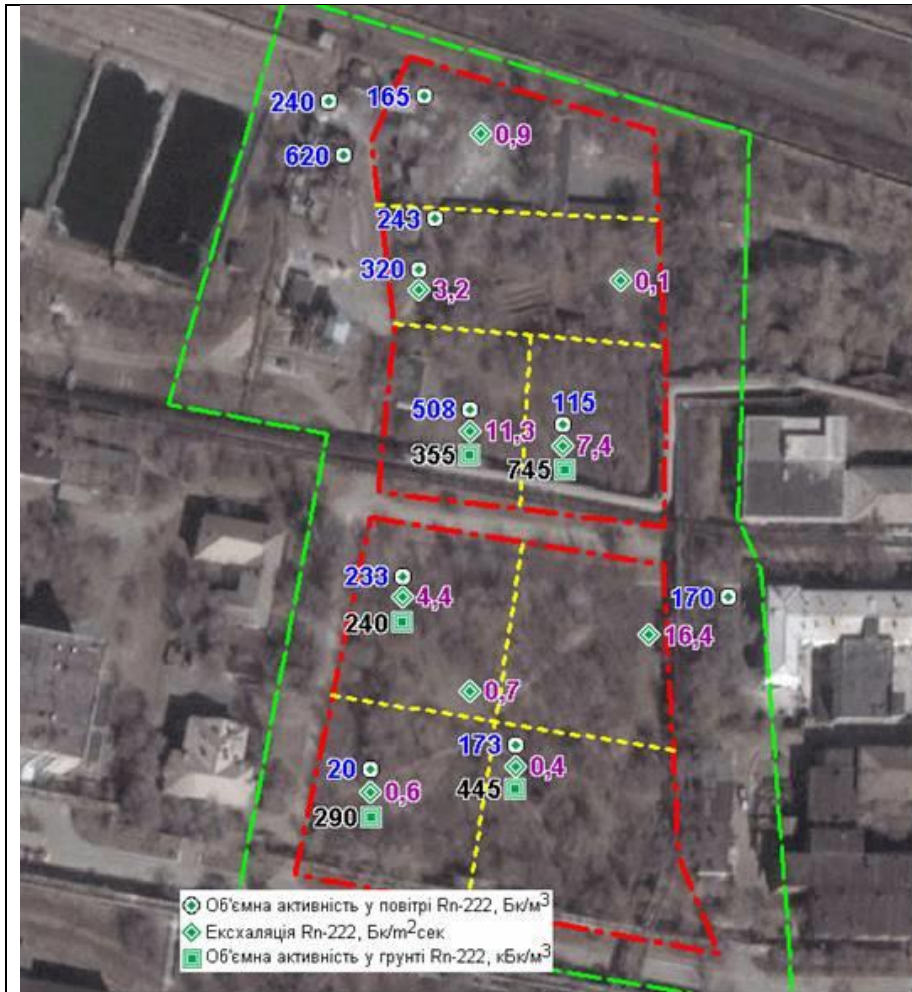
Узагальнені дані по визначенню ОА радону-222 в ґрунті, рівню ексхалюції радону-222 з поверхні ґрунту та рівню ОА радону-222 в повітрі на досліджуваних територіях наведено у таблиці 4.7 та представлені на рисунку 4.16 (рис. 4.16 а – на території хвостосховища «Центральний Яр», рис. 4.16 б – на території сховища «База С»).

На рисунку 4.17 представлені результати обрахунку ексхалюції радону з поверхні ґрунту та активності радону в повітрі/ґрунту на різних територіях: хвостосховищі «Центральний Яр» (рис. 4.17 а) та сховищі «База С» (рис. 4.17 б). Шкала відображення логарифмічна, що дає можливість характеризувати результати за певними класами:

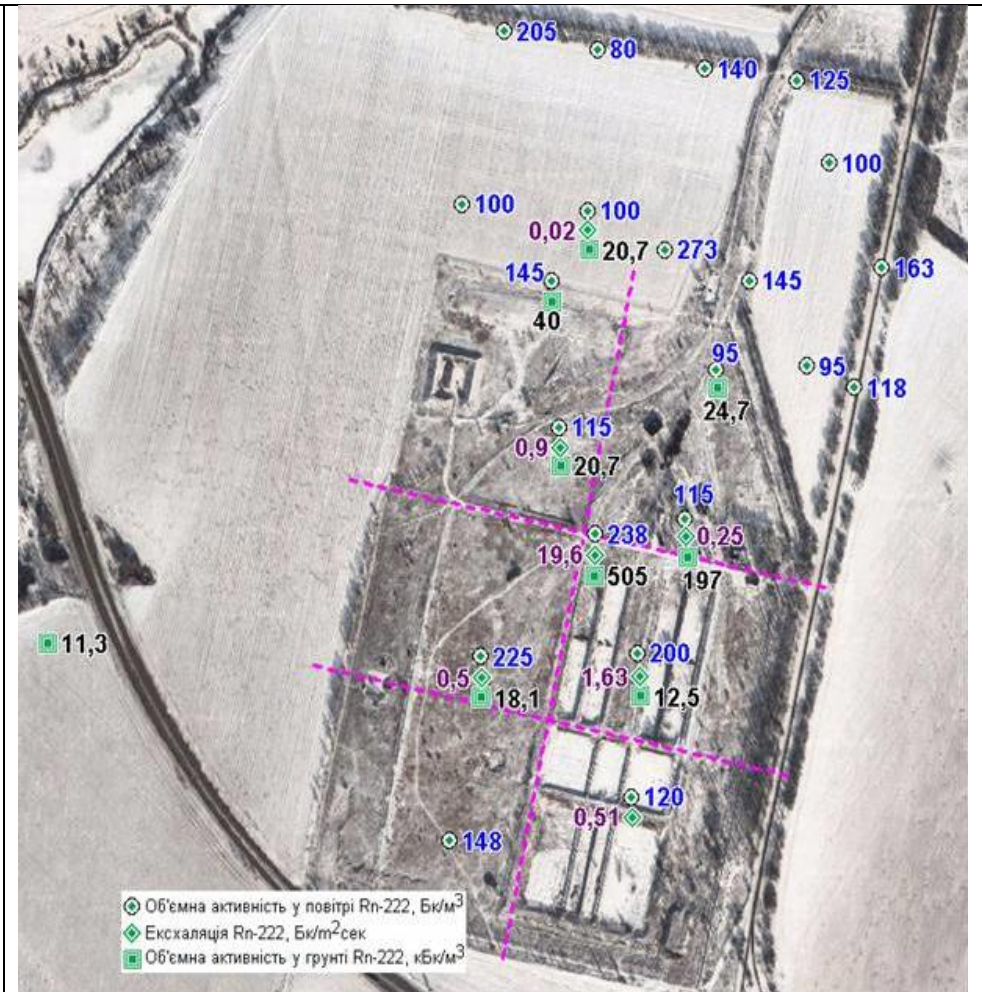
1. Низька ексхалюція (від 0,1 до 1,0 Бк·м⁻² с⁻¹) при активності радону в ґрунті до 10 Бк·м⁻³ – ситуація при якій рівень ексхалюції радону-222 відповідає вимогам якісного покриття тіла хвостосховища, а вміст радону в ґрунті знаходиться на фоновому рівні.

2. Помірний рівень ексхалюції (вище 1,0 Бк·м⁻² с⁻¹) при активності радону в ґрунті від 10 Бк·м⁻³ до 100 Бк·м⁻³ – найбільш представницька вибірка для умов, що характерні для території сховища «База С».

3. Високий рівень ексхалюції при активності радону в ґрунті вище 100 Бк·м⁻³ – група точок, що характеризує умови на території хвостосховища «Центральний Яр».



а)



б)

Рисунок 4.16 - Просторовий розподіл рівня ОА радону-222 у ґрунті ($\text{кБк}\cdot\text{м}^{-3}$), його ексхалції ($\text{Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$) з поверхні та ОА в повітрі ($\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$) на території хвостосховища „Центральний Яр” (а) та сховища „База «С»” (б) у серпні 2022 р.

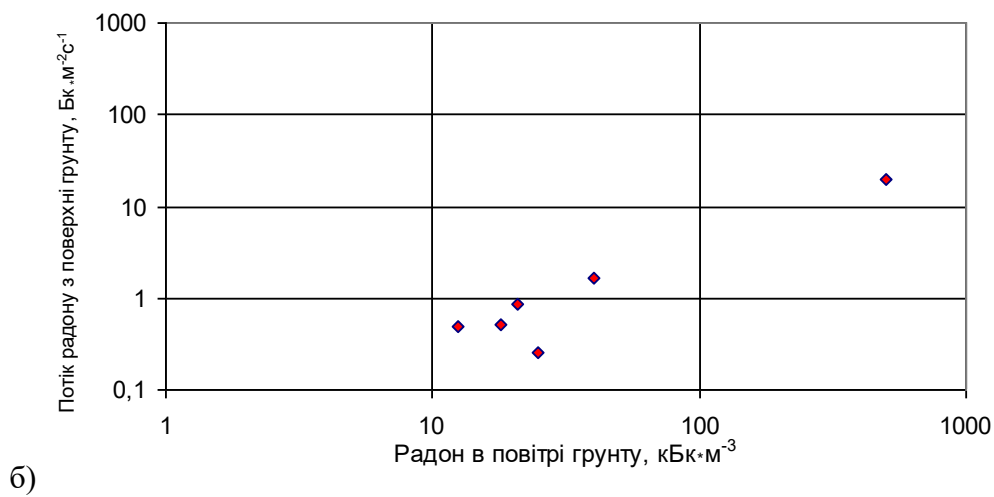


Рисунок 4.17 - Ексхалюція радону з поверхні ґрунту та його активність в повітрі ґрунту на території хвостосховища «Центральний Яр» (а), сховища «База С» (б), у серпні 2022 р.

Таблиця 4.7 - Об'ємна активність радону-222 в ґрунті, рівень ексхаляції радону-222 з поверхні ґрунту та об'ємна активність радону-222 в повітрі на території хвостосховища „Сухачівське” у жовтні 2022 р.

№ п/п	Шифр пункту спостережень	ОА Rn-222 в ґрунті, кБк·м ⁻³	Ексхаляція Rn-222, Бк·м ⁻² с ⁻¹	ОА Rn-222 в повітрі, Бк·м ⁻³
1	S_OARnsC1.3-1R	14,0 ± 3,0	0,20 ± 0,05	21 ± 6
2	S_OARnsC1.1-4R	7,0 ± 1,5	1,60 ± 0,32	4,7 ± 1,0
3	S_OARnsC1.2-1R	32,0 ± 7,0	3,1 ± 0,6	8,5 ± 1,7
4	S_OARnsC1.2-4R	8,2 ± 1,6	3,3 ± 0,6	10,0 ± 2,0
5	S_OARnsC1.1-3R	1300 ± 100	4,1 ± 0,8	12,0 ± 2,5
6	S_OARnsC1.1-2R	12,0 ± 2,5	34,0 ± 7,0	14,0 ± 2,8
7	S_OARnsC1.1-5R	70,0 ± 14,0	71,0 ± 14,0	4,7 ± 0,9
8	S_OARnsC1.2-2R	12,0 ± 2,5	4,4 ± 7,0	13,0 ± 2,6
9	S_OARnsC1.2-5R	8,3 ± 1,6	2,6 ± 0,6	4,0 ± 0,8
10	S_OARnsC1.2-6R	143 ± 28	67,0 ± 13,0	14,0 ± 2,8
11	S_OARnsC1.2-1L	24,0 ± 5,0	1,8 ± 0,3	
12	S_OARnsC1.3-2L	12,0 ± 2,5	2,0 ± 0,4	
13	S_OARnsC1.3-1L	8,2 ± 1,6	2,5 ± 0,5	
14	S_OARnsC1.1-1R	9,1 ± 1,8	3,0 ± 0,6	4,0 ± 1,0
15	S_OARnsC1.2-3R	7,2 ± 1,4	3,7 ± 0,7	3,2 ± 0,7
16	Фон		1,5 ± 0,3	

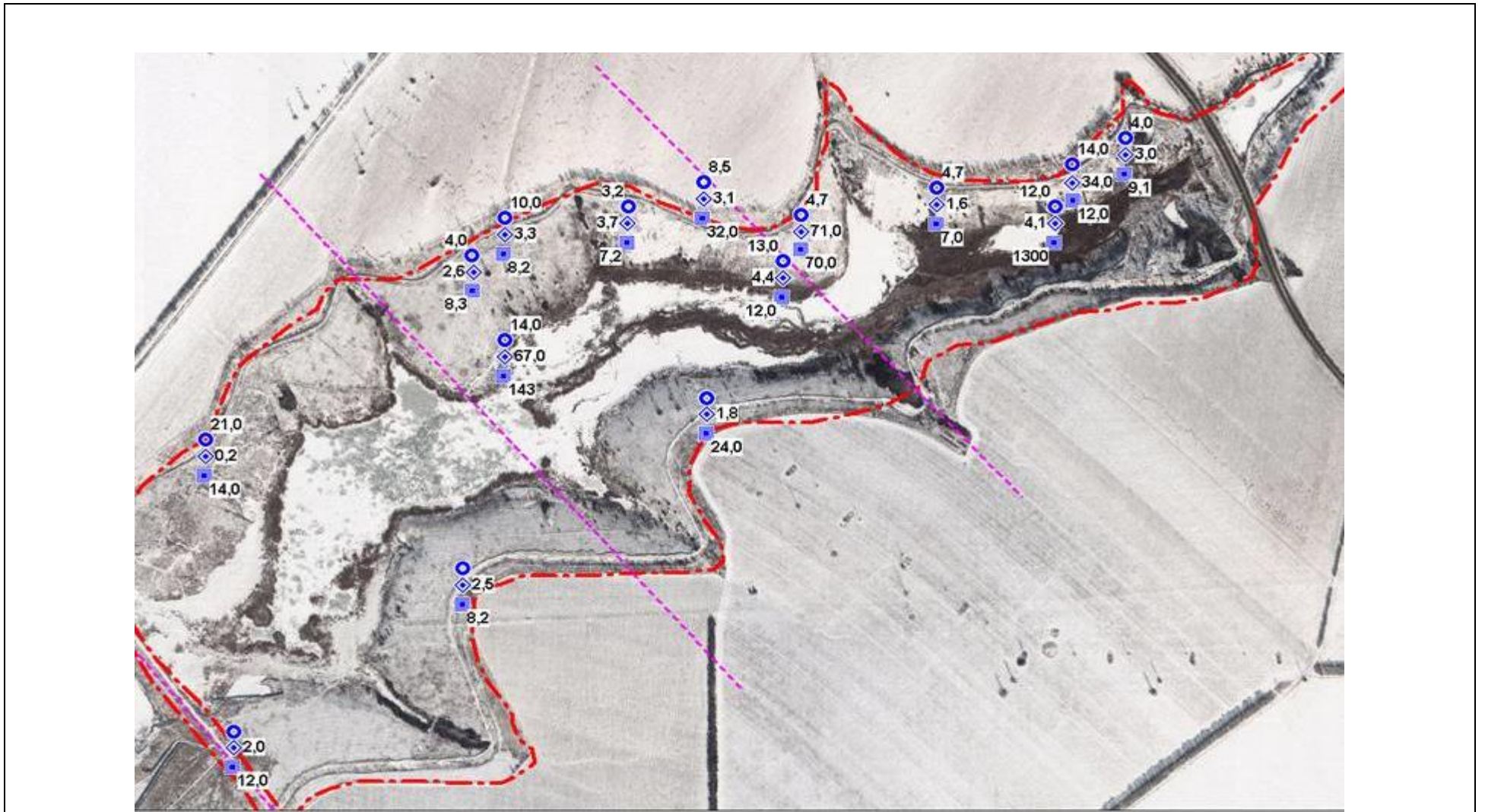


Рисунок 4.18 - Просторовий розподіл рівня ОА радону-222 у ґрунті ($\text{кБк}\cdot\text{м}^{-3}$), його ексхаляції ($\text{Бк}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$) з поверхні та ОА в повітрі ($\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$) на території хвостосховища „Сухачівське” у жовтні 2022 р.

Для порівняння отриманих результатів на території різних хвостосховищ на рисунку 4.19 представлені результати ексхаляції радону з поверхні ґрунту та активності радону в повітрі ґрунту на території хвостосховища «Центральний Яр», «База С» у серпні місяці 2022 р (рис. 4.19 а), а також хвостосховищі «Сухачівське» секція 1 у жовтні 2022 р. (рис. 4.19 б).

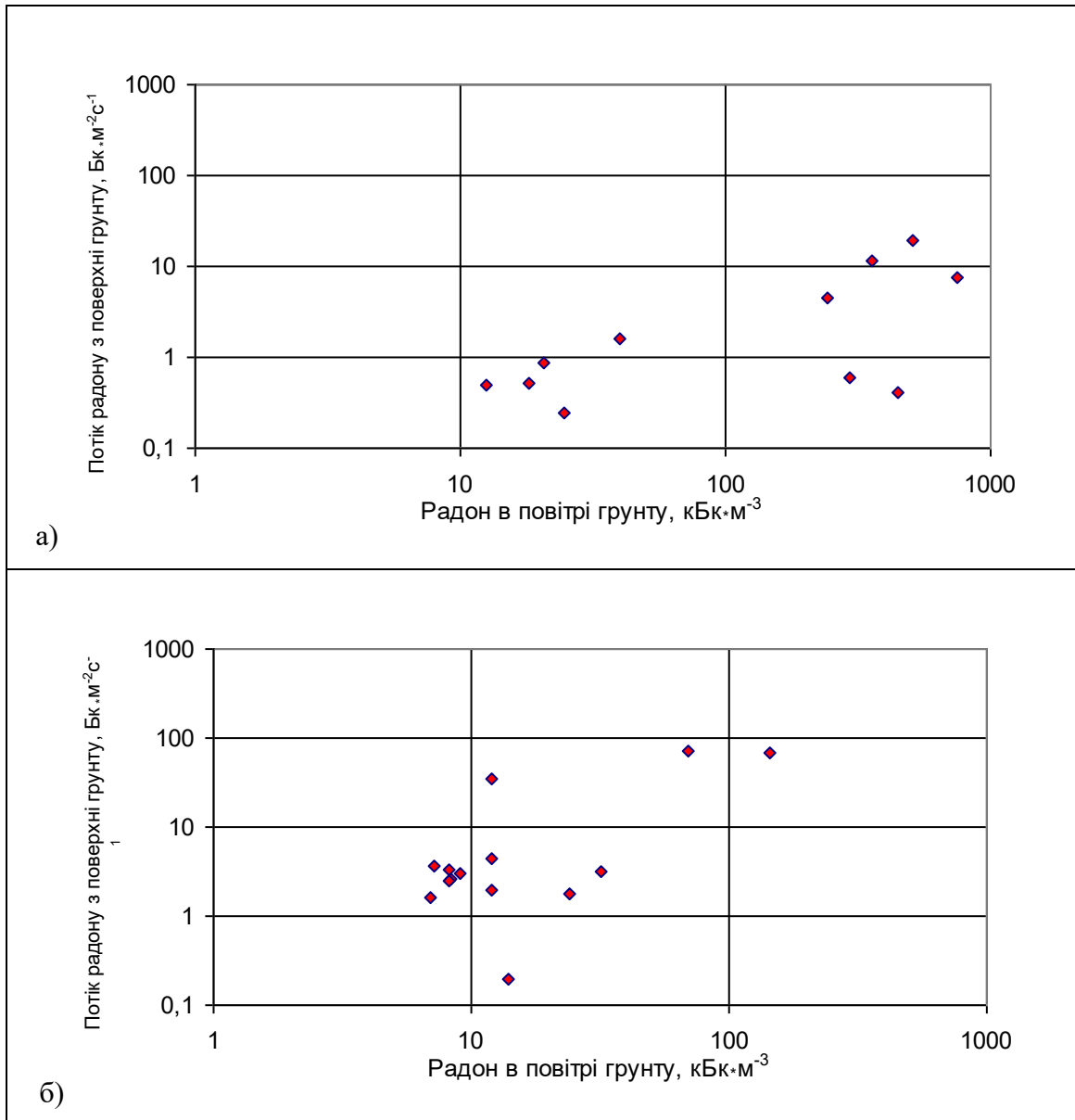


Рисунок 4.19 - Сумісне відображення потоку радону з поверхні ґрунту та активності радону в повітрі ґрунту для точок дослідження на території хвостосховища «Центральний Яр», сховища «База С» у серпні 2022 р . (а), хвостосховища «Сухачівське» секція 1 у жовтні 2022 р.

У відповідності до регламентів радіаційного моніторингу на території радіаційно-небезпечних об'єктів, в приміщеннях виробничих будівель один раз на квартал проводяться спостереження за рівнем об'ємної активності радону-222 в повітрі.

В межах Кам'янського промайданчика спостереження проводяться на території хвостосховищ: „Західне”, „Центральний Яр”, „Південно-Східне”, в приміщеннях будівель колишнього виробничого процесу 103, 104, 122, в приміщеннях лабораторного корпусу, що розташовано в південній частині території колишнього ВО „ПХЗ”, – будівлі 827, приміщеннях адміністративного корпусу.

В межах Сухачівського промайданчику спостереження проводяться на території хвостосховища „Сухачівське” секція 1, сховища «База С».

Крім того, для оцінки дози, яку може отримувати населення за рахунок радону-222 та продуктів його розпаду в житлових умовах, спостереження проводились в приміщеннях домів на території мкр. Таромське на вулицях, що найближче всього розташовані до сховища «База С», а також в домах в м. Кам'янське. Спостереження проводились у безопалювальний (серпень) та опалювальний (листопад-грудень) періоди.

Для визначення рівня ОА радону-222 в повітрі використовували метод пасивної радонометрії із використанням трекових детекторів із місячної експозицією. Детектори розміщались на території хвостосховищ таким чином, щоб можна було охарактеризувати середній рівень ОА радону-222, охоплюючи місця більш імовірного перебування людей. Крім того, проводились паралельні визначення рівнів ОА радону-222 в повітрі із використанням вугільних накопичувальних камер із тривалістю експозиції від 1 до 5 діб. Вміст радону-222 визначався при застосуванні радонометру „Камера”. В таблицях результатів визначення радону-222 із використанням вугільних накопичувальних камер позначено як „СОА радону-222”.

Далі на рисунках та в таблицях приводяться результати визначення ОА радону-222 в повітрі на визначених вище об'єктах.

Результати спостережень на території Кам'янського проммайданчику.

Спостереження на території всіх хвостосховищ проводились в червні, серпні та листопаді місяцях.

На рисунку 4.20 наводяться дані ОА радону-222 в повітрі на території хвостосховища „Західне” у листопаді місяці. В цьому місяці було вирішено збільшити кількість пунктів спостережень таким чином, щоб можна було охарактеризувати ОА радону-222 в повітрі по всіх секторах як на території хвостосховища, так і на прилеглих територіях. Отримані дані можуть бути використані на етапі моделювання процесів перенесення радону-222 в залежності від метеорологічних умов.

Аналіз отриманих результатів у листопаді місяці свідчить, що в секторах на території південної частини хвостосховища (С4, С5), території, що примикає до хвостосховища із півдня (Т4), південній частині східної дамби (Д3) в середньому ОА радону-222 в повітрі знаходиться на рівні 60 ± 15 Бк·м⁻³ із мінімумом у секторі 4 – 25 Бк·м⁻³. Максимальне значення в південній частині зафіксовано на території сектору 6, поверхня якого заасфальтована.

На рекультивованій території північної частини хвостосховища в середньому ОА радону-222 в повітрі знаходиться на рівні 80 ± 20 Бк·м⁻³ із максимумом у секторі 1 – 145 Бк·м⁻³, східному куті північної дамби (Д2) – 155 Бк·м⁻³.

Максимальні значення зафіксовані на прилеглий до хвостосховища території північної сторони, внизу північної дамби. Тут рівень ОА радону-222 в повітрі знаходиться в середньому на рівні 200 ± 30 Бк·м⁻³ із максимумом на східному куті – 230 Бк·м⁻³.



Рисунок 4.20 - Об'ємна активність радону-222 ($\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$) в повітрі на території хвостосховища «Західне» у листопаді 2022 р.

Узагальнені дані за різні місяці спостережень (червні, серпні, листопаді 2009 р.) наводяться у таблиці 4.8. В цілому, у більшості випадків, коливання рівня ОА радону-222 у різні місяці підпорядковуються нормальному закону статистичного розподілення, за винятком пунктів спостережень розташованих у секторі 2 (центральному секторі рекультивованої території північної частини хвостосховища) та секторі Т4 (прилеглий с півдня території до хвостосховища – лісосмуга). На цих ділянках зареєстровані значні коливання рівня ОА радону із відносною похибкою середнього значення вище 60%, що може свідчити про наявність деяких чинників, що впливають на підвищення рівня ОА радону-222 в повітрі.

Так, в секторі 2 в червні місяці методом трекової пасивної радонометрії із місячним осередненням зафіксовано ОА радону-222 на рівні $750 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, при середньому рівні за останні місяці спостережень на рівні $70 \pm 10 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$. Тобто, можливі такі випадки, при яких рівень ОА радону-222 може збільшуватися

маже на порядок (у десять разів). Такі коливання зафіксовані на відкритій місцевості, яка характерна для сектору 2.

Під пологом дерев на території лісосмуги (сектор Т4) коливання ОА радону-222 в повітрі можуть змінюватися у 2-4 рази і мають сезонні відмінності: із максимумом у серпні місяці $150 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, і мінімумі у листопаді місяці - $40 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$. В червні місяці ОА радону-222 зафіксована на рівні $90 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

На заасфальтованій території сектору 6 (південної частини хвостосховища) в середньому рівень ОА радону-222 зафіксовано у межах $71\pm 15 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, тобто на рівні що визначається на рекультивованій ділянці північної частини хвостосховища $70\pm 10 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ (табл. 4.8).

У майже 3 рази вище середній рівень ОА радону-222 в повітрі відмічається на прилеглий із півночі до хвостосховища території (сектор Т2), що знаходиться у пониженій частині рельєфу даної території. Тут середній рівень ОА радону-222 визначається в межах $200\pm 40 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ (табл. 4.8).

В приміщеннях будівлі № 6 у підвалі кімнати електриків рівень ОА радону-222 залишається на дуже значному рівні в середньому $20,2\pm 5,1 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-3}$ (із відносною похибкою 25%). В кімнаті електриків рівень ОА радону-222 середньому складає $12,1\pm 2,5 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-3}$ (із відносною похибкою 25 %).

Порівняння даних рівня ОА радону-222 в повітрі отриманих при застосуванні різних методів та приладів для визначення радону-222 із різною експозицією, свідчить про те, що між цими величинами існує високий рівень кореляції. Коефіцієнт кореляції на 95% рівні довірчої ймовірності складає 0,98 у серпні і 0,78 – у листопаді місяцях. В червні місяці кореляція результатів відсутня. Що може бути пояснена високою мінливістю рівня радону-222 в повітрі у різні проміжки часу (5 діб при визначенні із застосуванням вугільних накопичувачів та 30 діб при використанні трекових детекторів).

Таблиця 4.8 - Результати визначення ОА радону-222 в повітрі та рівня ППД гамма-випромінювання на території хвостосховища “Західне”

№ п/п	№ пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Примітки
		Червень 2022			Серпень 2022			Листопад 2022			
1	Z_RntT2-1	0,45-0,51	130	193	0,37-0,43	204	240	0,33-0,37	207	170	в районі свердловини 3 ЗП
2	Z_RntC2-2	0,14-0,20	100	750	0,12-0,21	67	75	0,10-0,13	186	63	на території рекультивованої частини х-ща
3	Z_RntC6-1	0,44-0,50	80	63	0,41-0,61	99	90	0,50-0,70	120	60	на заасфальтованій частині, під деревом
4	Z_RntT4.1	0,18-0,23	185	88	0,17-0,23	149	148	0,15-0,22	146	40	в районі свердловини 1 ЗП
5	B6_Rnt0.1-1	-	30752	20575	1,17-1,40	23265	25050			14963	Буд 6, майстерня електриків, підвал
6	B6_Rnt1.1-1	0,15-0,23	4660	9395	0,10-0,14	4375	14355			12630	Буд 6, майстерня електриків

На рисунку 4.21 наводяться дані ОА радону-222 в повітрі на території хвостосховища „Центральний Яр” у червні, серпні та листопаді місяцях. В листопаді місяці було також збільшена кількість пунктів спостережень, щоб можна було охарактеризувати ОА радону-222 в повітрі по всіх секторах як на території хвостосховища, так і на прилеглих територіях. Отримані дані можуть бути використані на етапі моделювання процесів перенесення радону-222 в залежності від метеорологічних умов та оцінки розповсюдження за межами території хвостосховища.

Порівняння отриманих результатів у різні місяці свідчить, що для більшості секторів як на території північної частини хвостосховища (два пункти спостережень у секторі С2), так південної частини хвостосховища (сектори С5, С8) спостерігається тенденція поступового зменшення рівня ОА радону-222 в повітрі із максимумом у червні і мінімумом у листопаді місяці (рис. 4.21, табл. 4.9)

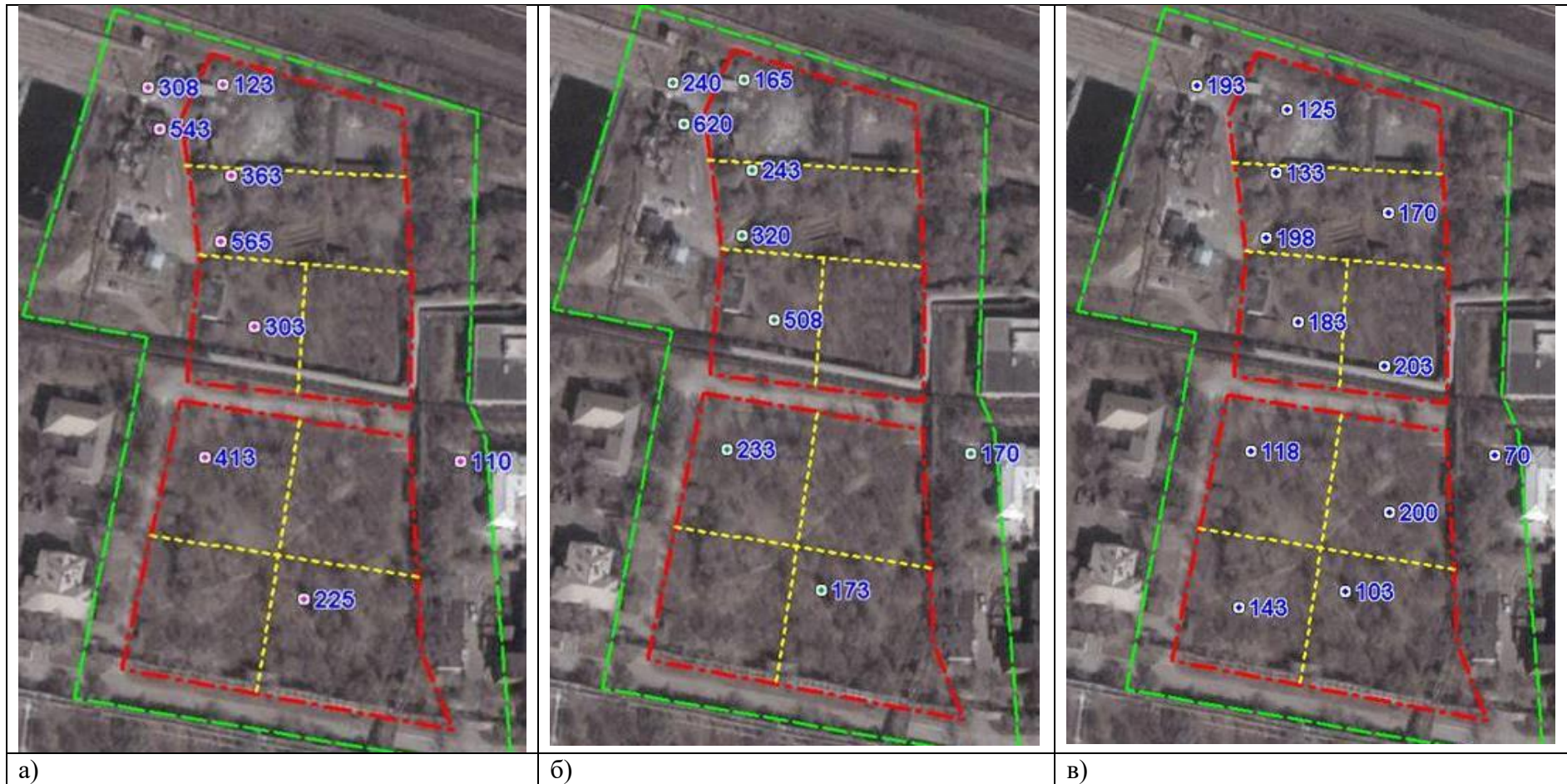


Рисунок 4.21 - Результати визначення ОА радону-222 (Бк·м⁻³) у повітрі в травні (а), серпні (б) та в листопаді (в) на території хвостосховища «Центральний Яр», 2022 р.

Таблиця 4.9 - Результати визначення ОА радону-222 в повітрі та ППД гамма-випромінювання на території хвостосховища “Центральний Яр”

№ п/ п	№ пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Примітки
		Червень 2022			Серпень 2022			Листопад 2022			
1	CY_RntC1-1	0,13-0,15	90	123	0,19-0,25	165	165	0,23-0,29		125	в районі розташування планшету
2	CY_RntC2-1	0,21-0,25	205	363	0,38-0,41	242	243	0,5-0,6		133	біля складів з боку тераси хвостосховища
3	CY_RntC2-2	0,85-1,0	370	565	0,51-0,62	352	320	0,52-0,71		198	біля лавочки, під деревом
4	CY_RntC3-1	0,61-0,77	216	303	30,0-35,0	272	508	26,3-30,3		183	в районі плями
5	CY_RntC5-1	0,73-0,85	270	413	1,50-1,80	106	233	0,96-1,08	290	118	під каштанами
6	CY_RntC8-1	0,16-0,18	160	225	0,11-0,15	115	173	0,15-0,20	230	103	в районі ліхтаря
7	CY_RntT3-1	0,24-0,30	90	110	0,28-0,32		170	0,28-0,34	225	70	між лабораторією та хвостосховищем
8	B122_Rnt2.1-1	0,40-0,60	445	543	0,45-0,58	398	620				в будинку 122, 2 поверх
9	CY_RntT1-1	2,85-4,45	100	308	2,90-4,33	185	240				між будинком та відстійниками

В секторі 3 північної частини хвостосховища спостерігається інша картина. Тут максимум зафіксовано у серпні місяці $510 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, мінімум у листопаді – $185 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, а у червні на середньому рівні $300 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

В секторі 1 північної частини хвостосховища в середньому ОА радону-222 в повітрі знаходиться на рівні $140\pm 25 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, тобто сезонної динаміки не визначається.

В цілому же можна зазначити, що на всіх пунктах спостережень в середньому по всіх пунктах спостережень максимальні рівні ОА радону-222 в повітрі зафіксовані в червні місяці ($300\pm 150 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$), в серпні вони знижуються в середньому до $160\pm 115 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, а мінімальні рівні ОА радону-222 в повітрі визначаються у листопаді місяці – $135\pm 45 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

Для всіх місяців спостережень мінімальні рівні ОА радону-222 в повітрі характерні для заасфальтованої ділянки сектору 1 в північній частині хвостосховища, де в середньому за місяці спостережень ОА радону-222 визначається на рівні $140\pm 25 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, для сектору 8, що знаходиться під пологом лісу в південній частині хвостосховища (в середньому $165\pm 60 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$), а також секторі Т3 на прилеглій території із східної сторони (в середньому $120\pm 50 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$). Необхідно зазначити, що зафіксовані мінімальні рівні на території хвостосховища «Центральний Яр» майже у 2 рази вищі, ніж на території хвостосховища «Західне», де вони визначаються на рівні $70\pm 15 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

Максимальні рівні ОА радону-222 в повітрі характерні для внутрішніх секторів: секторах С2, С3 в північній частині хвостосховища, секторах С5, С6 в південній частині хвостосховища, та на прилеглій території, що розташована із західної сторони Т1. Тут в середньому по цих секторах ОА радону-222 в повітрі відзначається на рівні $390\pm 110 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ у червні, на рівні $310\pm 120 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ у серпні, на рівні $160\pm 40 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ у листопаді місяці.

Максимальні окремі значення ОА радону-222 в повітрі відзначаються на рівні $565 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ в районі місця відпочинку в секторі 2 (п.с. СУ_ RntC2-2) в червні місяці, $510 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ в секторі 3 (п.с. СУ_ RntC3-1) в серпні місяці 2022 р.

В приміщеннях будівлі № 122 на другому поверсі рівень ОА радону-222 залишається на високому рівні в середньому 580 ± 55 Бк·м⁻³ (із відносною похибкою 10%). Якщо перерахувати цю активність у еквівалентну рівноважну об'ємну активність (ЕРОА) при застосуванні коефіцієнту рівноваги між радоном та продуктами його розпаду (F), які дорівнює 0,4, то рівень ЕРОА в повітрі цього приміщення буде на рівні 232 ± 25 Бк·м⁻³, що у 2,3 рази перевищує рівень дій для приміщень, які експлуатуються з постійним перебуванням людей (100 Бк·м⁻³). При цьому якщо порівнювати із рівнем дій для виробничих приміщень, який дорівнює 300 Бк·м⁻³, то цей норматив ще не є перевищеним.

Порівняння даних рівня ОА радону-222 в повітрі на території хвостосховища «Центральний Яр» отриманих при застосуванні різних методів та приладів для визначення радону-222 із різною експозицією, свідчить про те, що між цими величинами існує високий рівень кореляції. Коефіцієнт кореляції на 95 % рівні довірчої ймовірності складає 0,90 у червні і 0,80 – у серпні і листопаді.

У червні місяці на території хвостосховища рівень ОА радону-222 в повітрі в середньому становив 75 ± 10 Бк·м⁻³, що дорівнює значенням, які в той же час були зафіксовані на рекультивованій території північної частини хвостосховища «Західне».

В серпні місяці спостерігалось незначне підвищення рівня ОА радону-222 в повітрі на рекультивованих ділянках до 130 Бк·м⁻³, а на неповністю рекультивованих до 330 Бк·м⁻³ (табл. 4.10).

В листопаді місяці на території цього хвостосховища було збільшено кількість пунктів спостережень, щоб можна було охарактеризувати ОА радону-222 в повітрі по всіх секторах як на території хвостосховища, так і на прилеглих територіях. Отримані дані можуть бути використані на етапі моделювання процесів перенесення радону-222 в залежності від метеорологічних умов та оцінки розповсюдження за межами території хвостосховища. Отримані дані ОА радону-222 в повітрі на території

хвостосховища „Південно-Східне” у листопаді місяці наводяться на рисунку 4.22.



Рисунок 4.22 - ОА радону в повітрі $\text{Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ на території хвостосховища «Південно-Східне» у листопаді 2022 р.

Після завершення робіт по відновленню покриття території хвостосховища «Південно-Східне» рівень ОА радону-222 в повітрі в середньому становить $50\pm 20 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ із максимумом у секторі С3 до $95 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ і мінімумом $20\pm 5 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ в секторах С4, С5.

Високим залишається рівень ОА радону-222 в повітрі в районі зберігання контейнерів із трубами трубопроводу. Тут спостерігалась тенденція к поступовому зменшенню активності з червня по листопад: із $1390 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ у червні, $450 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ у серпні до $380 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ у листопаді місяці (табл.4.10).

Оцінка рівень ОА радону-222 в повітрі побутового приміщення для робітників, які проводили роботи на території хвостосховища показала, що він знаходився на рівні $100\pm 10 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ у червні і листопаді місяцях, збільшуючись у серпні до $290\pm 20 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$. Така ж тенденція відмічалась і в середині кабіни бульдозерів, що працювали на території хвостосховища.

Таблиця 4.10 - Результати визначення ОА радону-222 в повітрі та ППД гамма-випромінювання на території хвостосховища “Південно-Східне”

№ п/п	№ пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА** Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Примітки
		Червень 2022			Серпень 2022			Листопад 2022			
1	YV_RntC1-1	0,13-0,15	74	80	0,13-0,16	145	130	0,19-0,24	186	68	В районі розміщення планшету
2	YV_RntC6-1	0,18-0,21	60	70	0,17-0,27	80	328	0,11-0,17	123	40	на не рекультивованій частині
3	YV_RntT1-2	21,9-22,1	520	1388	29,1-32,9	342	450	9,6-10,5	271	383	біля розміщення контейнерів із трубопроводом
4	YV_RntT1-1	0,12-0,20	113	103	0,13-0,16	183	293	0,24-0,28	327	100	Будинок будівельників
5		0,12-0,20	118	118	-	104	200				В кабіні бульдозера Т-130/2
6		0,12-0,20	103	103	-	130	365				В кабіні бульдозера Т-130/1

Перерахунок цієї активності у еквівалентну рівноважну об'ємну активність (ЕРОА) при застосуванні коефіцієнту рівноваги між радоном та продуктами його розпаду (F), який дорівнює 0,4, дає змогу визначити, що рівень ЕРОА в повітрі цих приміщень буде нижче за рівень дій для виробничих приміщень, який дорівнює $300 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

Порівняння даних рівня ОА радону-222 в повітрі на території хвостосховища «Південно-Східне» отриманих при застосуванні різних методів та приладів для визначення радону-222 із різною експозицією, свідчить про те, що між цими величинами існує високий рівень кореляції. Коефіцієнт кореляції на 95% рівні довірчої ймовірності складає 0,90 у червні і 0,60 – у серпні, в листопаді місяці кореляція між рядами даних відсутня.

Окрім спостережень за рівнем ОА радону-222 в повітрі на території хвостосховищ, дослідження проводились в середині та зовні колишніх та сучасних виробничих приміщень.

Спостереження за рівнем ОА радону-222 в повітрі проводилися як зовні будівель 103 і 104, так і в різних приміщеннях на перших поверхах.

Узагальнені дані за різні місяці спостережень (червні, серпні, листопаді 2022 р.) наводяться у таблиці 4.11. Порівняння отриманих даних ОА радону-222 в повітрі навколо будівлі 103 і 104, а також в приміщеннях будівлі 104 показує, що тут спостерігається тенденція із поступовим зменшенням активності з червня по листопад місяць із максимумом в червні і мінімумом у листопаді. На відміну від цього, в приміщеннях будівлі 103 максимум активності спостерігається у серпні місяці, а мінімум в листопаді місяці. Тобто мінімум активності спостерігається на всіх пунктах спостережень у листопаді місяці.

Спостереження за рівнем ОА радону-222 в повітрі навколо будівлі 103 виявляє його незначне перевищення із західної сторони будівлі (в середньому $125\pm 40 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$), ніж зі східної сторони (в середньому $100\pm 20 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$).

Усередині будівлі в західному крилі відмічаються високі рівні як ППД, так і рівня ОА радону-222, причому в різних місцях рівень ОА радону-222 може відрізнятись у 7–5 разів. Максимальне значення було зареєстровано у серпні в районі апарату 59 – 1580 ± 20 Бк·м⁻³. При перерахунку у ЕРОА (при застосуванні F-0,4) це складає 630 Бк·м⁻³, що у 2 рази перевищує рівень для виробничих приміщень (300 Бк·м⁻³).

В повітрі навколо будівлі 104 коливання рівню ОА радону-222 на всіх пунктах спостережень знаходяться в межах статистичної похибки, тобто майже не відрізняється на різних ділянках і визначається на рівні 140 ± 55 Бк·м⁻³ при осередненні за всі періоди спостережень (червень, серпень, листопад місяці). Максимум визначається в червні – 200 ± 35 Бк·м⁻³, і мінімумом в листопаді місяці – 100 ± 30 Бк·м⁻³. За винятком забрудненої ділянки із західної сторони, про що свідчить високий рівень ППД ($29,5$ - $34,7$ мкЗв·год⁻¹). Тут в листопаді місяці ОА радону-222 зареєстровано на рівні 540 Бк·м⁻³.

Усередині будівлі 104 в західному крилі рівень ОА радону-222 в 1,5-2 рази вище, ніж в східному крилі. Так, в західному крилі в червні місяці ОА радону-222 в повітрі відмічалась на рівні 1000 Бк·м⁻³ (ЕРОА – 400 Бк·м⁻³), в серпні – 715 Бк·м⁻³ (ЕРОА – 290 Бк·м⁻³), в листопаді місяці – 125 Бк·м⁻³ (ЕРОА – 50 Бк·м⁻³).

В східному крилі в червні місяці ОА радону-222 в повітрі відмічалась на рівні 465 Бк·м⁻³ (ЕРОА – 185 Бк·м⁻³), в серпні – 405 Бк·м⁻³ (ЕРОА – 160 Бк·м⁻³), в листопаді місяці – 225 Бк·м⁻³ (ЕРОА – 90 Бк·м⁻³) (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 - Результати визначення ОА радону-222 в повітрі та ППД гамма-випромінювання ззовні та в середині колишніх виробничих будівель 103, 104

№ п/п	№ пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Примітки
		Червень 2022			Серпень 2022			Листопад 2022			
1	1 БР	0,16-0,24	55	120	0,16-0,21	40	98	0,17-0,28	170	70	в районі розташування планшету, східна сторона
2	2 БР	4,98-5,10	110	185	3,12-3,64	85	125	3,56-4,40	216	85	в районі західної сторони, північний кут будівлі 103
3	3 БР	0,41-0,45	100	153	0,34-0,43	85	83	0,55-0,68	166	105	в районі західної сторони, південний кут будівлі 103
4		8,44-9,23	320	260							Будівлі 103+0, колона, західне крило
5					118-156	1170	1580	121-130		1173	Будівлі 103+0, апп.59, західне крило
6		0,14-0,19	200	568	0,10-0,26	315	718	0,20-0,24		333	Будівлі 103+0, механ. майстерня східне крило
7		21,5-22,5	645	998	24,7-25,4	490	715	0,5-0,8	192	125	Будівля 104 +0, західна сторона
8		0,61-0,88	25	463	0,89-1,00	290	403	1,55-1,77	657	225	Будівля 104 +0, східна сторона
9	4 БР	0,87-1,44	-	158	1,60-2,30	71	115	1,1-2,9	245	80	Будівля 104, ззовні, північні ворота
10	5 БР	0,24-0,50	90	223	0,32-0,38	45	110				Будівля 104, ззовні, західна сторона
11	7 БР							29,5-34,7	709	538	Будівля 104, ззовні, західна сторона
	6 БР	0,18-0,23	95	210	0,26-0,34	84	88	0,33-0,43	238	120	Будівля 104, ззовні, центральний вхід

Спостережень за рівнем ОА радону-222 в повітрі проводились також в сучасних виробничих приміщеннях першого та другого поверхів лабораторії ДП „Бар’єр” № 827, яка розташована в північній частині проммайданчику колишнього ВО „ПХЗ”, а також в приміщеннях адміністративного корпусу на третьому поверсі будівлі 66 по пр. Аношкіна 179.

В таблиці 4.12 представлені узагальненні дані на всіх пунктах спостережень у червні, серпні та листопаді місяцях.

Максимальні значення ОА радону-222 в повітрі приміщень як лабораторного корпусу, так і адміністративного будинку були зафіксовані в червні місяці (130–350 Бк·м⁻³).

В серпні місяці в період максимального провітрювання приміщень рівень ОА радону в повітрі був самим мінімальним в кімнатах адміністративної будівлі і складав в середньому 65±10 Бк·м⁻³. В приміщеннях лабораторного корпусу рівень ОА радону був в середньому у 2 рази вище і відмічався на рівні 170 Бк·м⁻³ на першому поверсі і 115 Бк·м⁻³ на другому поверсі. У 2 рази вище ОА радону відмічалась в повітрі і навколо лабораторного корпусу (100 Бк·м⁻³), ніж навколо адміністративної будівлі (50 Бк·м⁻³).

В листопаді місяці ОА радону в приміщеннях лабораторного корпусу на першому поверсі відмічалась на рівні 100 Бк·м⁻³ у провітрю вальних приміщеннях і на рівні 140 Бк·м⁻³ у приміщенні, що не провітрюється. В приміщеннях другого поверху, де не має провітрювання, ОА радону в повітрі відмічалась в середньому на рівні 70±15 Бк·м⁻³. А в кімнатах адміністративної будівлі на третьому поверсі ОА радону була де-кілько вище і відмічалась в середньому на рівні 115±15 Бк·м⁻³.

В повітрі навколо лабораторного корпусу та адміністративної будівлі ОА радону-222 в повітрі відмічалась на одному рівні в середньому 60±5 Бк·м⁻³ (табл. 4.12).

Таблиця 4.12 - Результати визначення ОА радону-222 в повітрі та ППД гамма-випромінювання ззовні та в середині сучасних виробничих будівель 827, 66

№ п/п	№ пункту розміщення	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА* Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА** Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Примітки
		Червень 2022			Серпень 2022			Листопад 2022			
1	1 ЛР	0,10-0,21	110	340	0,10-0,21	175	168	0,13-0,17	229	95	Буд.827, 1 поверх, кім 4
2								0,10-0,15	361	138	буд.№827 ВЛДК підсобна кімната, не провітрюється
3								0,11-0,15	267	50	буд.№827 ВЛДК кім. 232,
4								0,10-0,13	112	70	буд. №827 ВЛДК кім.213, не провітрюється
5								0,10-0,14	259	88	буд.№827 ВЛДК кім.227, не провітрюється
6	2 ЛР	0,10-0,18	55	88	0,10-0,18	68	115				Буд.827, 2 поверх, кім 18
7	3 ЛР	0,10-0,16	20	80	0,10-0,16	109	98	0,11-0,14		65	Буд.827, лабораторний корпус, ззовні
8	4 ЛР	0,18-0,24	57	130	0,18-0,24	142	335				Пост № 2, хвостосховище "Д"
9	1 АР		50	348		51	53	0,10-0,12		130	Буд. 66, адмінкорпус, в кімнаті ПТО
10	2 АР		42	278		40	75	0,11-0,13		103	Буд 66, адмінкорпус, в кімнаті ОРЕБ
11	3 АР		68	160		50	48	0,12-,14		58	Буд. 66, зовні

Результати спостережень на території Сухачівського проммайданчику.

На території Сухачівського проммайданчику спостереження за рівнем ОА радону-222 в повітрі проводились на території сховища «База С», хвостосховища «Сухачівське» секції 1, 2, а також на території мкр. Таромське.

Спостереження на території радіаційно-небезпечних об'єктів проводились в червні, серпні та жовтні місяцях. Спостереження за рівнем радону-222 в повітрі приміщень та зовні жилих будівель на території мкр. Таромське проводили в серпні (період самий самого спекотного місяця року, відсутності опалювання будівель, і режимі частих провітрювань приміщень), а також в листопаді-грудні місяцях (в період опалювання будівель і режимі рідких і короточасних провітрювань приміщень).

В червні місяці спостереження за рівнем ОА радону-222 і повітрі на території хвостосховища „Сухачівське”, сховищі «База С» проводились у тестовому режимі по 5 пунктах спостережень як на території самих об'єктів, так і за її межами, особливу увагу приділяли напрямку в сторону мкр. Таромське.

На рисунку 4.23 приводиться карта-схема району досліджень із визначенням отриманих результатів рівня ОА радону-222 в повітрі в червні місяці на вибраних пунктах спостережень, відповідно, із визначенням координат пунктів відбору, рівня ППД, об'ємної активності (ОА) радону-222 в повітрі, яка була визначена за допомогою трекових детекторів із експозицією 30 діб (ОА) та із використанням вугільних накопичувачів із експозицією 5 діб (СОА).

Отримані у червні місяці результати показали дуже високий рівень ОА радону-222 в повітрі в межах території сховища «База С» від 1050 до 3280 Бк·м⁻³ (п.с. ВС_RntC2-1, ВС_RntC6-1, відповідно) (табл. 4.13). За межами території сховища «База С» рівень ОА радону-222 в повітрі значно знижався і визначався на рівні 80–120 Бк·м⁻³.

На території хвостосховища „Сухачівське” із-за втрати детекторів двох детекторів не вдалося визначити ОА радону-222 в повітрі на лівому березі хвостосховища. Отримані результати показали дуже високий рівень ОА радону-222 в повітрі на правому березі в середній частині третього сектору секції 1 біля границі тіла хвостосховища ($5960 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$). На території першого сектору секції 2 біля границі тіла хвостосховища на правому березі рівень ОА радону-222 в повітрі був значно нижчим і знаходився на рівні $140 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$.

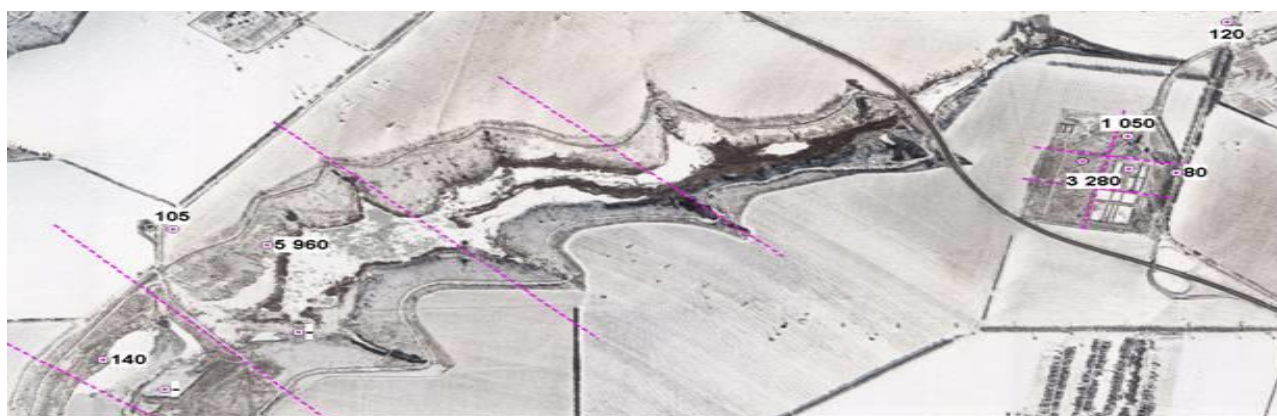


Рисунок 4.23 - Результати визначення ОА радону-222 в повітрі на території сховища “База “С” и хвостосховища “Сухачівське” секції 1,2, червень 2022 р.

На відстані 550-600 м від території хвостосховища „Сухачівське” в районі насосної станції ОА радону-222 в повітрі була на рівні $105 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, що знаходиться в межах статистичної похибки рівня ОА радону-222 в повітрі, який визначався у червні місяці на прилеглих територіях біля сховища «База С» ($80\text{-}120 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$), а також в повітрі відносно чистої території північної частини проммайданчика колишнього ВО „ПХЗ” (біля лабораторного корпусу № 827), де він визначався на рівні $80 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$, а також ззовні адміністративного корпусу по пр. Аношкіна – $160 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-3}$ (табл. 4.13).

Таблиця 4.13 - Результати визначення ОА радону-222 в повітрі, рівня ППД гамма-випромінювання на території сховища «База С» та хвостосховища „Сухачівське” сек.1 у червні 2022 р.

№ п/п	Шифр п.с.	ППД, мкЗв·год ⁻¹	СОА Rn-222, Бк·м ⁻³	ОА Rn-222, Бк·м ⁻³	Стислий опис розташування пункту спостережень
1	BC_RntT2-21	0,11-0,12	30	123	Біля лісосмуги у старій траси на Дніпропетровськ
2	BC_RntT2-4	0,11-0,15	40	80	За периметром північної сторони загорожі
3	BC_RntC2-1	0,21-0,23	65	1053	В місці рекультивованої ділянки
4	BC_RntC1-1	4,00-4,31	150	-	В місці нереккультивованої ділянки
5	BC_RntC6-1	2,41-2,67	51	3283	В місці звалища відходів рекультивації
1	S_RntC1.3-1п	0,18-0,23		105	Хс “Сухачівське”, с.1, насосна
2	S_RntC1.3-2 п	0,26-0,30		5963	Хс “С”, с.1., правий берег
3	S_RntC1.3-1л	0,32-0,40		-	Хс “С”, с.1., лівий берег
4	S_RntC2.1-1п	0,10-0,23		140	Хс “С”, с.2., правий берег
5	S_RntC2.1-1л	0,15-0,18		-	Хс “С”, с.2., лівий берег

Взявши до уваги зареєстрований високий рівень ОА радону-222 на території сховища «База С», а також незначну відстань від території сховища до мкр. Таромське (до 1 км по прямій лінії) в серпні місяці було вирішено провести детальну радонову зйомку як самої території сховища, так і на територіях, які знаходяться на різній відстані від сховища, головним чином, у напрямку до мкр. Таромське.

Крім того спостереження проводились на території мкр. Таромське на вулицях, які найближче розташовані до сховища «База С»: провул. Залізничному, вул. Залізничній, вул. Сніговій. Найближче підходить до сховища провулок Залізничний, більш далі розташована вул. Снігова. Всі вулиці розташовані вздовж залізничного полотна, що відокремлює південну границю мкр. Таромське, а також проходить паралельно до північної границі сховища «База С», відстань до якої становить 800–1000 м. На території мкр. Таромське визначення ОА радону-222 проводилось як ззовні жилих будинків, так і в їх середині.

Аналіз даних показує, що на території сховища «База С» у серпні місяці ОА радону-222 в повітрі в середньому знаходилась на рівні 220 ± 30 Бк·м⁻³ на території секторів 3, 4, що розташовані в центральній частині сховища, та 120 ± 30 Бк·м⁻³ на території секторів 1, 2, 5, 6, які розташовані з північної та південної сторони від центральної частини сховища. Це в 10–15 разів нижче від рівня ОА радону-222 в повітрі, що визначалось в червні місяці.

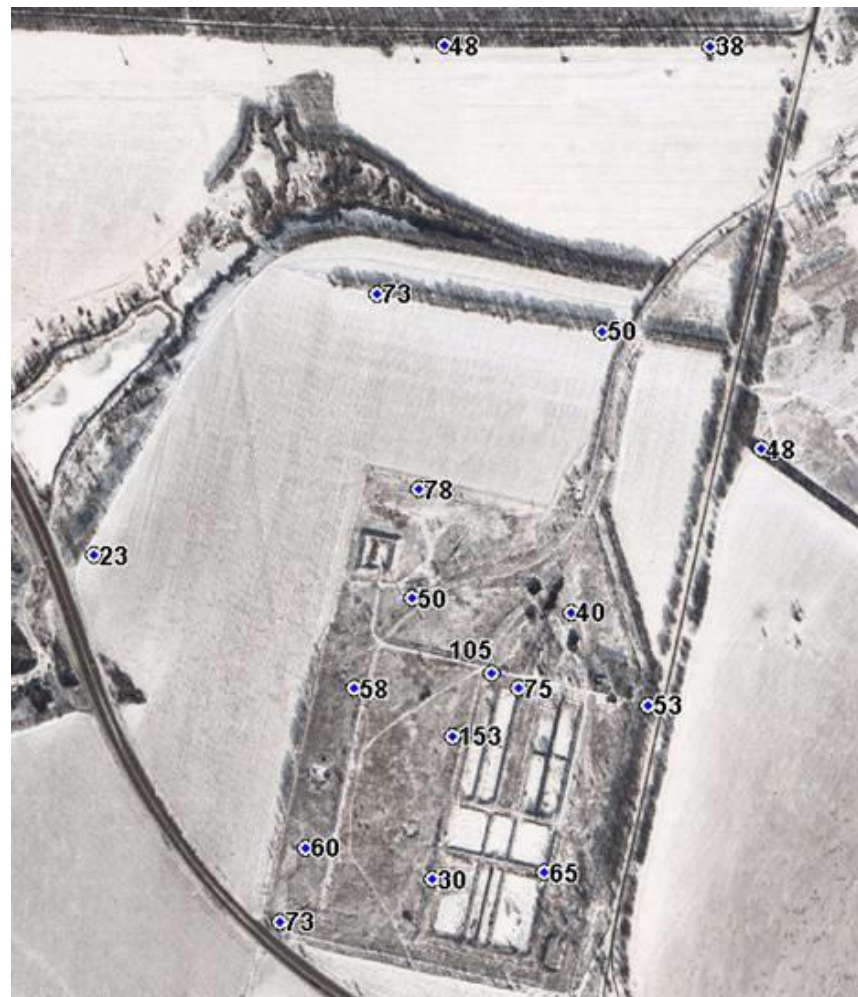
На відстані 50–80 м від північної границі сховища ОА радону-222 в повітрі коливається від 100 до 270 Бк·м⁻³ із максимумом по центральній осі сховища, в середньому складаючи 145 ± 65 Бк·м⁻³. На відстані 290 м від північної границі сховища ОА радону-222 в повітрі коливається від 80 до 205 Бк·м⁻³ із максимумом із західної сторони. В середньому рівень ОА радону-222 тут складає 130 ± 50 Бк·м⁻³.

На території мкр. Таромське у серпні місяці на подвір'ях розташованих по провулку Залізничному, вулицях Залізничній та Сніговій, розташованих від північної границі сховища «База «С» на відстані 900 м, 950 м та 1000 м, відповідно, ОА радону-222 в повітрі визначається в середньому на рівні 50 ± 25 Бк·м⁻³ (див. табл. 4.13).

Максимум активності визначається в центральній частині секторів 3, 4, де він дорівнює в середньому 115 ± 40 Бк·м⁻³. По периметру території сховища (на відстані 200 м від центру сховища), на території секторів 1,2, 5,6 рівень ОА радону-222 в повітрі в середньому складає 60 ± 20 Бк·м⁻³.

На відстані 290-300 м від північної границі сховища у напрямку до мкр. Таромське ОА радону-222 в повітрі в середньому визначається на рівні 55 ± 15 Бк·м⁻³, на відстані 700-750 м в цьому же на напрямку - в середньому 45 ± 10 Бк·м⁻³, а на відстані 400 м в західному напрямку від південної границі сховища – на рівні 25 Бк·м⁻³

На території мкр. Таромське у листопаді–грудні місяці на подвір'ях, розташованих по провулку Залізничному, вулицях Залізничній та Сніговій ОА радону-222 в повітрі визначається в середньому на рівні 65 ± 25 Бк·м⁻³.



а)

б)

Рисунок 4.24 - ОА радону-222 Бк·м⁻³ на території сховища «База С» у серпні (а), жовтні (б) 2022 р.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Державна цільова екологічна програма

Мінпаливенерго в 2007 році була ініційована розробка Концепції нової Державної цільової екологічної програми "Ліквідація або перепрофільовання і приведення в екологічно безпечний стан колишніх об'єктів виробничого об'єднання "Придніпровський хімічний завод". У 2008 році Мінпаливенерго розроблено Концепцію нової Державної цільової екологічної програми "Приведення в безпечний стан уранових об'єктів колишнього ВО "Придніпровський хімічний завод". 30 вересня 2009 р. затверджено постановою Кабінету Міністрів України. N 1029 "Державну цільову екологічну програму приведення в безпечний стан уранових об'єктів виробничого об'єднання "Придніпровський хімічний завод".

Метою Програми є ліквідація негативних екологічних наслідків діяльності виробничого об'єднання "Придніпровський хімічний завод" (далі - завод), приведення небезпечних уранових об'єктів, що перебувають на балансі державного підприємства "Бар'єр", в екологічно безпечний стан та забезпечення захисту населення і навколишнього природного середовища від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання.

Для досягнення мети Програми передбачається поетапне здійснення заходів з приведення уранових об'єктів, що розташовані на промисловому майданчику (далі - проммайданчик) заводу і за його межами та використовувалися під час переробки уранової руди (далі - урановий об'єкт), хвостосховищ відходів уранового виробництва {далі - хвостосховище) "Західне", "Центральний Яр", "Південносхідне", "Дніпровське", "Сухачівське" і сховище "База С" у безпечний стан.

Можливі два варіанти розв'язання проблеми. Перший варіант передбачає демонтаж будівель і споруд, ліквідацію хвостосховищ,

розташованих на території промайданчика заводу, та вивезення відходів уранового виробництва, що зберігаються у зазначених хвостосховищах, у спеціально облаштовані місця для їх довгострокового безпечного зберігання відповідно до вимог нормативно-правових актів з питань екологічної і радіаційної безпеки.

Перевагами зазначеного варіанта, зокрема, є:

- значне зменшення обсягу витрат, пов'язаних з фізичним захистом об'єктів та здійсненням профілактичних заходів з утримання забруднених територій;
- припинення негативного впливу відходів уранового виробництва на навколишнє природне середовище.

Крім того, очищення промайданчика заводу і передача дезактивованої території та об'єктів у господарське користування стимулюватиме розвиток підприємств на цій території, залучення потенційних інвесторів і відповідно збільшення кількості робочих місць, що забезпечить підвищення рівня соціальної привабливості та сталий розвиток регіону.

Недоліками варіанта є необхідність залучення значного обсягу коштів для проведення додаткових вишукувальних і проектних робіт з визначення місць, які планується облаштувати для довготривалого безпечного зберігання відходів уранового виробництва, найбільш ефективного та безпечного способу ліквідації і вивезення відходів з території промайданчика заводу, наявність ризику опромінення персоналу та аварійного забруднення території під час вивезення радіоактивно забрудненого матеріалу із хвостосховищ.

Другий варіант передбачає захоронення хвостосховищ на місці їх розташування.

Перевагами зазначеного варіанта є створення умов для безпечного зберігання відходів шляхом будівництва або реконструкції захисних споруд над хвостосховищами, спорудження дренажних систем для збору забруднених інфільтраційних вод. Цей варіант не потребує залучення значних коштів.

Недоліком варіанта є те, що його реалізація не забезпечує довготривалого безпечного утримання хвостосховищ на території проммайданчика, зокрема на

схилах р. Дніпра, передбачає постійний ремонт захисних бар'єрів, здійснення протиерозійних заходів, створення системи посиленого радіаційного і екологічного контролю, що не дасть змоги знизити рівень соціальної напруги.

Отже, оптимальним варіантом розв'язання проблеми є демонтаж споруд і ліквідація хвостосховищ, розташованих на території проммайданчика заводу.

Стосовно хвостосховища "Дніпровське" оптимальним варіантом приведення його у безпечний стан є, за попередньою економічною і радіологічною оцінкою, консервація. Спорудження надійного багат шарового захисного покриття створить умови для безпечного утримання протягом 500–1000 років зазначеного хвостосховища в межах його розташування. При цьому необхідно провести оцінку ступеня ризику порушення дамби хвостосховища та виносу радіоактивно забрудненого матеріалу в р. Дніпро в разі порушення дамби Дніпродзержинського водосховища.

Оптимальний варіант розв'язання проблеми приведення в безпечний стан хвостосховищ "Сухачівське" та сховища "База С" може бути визначений після розроблення відповідної проектної документації.

Для виконання Програми необхідно здійснити підготовчі інженерно-технічні заходи, створити умови для проведення першочергових робіт з ліквідації, консервації або перепрофілювання об'єктів, ліквідувати найбільш небезпечні об'єкти та узгодити заплановані заходи з довгостроковою стратегією розвитку підприємств, що розташовані на проммайданчику, території, прилеглої до санітарно-захисної зони заводу та м. Кам'янське.

5.2 Заходи та очікувані результати передбачені програмою

Для здійснення заходів Програми необхідно забезпечити:

- проведення моніторингу стану навколишнього природного середовища, дозиметричного контролю та контролю за дотриманням норм екологічної і радіаційної безпеки;
- розроблення нормативно-правової, методологічної, науково-інженерної та проектно-конструкторської документації;
- отримання ліцензій та дозволів на всіх етапах робіт;
- здійснення підготовчих технологічних та інженерно-технічних заходів;
- створення умов для ліквідації наслідків аварійної ситуації на уранових об'єктах у разі її виникнення.

Виконання Програми дасть змогу:

- ліквідувати уранові об'єкти або привести їх в екологічно безпечний стан, забезпечити захист населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання, охорону навколишнього природного середовища і створити засади для сталого розвитку територій;
- запобігти виникненню радіаційних аварій, пов'язаних з подальшим зберіганням відходів уранового виробництва у не пристосованих для цього хвостосховищах;
- мінімізувати витрати з організації фізичного захисту уранових об'єктів та підтримки їх у належному технічному стані;
- повернути забруднену територію заводу (35 гектарів) у господарське користування;
- зменшити обсяг витрат підприємств, які провадять діяльність на проммайданчику заводу, пов'язаних із забезпеченням радіаційного захисту персоналу (350 осіб);
- знизити рівень соціальної напруги серед жителів м. Кам'янське;

– створити додаткові робочі місця на спеціалізованих підприємствах з ліквідації об'єктів;

– істотно зменшити ступінь ризику виникнення радіаційних аварій, пов'язаних з довгостроковим зберіганням відходів уранового виробництва, несанкціонованим доступом до них і можливими спробами використання у злочинних цілях радіоактивно забруднених матеріалів.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Організація безпечних умов праці в польових умовах.

Раціональний режим праці та відпочинку – фізіологічне обґрунтоване чергування часу роботи та відпочинку впродовж зміни, тижня, місяця, року, яке забезпечує високу і стійку працездатність людини. Робочий час - установлений законом (або на його основі) час, упродовж якого трудівник відповідно до внутрішнього трудового розпорядку (розкладу, графіка або особистої вказівки адміністрації) повинен виконувати свої трудові обов'язки. Польові топографо-геодезичні роботи виконуються в різноманітних природних умовах і тому вимагають постійної уваги і передбачливості дії оточуючого середовища на працюючих, щоб відвернути небезпечні наслідки. До початку польових робіт на підприємствах, в експедиціях і польових партіях повинні бути проведені організаційно-технічні міроприємства, які направлені на створення безпечних і здорових умов праці при використанні польових робіт. Спочатку безпечна техніка і технологія передбачається у технічних проектах, які уточнюються при обговоренні і захисті. Пізніше на основі технічних проектів складаються робочі проекти безпечної організації польових робіт, в конкретних умовах місцевості, з урахуванням фізико-географічних і економічних особливостей району робіт. В період складання проектів повинні враховуватись наступні організаційні питання з охорони праці:

- вид транспорту і порядок руху на дільниці робіт;
- водні переправи і переходи через складні гірські перевали і важкодоступні дільниці;
- строки проведення робіт на дільниці;
- розміщення баз партій, підбаз і лабазів;

- організація радіозв'язку і порядок забезпечення бригад продуктами;
- необхідність і порядок організації перевезення транспорту і доставка людей до місця роботи;
- найбільш прийнятні технологічні схеми робіт;
- начальники партій при участі бригадирів складають проект геологічних ходів і загальну схему маршрутів руху бригад. Особи, робота яких пов'язана з пішими переходами, підлягають медичному огляду не менше одного разу на рік. У відповідності з п.1.3.7. ПТБ-88 проектом передбачається допуск до виробництва тих осіб, які мають спеціальну технічну підготовку, що пройшли навчання безпечним методам роботи, які здали успішно іспит і отримали спеціальний дозвіл на право виконання цих робіт. До керівництва цими роботами на посаді керівника бригади, допускаються особи, які успішно захистили робочий проект організації безпечного ведення робіт на своїх об'єктах. Згідно п.1.1. стор.238 ПТБ-88 людині, яка отримала травму або захворіла на виробництві, повинна бути надана перша медична допомога на місці до прибуття лікаря, або організована відправка до лікарні чи найближчого медичного закладу. Всі робітники повинні мати навички і знання прийомів надання першої медичної допомоги. Набір медикаментів для експедиційних умов повинен зберігатися в аптечках і видаватися в бригади із списком медикаментів та інструкцією щодо їх використання. Для індивідуального користування медикаментами робітникам польових підрозділів повинні видаватися спеціально укомплектовані пакети або сумки першої допомоги, що можуть бути застосовані за умови першої необхідності. При прийомі на роботу особи мають пройти ввідний інструктаж з охорони праці. Результати інструктажу вносяться в спеціальний журнал. Згідно з п.п.1.3.12 1.3.14. і 1.3.15. ПТБ-88 робітники та інженерно-технічні працівники, які входять в склад комплексних бригад, навчаються і здають іспити з техніки безпеки в повному об'ємі по їхніх головних і другорядних спеціальностях. Інженерно-технічні робітники у випадку переведення у райони з іншими фізико-географічними

умовами або якщо їх переводять на нову посаду повинні здати іспити з правил безпеки. З робітниками, що зачислені в польові підрозділи проводиться професійно-технічне навчання за програмою, що розроблена підприємством з послідувочою перевіркою цих знань в об'ємі вимог тарифно-кваліфікаційного довідника. Навчання і інструктаж, паралельно з практичною демонстрацією безпечних методів роботи, повинні проводитись не менше двох днів для бригади, що виконує топографо-геодезичні роботи в необжитих районах. Керівник бригади повинен проводити повторні навчання робітників правилам безпеки у випадках:

- отримання в процесі виробництва нової техніки та впровадження нової технології робіт;
- виявлення грубих порушень техніки безпеки.

Індивідуальні засоби захисту Головні убори, взуття і одяг повинні захищати робітника від сильної дії температури, дощу і вітру.

Висока продуктивність праці топографічно-геодезичних робіт повинна бути забезпечена комплексною безпечною діяльністю наявністю механічної праці, безперебійним постачанням матеріалами, спецодягом, харчуванням. На початку безпечна техніка і технологія передбачаються у технічних проектах, які уточнюються при обговоренні і захисті. Пізніше на основі технічних проектів перед початком польових робіт складаються робочі проекти безпечної організації польових робіт в конкретних умовах місцевості з урахуванням фізико-географічних і економічних особливостей району робіт.

6.2 Загальні правила роботи і техніка безпеки в хімічній лабораторії

1. Під час роботи слід точно дотримуватись порядку і послідовності операцій, вказаних в даних вказівках.
2. Склянки з реактивами загального користування повинні знаходитись на визначеному місці; забороняється їх переносити на робочі столи.

3. Працювати в лабораторії слід обережно, без зайвої квапливості, не проливати і не просипати реактиви. Надлишки реактивів забороняється зсипати назад у склянку з чистими реактивами.

4. Досліди з токсичними речовинами, або які неприємно пахнуть, слід проводити тільки у витяжній шафі.

5. Усі досліди необхідно виконувати в такій кількості та концентрацією реактивів, в тому хімічному посуді та приладах, як це вказано у відповідних методичних вказівках. Забороняється виконувати додаткові досліди без дозволу викладача.

6. Забороняється зливати в раковину залишки кислот, лугів, вогнебезпечних та рідин з сильним запахом; їх треба зливати в спеціальні склянки.

7. Категорично забороняється пробувати на смак або запах хімічні речовини, або пити воду з хімічного посуду. Зі всіма речовинами в лабораторії слід поводитись як з більш-менш шкідливими.

8. Під час нагрівання рідин та твердих речовин в пробірках не спрямовувати їх отвором на себе, або в сторону студентів, що знаходяться рядом; забороняється нахилитись над склянками, або заглядати в пробірку зверху, щоб уникнути нещасного випадку в разі можливого викиду нагрітої речовини.

9. Прилади, які необхідно нагрівати, або з яких будуть виділяться гази не слід залишати закритими.

10. При всіх роботах, коли можливе розбризування їдких речовин (переливання кислот, лугів, або подрібнення чи розтирання в ступках, сплавлення та ін.) необхідно одягати захисні окуляри.

11. Для попередження бурхливого закипання та викиду рідини, яка нагрівається до кипіння, необхідно користуватись "кипілками" (шматочками подрібненого фарфору). "Кипілки" забороняється додавати в нагріту до кипіння рідину, їх слід вносити тільки в холодну рідину.

12. Роботи зі скляними трубками, капілярами та посудом необхідно виконувати обережно, застерігатися поранень. Вставляти скляні трубки в отвори скляного посуду слід без надмірних зусиль.

13. Під час розведення концентрованих кислот, особливо сульфатної, слід лити її у воду, а не навпаки.

14. Усі досліди з легкозаймистими, леткими, вогнебезпечними речовинами слід проводити подалі від відкритого полум'я і по можливості у витяжній шафі.

15. У разі виникнення непорозумінь стосовно виконання дослідів лабораторної роботи необхідно припинити роботу та звернутися до викладача.

16. На робочому місці категорично забороняється вживати їжу, пити воду, курити. Після закінчення роботи необхідно як слід вимити руки.

17. У разі нещасного випадку слід негайно звернутися до викладача!

18. По закінченню роботи необхідно привести в порядок своє робоче місце.

6.3 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Співробітники наукової лабораторії «Собрент», робочий час яких в більшості пов'язаний з роботою на комп'ютерах, піддаються впливу шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, а саме: електро-магнітних полів (радіочастот), різних видів випромінювань (γ , β , ультрафіолетового, видимого, інфрачервоного), підвищеній чи зниженій температурі та вологості повітря, швидкості його руху, температурі поверхні оточуючого обладнання, шуму від працюючого устаткування, транспорту, запиленості і загазованості, вібрації, недостатньо задовільних кліматичних умов (мікроклімат), недостатньої освітленості.

Сьогодні більшість робочих місць інженерів-екологів комп'ютеризована. Ергономічні та гігієнічні вимоги до робочих місць при роботі з візуальними дисплейними терміналами усіх типів вітчизняного та зарубіжного виробництва визначені Державними санітарними правилами і нормами роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98 “Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

Об'ємно-планувальні рішення приміщення лабораторії Сорбент відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98, площа на кожне робоче місце становить 6 м², а об'єм не менш ніж 20 м³. Освітлення лабораторії здійснюється через світлові прорізи, орієнтовані на північний схід та забезпечують коефіцієнт природного освітлення (КПО) більш ніж 1,5% в залежності від пори року. Додатково створене штучне освітлення відповідно до СніП II-4-79, джерелом світла є газорозрядні лампи, люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Розміщення персональних комп'ютерів на робочих місцях в виробничих приміщеннях створене таким чином, щоб відстань від користувача до будь-якої частини дисплейного терміналу була не менше 0,5 метра, з урахуванням розміщення ПК на сусідніх робочих місцях,

Джерело світла повинно розміщуватися від дисплейного терміналу та користувача ліворуч або праворуч. Не допускається розташовувати робоче місце так, щоб джерело світла було спрямоване на екран дисплейного терміналу.

Лабораторія облаштована шафами для зберігання документів, магнітних дисків, стінними полицями, стелажми, робочими столами з тумбами, тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень в розрахунку на 10 дослідників.

Розглядаючи більш детально небезпечні та шкідливі фактори при роботі з ПК можна прийти до висновку, що вони можуть в значній мірі негативно впливати на стан здоров'я осіб працюючих. У людей, які

працюють з ПК доволі часто спостерігаються порушення з боку зорових аналізаторів, кістково-м'язові (вимушена поза) порушення, пов'язані зі стресовими ситуаціями та нервово-емоційною напругою при роботі, шкірні захворювання.

6.4 Ефективність запропонованих заходів з «Охорони праці»

Запропоновані заходи при повному їх виконанні та застосування дозволяють збільшити продуктивність праці, звести до мінімуму травматизм та до максимуму поліпшити умови праці. При виконанні заходів пожежної профілактики пожежі не повинні виникати. У разі виникнення пожежі запропоновані вогнегасники, системи сигналізації та автоматичного гасіння пожежі допоможуть швидко та без будь-яких пошкоджень загасити осередок виникнення пожежі.

Також для поліпшення умов праці, зниження і ліквідації шкідливих виробничих факторів, створення безпечних умов і поліпшення санітарно-побутового обслуговування працівників університету, розробляються перспективні комплексні плани поліпшення умов і охорони праці та санітарно-оздоровчих заходів, які щорічно знижують загальну захворюваність на 2–4 %, збільшують продуктивність праці на 5–10 %, а також мінімізують умови виникнення виробничого травматизму.

ВИСНОВКИ

1. Суттєвими розвитком програми у 2022 р. стали більш масштабні за просторовим розміщенням пунктів спостережень роботи на забруднених об'єктах і територіях, оскільки вперше обсяги фінансування дозволили провести роботи за розширеним регламентом, саме з метою подальшої оптимізації і методичного забезпечення робіт.

2. Протягом 2022 р. були суттєво розширені програми і регламенти спостережень на об'єктах навколо хвостосховищ «Сухачівське, а також навколо сховища «База С» за аерозольним забрудненням.

3. Виконано значний обсяг спостережень за об'ємними концентраціями і ексхаляцією радону на поверхні хвостосховищ, приміщеннях і зонах їх потенційного впливу. За результатами спостережень не виявлено суттєвих підвищень рівнів забруднення природного середовища на проммайданчику порівняно із попередніми роками спостережень.

4. Основну увагу необхідно приділяти пріоритетним об'єктам: проммайданчику у зоні розміщення діючих підприємств південного сектору, хвостосховищам «Центральний Яр» і «Сухачівському».

5. У межах Кам'янського майданчика пріоритетними мають стати спостереження за радоновим забрудненням у колишніх приміщеннях виробництва, спостереження за ексхаляцією радону з поверхні хвостосховищ.

6. На території Сухачівського проммайданчика слід продовжити регулярні спостереження за аерозольним забрудненням навколо сховища «База С» і хвостосховища «Сухачівське». Суттєві рівні забруднення аерозолів, що спостерігаються на відстані до 150 м від осушених пляжів хвостосховища Сухачівське-1, а також у межах сховища «База С» вимагають продовження спостережень і розробки проектів відновлення їх покриття.

7. Спеціальні спостереження за гармонізованими регламентами і узгодженими методиками необхідно провести за вмістом аерозолів в районах впливу основних металургійних і гірсько-хімічних комбінатів міста Кам'янське. За результатами таких спостережень можна буде отримати реальну оцінку впливу різних джерел забруднення атмосферного повітря в місті і визначити пріоритети реабілітаційних заходів для поліпшення екологічного стану міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державна програма приведення небезпечних об'єктів виробничого об'єднання "Придніпровський хімічний завод" в екологічно безпечний стан і забезпечення захисту населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на 2005-2014 роки. Київ: Затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 26.11.2003 р., 2003. № 1846.
2. ДСанПіН Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Київ, 2014
3. Закон України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» № 2464-17 поточна редакція від 11.10.2017, підстава 2148-19. Верховна Рада України. URL: <http://www.rada.gov.ua>.
4. Закон України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ від 14.10.92 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звертання 25.04.22).
5. Сорока Ю.М., Рець Ю.М. Засипання вирви обвалення відходами збагачення та шахтними по-родами з подальшою рекультивацією поверхні. Металургійна та гірничорудна промисловість, 2013.
6. Калашник А.А. Інваріантні та специфічні умови формування різнотипних великих рудних об'єктів Інгульського мегаблоку УЩ // Збірник наукових праць УкрДГРІ, 2016. № 4. С. 45–63.
7. Караван Н.А., Чернявська І.М. Економіка та організація виробництва: навчальний посібник. Кам'янське : ДДТУ, 2021. 414 с.
8. Карамушка В.П. Досвід ведення розвідувальних та проектних робіт при рекультивації територій, порушених при видобутку та переробці уранових руд // Гірський журнал. 2011. № 1.
9. Коваленко Г.Д. Радіоекологія України. Харків: ІД "ІНЖЕК", 2013.

10. Кодекс законів про працю України № 322-08 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text> (дата звертання 25.04.22).

11. Концепція Державної цільової екологічної програми приведення в безпечний стан уранових об'єктів колишнього виробничого об'єднання "Придніпровський хімічний завод". Київ: Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.03.2009 р., 2009. № 284-р.

12. Корніловіч Б.Ю. Сорокін О.Г., Павленко В. М. Кошик Ю.Й., Природоохоронні технології в уранодобувній та переробній промисловості. – К., 2012. 156с.

13. Левчук К. О., Крюковська О. А., Романюк Р. Я. Практикум з безпеки життєдіяльності : навч. посіб. Кам'янське : ДДТУ, 2018. 212 с.

14. Сорока Ю.М., Чесанов В.Л., Рець Ю.М. Обґрунтування радіаційної безпеки при проектуванні заходів по розчищенню р. Коноплянка. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції: Безпека життєдіяльності в ХХІ столітті. (м. Дніпро 20-21 жовтня 2016 р.). Дніпро: ДВНЗ Придніпр. держ. академія буд-ва і архітектури; під редакцією А.С. Белікова, 2016.

15. Сорока Ю.М., Рець Ю.М. Оцінка радіоекологічного стану гірничодобувного підприємства ТОВ "Схід-Руда". Перша науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених України Молодь: наука та інновації. (м. Дніпропетровськ, 3-4 грудня 2013 р.). Дніпропетровськ, 2013. С. 333–335.

16. П(С)БО 7 «Основні засоби», затв. наказом МФУ від 27.04.2000 р. №92. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0288-00>.

17. Сорока Ю.М., Подрезов О.А., Руденко С.А., Рець Ю.М. Про необхідність обліку небезпеки дії іонізуючого випромінювання при роботі на підприємствах гірничої і металургійної галузей. Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. Дніпропетровськ, 2016.

18. Сорока Ю.М., Молчанов О.І., Сорока М.М., Рець Ю.М. Визначення параметрів радіаційного стану навколишнього середовища в районі

розташування Заводу по виробництву ядерного палива. Збірник наукових праць НРУ-Д.: НГУ, 2013. № 41. С. 161-166.

19. Сорока Ю.М., Рець Ю.М. Санітарно-екологічна оцінка результатів моніторингу скидання шахтних вод при перепрофілюванні уранової шахти в залізорудну шахту. Збірник наукових праць НГУ, 2017. № 48. С. 244-253.

20. Сорока Ю.Н., Молчанов А.И., Подрезов А.А., Каулько Е.А., Коровин В.Ю., Погорелов Ю.Н., Меркулов В.А., Валяев А.М. Оцінка можливості довилучення урану з радіоактивних відходів хвостосховища "Західне". Матеріали 8-ої Міжнародної конференції: Співпраця для вирішення проблем відходів. (м. Харків, 23–24 лютого 2011 г.). Електронний ресурс. URL: <http://waste.ua/cooperation /2011/ theses/soroka.html> (25 января 2015), 2011.

21. Soroka Y.N., Zberovsky A.V., Rets Yu.M. Estimation of radiation pollution around uranium mining enterprises / Scientific Reports on Resource Issues TU Bergakademie Freiberg. Freiberg, 2016. Volume 1, p. 356–362.

22. Gatzweiler R. Remediation of former uranium mining and milling facilities in Germany – the Wismut experience. Internat. Symp. on Restoration of environments with radioactive residues. (Arlington, Virginia, 29 November - 3 December 1999 y.). Vienna: International Atomic Energy Agency IAEA-SM-359/3D.5, 2000, p. 477-501.

23. Knapp R.B., Richardson J.H., Rosenbuerg N., Smith D.K., Tompson A.F.B., Sarnogoev A., Duisebayev B., Janecky D.. Radioactive tailings issues in Kyrgyzstan and Kazakhstan: 9th Internat. Conf. on Tailings and Mine Waste, Fort Collins. (Colorado, 27-30 January 2002 y.). A.A. Balkema. Lisse, 2002.

24. Knapp, R.A. Restoration of environments with radioactive residues – the Elliot Lake case study. Internat. Symp. on Restoration of environments with radioactive residues. (Arlington, Virginia, 29 November - 3 December 1999y.). Paper SM-359/3D.2. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000, p. 445-449.

25. Walker S.. Restoration principles and criteria: US EPA superfund program policy for cleanup at radiation contaminated sites .Radioprotection, 2009. Volume 44. N. 5, p. 351-357.