Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

«ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ НА ПРИКЛАДІ ОСНОВ'ЯНСЬКОГО РАЙОНУ М.ХАРКІВ»

Виконав студент 2 курсу,
групи НФ-61
Переверзєв Б.Г. _____
Спеціальність 105 Прикладна фізика
та наноматеріали
Освітня програма: Прикладна фізика
енергетичних систем
Керівник:
д-р фіз.-мат. наук, професор
Пеліхатий М. М. _____
Рецензент:
_____ _____

Харків – 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Факультет _____фізико-енергетичний_____
Кафедра __ фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології ____
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) __магістр
Спеціальність _105 прикладна фізика та наноматеріали_____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ _Ткаченко В.І.
підпис ініціали,прізвище

"____"_____20___року

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

_____Переверзєва Богдана Геннадійовича_____
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Оцінка радіаційного стану території в режимі реального часу на прикладі Основ'янського району»,

керівник роботи Пеліхатий М. М. д-р фіз.-мат. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "_"_____

2. Строк подання студентом роботи _____
3. Перелік питань, які потрібно розробити
Скласти мапу з контрольними точками на досліджуваній території. Провести вимірювання рівня радіаційного фону та зафіксувати погодні умови протягом календарного місяця. Провести аналіз отриманих результатів, та зробити висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Аналітичний огляд наукових робіт.
2	Проведення вимірювань на обраній території на протязі 1-го місяця.
3	Первинна обробка даних.
4	Аналіз та обробка отриманих результатів.
5	Висновки.

5. Дата видачі завдання_______

Студент _____ **Переверзєв Б.Г.**
підпис ініціали,прізвище

Керівник роботи _____ **Пеліхатий М.М.**
підпис ініціали,прізвище

РЕФЕРАТ

Переверзєв Богдан Геннадійович «Оцінка радіаційного стану території в режимі реального часу на прикладі Основ'янського району» (випускна робота магістра). – Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, 2019. – 60с.

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновка та додатку; містить 48 рисунка та 6 таблиць, список використаних джерел з 21 найменування.

У роботі досліджуються питання пов'язання з екологічною безпекою населення Основ'янського району. Проведено вимірювання радіаційного фону в центральному не промисловому, житловому районі міста Харкова. Розроблена методика обробки отриманих даних та побудовані карти радіаційного фону для визначення рівня екологічної безпеки. Наведена залежність потужності дози радіаційного випромінювання від метеоумов.

Ключові слова: РАДІАЦІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ ФОН, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, РЕГРЕСИВНА МОДЕЛ, КАРТА РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ.

РЕФЕРАТ

Переверзев Богдан Геннадьевич «Оценка радиационной обстановки территории в режиме реального времени на примере Основянского района» (выпускная работа магистра). – Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, 2019. – 60стр.

Работа состоит из введения, пяти разделов, выводов и приложение; содержит 48 рисунок и 6 таблиц, список используемых источников из 21 наименований.

В работе исследуются вопросы связывания с экологической безопасностью населения Основянского района. Проведены измерения радиационного фона в центральном не промышленном, жилом районе города Харькова. Разработана методика обработки полученных данных и построены карты радиационного фона для определения уровня экологической безопасности. Приведена зависимость мощности дозы радиационного излучения от метеоусловий.

Ключевые слова: РАДИАЦИЯ, РАДИАЦИОННЫЙ ФОН, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ, КАРТА РАДИАЦИОННОГО ФОНА.

ABSTRACT

Pereverziev Bohdan «Real-time assessment of the radiation situation in the territory using the example of Osnovyansky district» (master's graduation work). – V. N. Karazin Kharkiv National University 2019 – 60p.

The work consists of introduction, five sections and conclusions; contains 48 figures and 6 tables, a list of sources used from 21 items.

The work examines the issues of linking with the environmental safety of the population of the Osnovyansky district. Measured radiation background in the central non-industrial, residential area of the city of Kharkov. A methodology for processing the obtained data was developed and maps of the radiation background were constructed to determine the level of environmental safety. The dependence of the dose rate of radiation on weather conditions is given.

Keywords: RADIATION, RADIATION BACKGROUND, ENVIRONMENTAL SAFETY, REGRESSION MODEL, MAP OF RADIATION BACKGROUND.

ЗМІСТ

ВСТУП 8

РОЗДІЛ 1 Вивченяя питання зміни показників радіаційного фону.....11

РОЗДІЛ 2 Методика вимірювань радіаційного фону.....15

РОЗДІЛ 3 Побудова поля радіаційного фону.....26

РОЗДІЛ 4 Результати обробки та їх обговорення.....31

РОЗДІЛ 5 Визначення залежності потужності дози від метеоумов 47

ВИСНОВКИ.....51

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....52

ДОДАТКИ.....55

ВСТУП

Темою для дослідження була обрана оцінка радіаційного стану території в режимі реального часу. Для інтересу була обрана одна з найпопулярніших серед мешканців та гостей Харкова територія, яка є частиною Основ'янського району (раніше Червонозаводський район) і частиною Шевченківського району.

На цій території розташовується велика кількість паркім, кафе, пам'ятників, та інше. До переліку пам'яток архітектури входять наступні об'єкти: Собор Успіння Пресвятої Богородиці він же Успенський собор, це один з найстаріших православних храмів Харкова. П'ятий з дванадцяти офіційних символів міста, заснування якого відбулося у 1657 ріці. Покровський монастир, Оглядовий майданчик, який відкриває вид на Собор Благовіщення Пресвятої Богородиці (Благовіщенський собор), який є другим офіційним символом Харкова. Будівля харківської міської ради, який так само є одним з офіційних символів Харкова. Харківський історичний музей. На досліджуваній території знаходяться дві загальноосвітні школи, технологічний ліцей, українська інженерно-педагогічна академія (УІПА), яка відома тим, що знаходиться в будівлі палацу генерал-губернатора, яке потім було будівлею університету імені В.Н. Каразіна, та багато інших освітніх установ. Також на досліджуваній території знаходиться одне з найвідоміших і часто відвідуваних харків'янами та гостями Харкова місце - сквер «Стрілка». Сквер на перетині двох річок, Харків і Лопань, сквер розташований уздовж набережної.

Виходячи з перерахованого вище можна зробити висновок, що обрана територія має інтерес для населення, а також має інтерес для нашого дослідження території на стан екологічної безпеки та вплив радіаційного фону на здоров'я жителів і гостей даної території. Також на даній території раніше не проводилися загальнодоступні вимірювання радіаційного фону.

Радіація поширюється з великою швидкістю. І зберігає свої властивості протягом великого проміжку часу. Організм людини може піддаватися радіоактивному випромінюванню кожен день. І особливістю радіації те, що вона не має відчутних для людини ознак, таких як запах, колір, та інше. Тому, людина може знаходиться в зоні небезпеки протягом багатьох років, і не здогадуватися про наслідки до того часу, поки людина не відчує ознак радіоактивного опромінення. В наші дні одне з найпоширеніших наслідків постійного радіоактивного опромінення є онкологія.

Спостереження за радіаційним станом довкілля (енергетичним полем радіо активного випромінювання) досліджуваної території, аналіз його поведінки у просторі і часі, дослідження його впливу на живі організми, тобто його дії на зміни біоти, на результати господарської діяльності, на стан здоров'я людини передбачає роботу з просторово розподіленими даними різної фізичної природи. При цьому територія розглядається множиною карт, що вміщує і карти радіаційного забруднення. Для формування таких карт необхідно мати функціональний вираз залежності інтенсивності поля радіаційного забруднення від просторових координат, тобто необхідно розв'язувати дві задачі такі як: побудова дискретної картини просторового розподілу радіаційного забруднення (інтенсивності поля радіаційного випромінювання) і відновлення функціональної залежності за її дискретними значеннями [5].

Тому метою даної роботи є організація та проведення вимірювань рівня радіаційного фону в центральному непромисловому, житловому районі м. Харкова, розробка методики обробки отриманих даних та побудови карт радіаційного фону, тобто визначення рівня екологічної безпеки на контрольованій території.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження рівня радіаційного фону проводилися на частині території м. Харкова загальною площею більшою за 1 кв. км, карта якої наведена на рисунку 1. Вимірювання проводилися з 01-

го жовтня 2019 року по 31 жовтня 2019 року включно щодня з 14-ї до 18-ї години ранку у 25-ти контрольних точках, які наведені на карті рисунку 2.1. За початок відліку координат було прийнято точку №1 з координатами (0,0) – центр контрольованої зони.

РОЗДІЛ 1
ВИВЧЕНЯЯ ПИТАННЯ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ

Радіоактивність та супутнє їй іонізуюче випромінювання існували завжди. Вважається, що іонізуюче випромінювання супроводжувало великий вибух, з якого, можливо, почалося існування нашого Всесвіту близько 20 млрд років тому. Радіація присутня у космічному просторі, а радіоактивні матеріали увійшли до складу Землі із самого її народження [1].

Зародження життя на нашій планеті відбувалося в присутності радіаційного фону навколишнього середовища. Вчені часто дискутують про те, йшло чи розвиток життя наперекір постійному прихованого патогенного впливу радіації або ж здатність іонізуючих випромінювань викликати мутації і послужила основною причиною безперервної еволюції біологічних видів в сторону підвищення їх організації. Однак в даний час ніхто не зможе з упевненістю сказати, як насправді йде справа.

Ми не будемо глибоко вдаватися в історію радіоекології. Радіація в руках людини може як подарувати світло в будинку, так і стати причиною великої трагедії. Далі ми розглянемо основні етапи розвитку радіоекології та поговоримо про наслідки аварії на ЧАЕС.

В історії радіоекології виділяють чотири етапи.

Перший етап (1895 – 1940). Початок цього етапу історії тісно пов'язаний з історією відкриття рентгенівського випромінення у 1895 році. 8 листопада 1895 Вільгельм Рентген вимкнувши всі прилади і світло у своїй лабораторії, зауважив, що баночка з прозорою рідиною в одному з кутів початку світитися зеленим світлом. Так і почалося дослідження цього явища. А у 1901 році Рентген отримав Нобелівську премію в галузі фізики.

В цей етап головну увагу вчені звертали на розподіл в біосфері важких природних радіонуклідів і на якісні оцінки природного радіаційного фону. Визначення частки природної радіоактивності в загальному

опроміненні живих організмів, дослідження міграції та концентрування природних радіонуклідів в біосфері та встановлення ролі і значення природної радіоактивності в життєвих процесах і загальної еволюції живого в даний час складає першу проблему радіоекології [2].

Другий етап (1950-е – 1960-е) Післявоєнний час. Ядерні перегони між СРСР і США та загроза ядерної війни. Час інтенсивних ядерних випробувань, коли були виконані великомасштабні дослідження міграції основних вагомих штучних радіонуклідів і оцінені кількісно променеві ефекти на біогенетичному рівні [2]. Також в 1954 році почала свою роботу перша у світі атомна електростанція в м.Обнінськ Калузької області.

Третій етап (з кінця 60-х років). Коли основні проблеми радіоекології стали пов'язувати з екологічними аспектами безпечного використання ядерної енергетики і починається застосування радіаційних біотехнологій. Визначення розмірів і шляхів усунення шкідливого впливу на людину радіації, пов'язаної з радіоактивними відходами, викидами атомних електростанцій, використанням закритих і відкритих джерел іонізуючого випромінювання в наукових дослідженнях, промисловості, медицині, сільському господарстві [2].

Четвертий етап (1986 рік) Цей етап в історії пов'язаний з аварією на Чорнобильській АЕС. Цей період характеризується вивченням ступеня ризику використання АЕС, розробкою технологій безпечного використання ядерної енергетики та утилізації радіоактивних відходів [2].

У 2010 році СБУ оприлюднила 49 секретних документів, щодо аварії на Чорнобильській атомній електростанції [3].

За повідомленням прес-служби, ці документи (доповідні записки, інформаційні повідомлення та ін.) Містять інформацію про факти неякісного будівництва і монтажних роботах, про порушення технологічної дисципліни та правил безпеки. За розсекреченими матеріалами КДБ УРСР з 1971 року по 1981 включно на станції було зафіксовано 29 аварійних

зупинок, в тому числі кілька незначних аварій. Вісім з них сталися з вини персоналу [3].

Деякі документи привернули і нашу увагу. Один з цих документів це довідка про радіаційний стан в областях республіки за станом на 16.10.1986. Дані наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Радіаційний стан в областях республіки за станом на 16.10.1986 [4]

Місто	Рівень радіації (мкЗв/годину)		
м. Київ			
	15.10, 06:00	15.10, 22:00	16.10, 06:00
Жуляни	0,45	0,5	0,5
Гідропарк	0,45	0,4	0,45
проспект Науки	0,6	0,6	0,5
Святошин	0,5	0,4	0,5
Вишгород	0,7	0,6	0,6
Вінниця	0,25	0,2	0,2
Луцьк	0,15	0,15	0,15
Ворошиловград (Луганськ)	0,2	0,2	0,2
Донецьк	0,2	0,2	0,2
Житомир	0,2	0,2	0,2
Ужгород	0,2	0,2	0,2
Запоріжжя	0,15	0,15	0,15
Івано-Франківськ	0,2	0,2	0,2
Одеса	0,1	0,2	0,2
Полтава	0,15	0,15	0,15
Рівне	0,15	0,15	0,15
Суми	0,15	0,15	0,15
Харків	0,2	0,2	0,2
Черкаси	0,2	0,2	0,2
Чернівці́	0,2	0,2	0,2
Чернігів	0,5	0,4	0,5

Наведемо ще кілька цікавих фактів пов'язаних з наслідками аварій на ЧАЕС з документів КДБ.

За даними технічної служби радіаційного контролю на 8.00 годину 01.05.1986р. рівень радіації в зоні аварії становить до 1000 мікрорентген на секунду, в окремих районах міста Прип'яті 60 –100 мікрорентген на секунду [9].

За даними Республіканського Управління по гідрометеорології та контролю природного середовища переміщення повітряних мас з району аварії викликало підвищення природного фону випромінювання в ряді областей на 20 - 2000 мікрорентген на годину (в г. Київ о 7 год. 01.05.86 рік 550 – 1200 мікрорентген на годину) [9].

За даними з Таблиці 1.1 і наведених фактах, ми можемо зробити висновок, про великі скорочення радіаційного фону в період з 01.05.1986 по 16.10.1986 на прикладі міста Києва. Було в проміжку від 5.5 – 12 мкЗв/год. стало 0.4 – 0.7 мкЗв/год.

Але нас цікавить Харків. Як видно з таблиці 1.1, фон в Харкові хоч і досить високий, але відповідає нормі. Для жителів міста загрозу можуть становити продукти сільського господарства і будівельні матеріали, які могли бути ввезені на територію Харкова з Київської області.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАНЬ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ

Найважливішою частиною сучасної радіаційної екології є радіаційний моніторинг, який є системою безперервного спостереження за тимчасовою і просторовою динамікою радіаційного фону в фіксованих об'єктах спостереження або на окремих контрольованих територіях. Основне завдання радіаційного моніторингу зводиться до оперативного виявлення надфонових рівнів іонізуючих випромінювань, які є симптомами виникнення надзвичайних ситуацій [5].

Атмосферне повітря є найбільш мобільним природним середовищем, в яку здійснюються викиди з підприємств, в тому числі й аварійні. Тому для найбільш оперативного виявлення підвищень радіаційного фону здійснюється моніторинг саме цього середовища [6].

Ретельно проведений експеримент може гарантувати певність отриманих даний. На карті місцевості були визначені 25 контрольних точок (рис.2.1). Обрані точки покривають площу діаметром $d=1$ км. Вибір досить малої площі обумовлений прагненням мінімізувати похибку вимірювань і виконати більш щільне покриття території для ретельного дослідження. Як говорилося раніше, дана територія має високу щільність населення і має всю інфраструктуру для культури і відпочинку харків'ян та гостей Харкова.

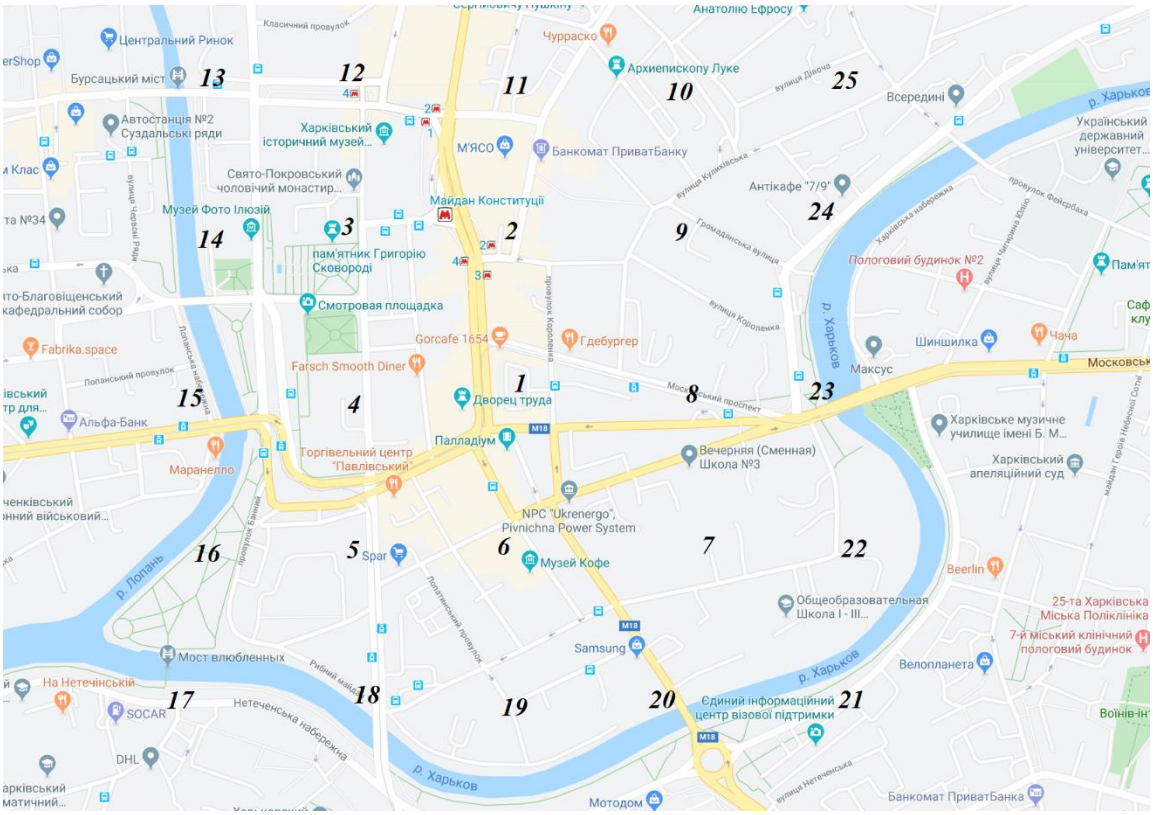


Рис.2.1. Схема розташування контрольних точок на Google мапі.

Експеримент проводився протягом одного календарного місяця. Дата початку вимірювань припала на 1 жовтня, і дата закінчення експерименту 31 жовтня 2019 р. Експеримент проводився кожен день, навіть під проливним дощем, благо такий день був тільки один. Виміри проводилися строго в певний час з 2:00 години після полудня. Вимірювання займали від чотирьох до п'яти годин. У кожній з 25 точок проводилася оцінка потужності дози гамма-випромінювання, без винятку.

Прилад для приведення вимірювань в рамках експерименту був використаний дозиметр «ТЕРРА-П» МКС-05 від компанії Ecotest. Даний дозиметр відповідає вимогам РЄ стандарту, має висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи № 5.10 / 6300 від 20.02.2002р., Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи для використання в навчальних закладах № 05.03.02-04 / 20545 від 09.04.2009г [8].

Даний дозиметр є найпопулярнішим дозиметром на українському ринку. Прилад створено на базі професійного приладу МКС-05 «ТЕРРА», який знаходиться на озброєнні української армії [8].

ТЕРРА-П дозволяє перевірити радіаційну безпеку місць проживання, роботи та відпочинку. Дозиметр вимірює рівень гамма-фону і накопичену дозу, оцінює бета-забруднення. Виконано в ударостійкому корпусі жовтого кольору і має компактні розміри, зображення пристрою представлено на Рис. 2.2 [8].

Дозиметр «ТЕРРА-П» відповідає педагогічним вимогам і рекомендований Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України для використання в навчальних закладах в якості наочного посібника [8].

Технічні характеристики даного приладу представлені в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Основні технічні характеристики [8]

Діапазони вимірювань і межі допустимих відносних основних похибок		
Потужності амбієнтного еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінення	мкЗв/год.	0,1…999,9
	%	±(25+2/H*(10)), де H*(10) – числове значення виміряної ПАЕД, еквівалентну мкЗв/год.
амбієнтного еквівалентної дози гамма та рентгенівського випромінення (мкЗв)		0,001…9 999; ±25%
густини потоку бета-частинок, в якому можлива оцінка поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами ($^{90}Sr+^{90}Y$) (1/(см²·хвилину))		10…100 000

(продовження таблиці 2.1.)

Енергетичні діапазони вимірювань та енергетична залежність	
гамма- та рентгенівського випромінення (МеВ)	0,05-3,0; ±25%
бета-випромінення (МеВ)	0,5-3,0
Часові інтервали вимірювань (секунди)	5-70
Час безперервної роботи від нових елементів живлення (години)	6 000
Діапазон робочих температур (°С)	Від -10 до +50
Вага (г)	200
Габарити (мм)	55×26×120



Рис.2 2. Зображення дозиметра МКС-05 «ТЕРРА-П» [8]

Результати вимірювань потужності гамма-випромінення наведені в Таблиці 2.2. В даній таблиці координати представлені в метрах. Початковою точкою вибрана точка 1, координати якої є (0, 0). Також в таблиці наведено інформацію про погоду на день проведення вимірювання.

Перед таблицею треба ввести деякі пояснення. Всі вимірювання проводилися протягом одного календарного місяця з 1 жовтня по 31 жовтня. В інформації про погоду використані наступні скорочення: У графі з інформацією про вітер поруч з числовим значенням, яке має розмірність – метри в секунду, в дужках вказано напрямок вітру. Де Північ – П, Південь – П’, Захід – З, Схід – С. Хмарність теж має скорочення: ясно – Я, похмуро – П, хмарно з проясненнями – ХП. Всі вимірювання проводилися та представлені в мкЗв/годину.

Таблиця 2.2

№ точки	Координати		Дата вимірювання (Жовтень)															
	X	Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	0	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	0,12	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,13	0,12
2	0	261	0,13	0,12	0,1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,11	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,16	0,12
3	-260	261	0,14	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,14	0,12	0,1	0,14	0,12	0,18	0,13
4	-260	-9	0,14	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,12	0,18	0,14	0,14	0,14	0,16	0,18	0,14
5	-260	-525	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13	0,14	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,11	0,15	0,15	0,12
6	6	-525	0,13	0,14	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14	0,13	0,12	0,12	0,08	0,14	0,14	0,13	0,11
7	274	-525	0,13	0,15	0,13	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14	0,11	0,15	0,12	0,13	0,15	0,14	0,15	0,15
8	274	-262	0,12	0,11	0,13	0,13	0,12	0,13	0,15	0,13	0,13	0,12	0,15	0,15	0,13	0,14	0,14	0,11
9	274	0	0,13	0,12	0,11	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,12	0,11	0,14	0,12	0,12	0,13
10	274	268	0,15	0,16	0,14	0,15	0,14	0,13	0,13	0,15	0,15	0,11	0,13	0,12	0,15	0,14	0,15	0,12
11	6	268	0,14	0,11	0,13	0,14	0,14	0,12	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15
12	-258	268	0,14	0,12	0,15	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14	0,15	0,13	0,14	0,15	0,15	0,13
13	-518	268	0,12	0,13	0,09	0,13	0,12	0,13	0,11	0,11	0,14	0,12	0,12	0,1	0,11	0,15	0,15	0,11
14	-556	-6	0,12	0,15	0,12	0,13	0,13	0,11	0,13	0,13	0,13	0,14	0,12	0,14	0,15	0,13	0,14	0,12
15	-556	-260	0,15	0,15	0,12	0,15	0,13	0,12	0,14	0,13	0,12	0,13	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15	0,11
16	-556	-490	0,11	0,12	0,11	0,1	0,09	0,13	0,12	0,1	0,14	0,13	0,12	0,1	0,11	0,11	0,13	0,09
17	-614	-732	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,16	0,16	0,14	0,16	0,18	0,15	0,18	0,12	0,13	0,14	0,1
18	-305	-732	0,11	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	0,1	0,12	0,13	0,1	0,13	0,11	0,12	0,11
19	-43	-732	0,14	0,15	0,15	0,14	0,16	0,15	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16	0,18	0,18	0,13	0,17	0,18
20	223	749	0,13	0,15	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13	0,14	0,13	0,11	0,13	0,14	0,14	0,08
21	486	-749	0,11	0,14	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,1	0,12	0,14	0,11
22	486	-497	0,12	0,14	0,09	0,13	0,1	0,12	0,13	0,11	0,13	0,11	0,13	0,14	0,15	0,12	0,14	0,1
23	486	-235	0,18	0,2	0,17	0,18	0,19	0,16	0,18	0,19	0,17	0,18	0,17	0,18	0,17	0,2	0,22	0,17
24	486	30	0,15	0,1	0,14	0,12	0,12	0,14	0,14	0,12	0,14	0,15	0,15	0,12	0,12	0,12	0,14	0,1
25	486	285	0,14	0,14	0,15	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14
Температура (°C)			15	20	23	19	11	7	8	8	9	17	16	16	22	23	22	22
Тиск (мм рт. ст)			740	748	744	743	742	740	747	752	751	746	749	753	751	753	752	754
Хмарність			П	Я	Я	ПХ	П	П	П	ПХ	П	Х.	Х	Х	ПХ	Я	Я	Я
Вітер ((м/с) напрям.)			7,5(З)	4,2(П)	4,7(ПС)	3,4(ПЗ)	4(П'С)	6,3(З)	3 (ПЗ)	3,8(З)	6,1(П)	7,6(П)	3,9(П'З)	6,1(ПЗ)	6,2(ПЗ)	3,7(ПЗ)	2,9(ПЗ)	3,6(С)
Вологість (%)			63	46	51	61	88	70	59	45	61	61	64	53	52	46	51	51

Продовження таблиці 2.2

№ точки	Координати		Дата вимірювання (Жовтень)														
	X	Y	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0,15	0,14	0,14	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,14	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12
2	0	261	0,14	0,12	0,14	0,14	0,11	0,12	0,13	0,14	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13
3	-260	261	0,14	0,14	0,15	0,14	0,11	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12	0,15	0,14	0,13	0,14	0,14
4	-260	-9	0,16	0,16	0,16	0,15	0,12	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15
5	-260	-525	0,13	0,13	0,13	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12
6	6	-525	0,1	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12
7	274	-525	0,13	0,14	0,13	0,13	0,11	0,13	0,12	0,14	0,13	0,14	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13
8	274	-262	0,14	0,14	0,13	0,12	0,1	0,12	0,12	0,12	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
9	274	0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,1	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11
10	274	268	0,14	0,14	0,12	0,14	0,15	0,13	0,13	0,15	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14
11	6	268	0,15	0,15	0,15	0,16	0,14	0,16	0,15	0,13	0,13	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15
12	-258	268	0,13	0,11	0,11	0,13	0,1	0,11	0,13	0,12	0,14	0,13	0,14	0,11	0,11	0,16	0,14
13	-518	268	0,11	0,11	0,13	0,11	0,14	0,12	0,14	0,11	0,12	0,13	0,12	0,14	0,12	0,12	0,13
14	-556	-6	0,12	0,12	0,13	0,12	0,09	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13
15	-556	-260	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14
16	-556	-490	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11
17	-614	-732	0,14	0,14	0,12	0,13	0,12	0,13	0,12	0,13	0,15	0,12	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
18	-305	-732	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12
19	-43	-732	0,15	0,15	0,15	0,15	0,18	0,12	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,15
20	223	749	0,11	0,12	0,14	0,11	0,12	0,13	0,11	0,14	0,14	0,11	0,13	0,13	0,12	0,13	0,12
21	486	-749	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13
22	486	-497	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
23	486	-235	0,17	0,18	0,19	0,2	0,2	0,19	0,2	0,19	0,17	0,19	0,18	0,2	0,2	0,19	0,2
24	486	30	0,11	0,11	0,1	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13
25	486	285	0,14	0,14	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13
Температура (°C)			20	22	20	20	15	12	11	11	14	12	15	10	12	5	1
Тиск (мм рт. ст)			752	750	755	755	755	755	753	752	752	753	749	746	748	750	755
Хмарність			Я	Я	Я	Я	П	П	П	П	Х	ПХ	Я	П	ПХ	ПХ	П
Вітер ((м/с) напрям.)			4(П)	1,1(ПЗ)	0,8(ПЗ)	2,3(П)	2,7(ПС)	3(П'З)	3,1(ПЗ)	2,9(З)	1,4(С)	3(З)	4,9(ПЗ)	3,5(ПЗ)	3,7(П')	6,7(П'З)	5(П'З)
Вологість (%)			50	47	44	45	53	63	73	83	68	73	76	82	61	43	41

Якщо проаналізувати результати експерименту, то отримуємо наступну таблицю (див. таблиця 2.3) з мінімальними, середніми, максимальними значеннями для кожної точки.

Таблиця 2.3

Мінімальні, середні, максимальні значення вимірювань (мкЗв/годину)

№ контрольної точки	Мінімальне значення	Середнє значення	Максимальне значення
1	0,11	0,129032258	0,15
2	0,1	0,129032258	0,16
3	0,1	0,132580645	0,18
4	0,12	0,148709677	0,18
5	0,11	0,12516129	0,15
6	0,08	0,120967742	0,14
7	0,11	0,132580645	0,15
8	0,1	0,127419355	0,15
9	0,1	0,122258065	0,14
10	0,11	0,138064516	0,16
11	0,11	0,143548387	0,16
12	0,1	0,130967742	0,16
13	0,09	0,122258065	0,15
14	0,09	0,126451613	0,15
15	0,11	0,135483871	0,15
16	0,09	0,114193548	0,14
17	0,1	0,137419355	0,18
18	0,1	0,116774194	0,13
19	0,12	0,153870968	0,18
20	0,08	0,127741935	0,15
21	0,1	0,122903226	0,14
22	0,09	0,12	0,15
23	0,16	0,185806452	0,22
24	0,1	0,124193548	0,15
25	0,12	0,13516129	0,15

Як видно з таблиці 2.3 мінімальні показники були в точках 6, 20 показники яких дорівнюють 0,08 мкЗв/годину. Максимальний показник спостерігався в точці 23 та показник дорівнював 0,22 мкЗв/годину. Як спостерігається з таблиці 2.2, то ми не можемо знайти залежність від погодних умов, тому ми можемо зробити висновок, що залежність від погодних умов мінімальна або її взагалі немає, але це ми перевіримо далі.

Первинна обробка результатів біла проведена за допомогою інструменту "Двохфакторний дисперсійний аналіз без повторень" (*Eng. Two-Factor without Replication*) який входить до пакета Data Analysis Tools табличного процесора Microsoft Office Excel. Ми використовували офіційну ліцензійну версію Microsoft Office 2013 для домашнього використання.

У двохфакторному дисперсійному аналізі перевіряється гіпотеза про рівність математичних очікувань вихідного контрольованого параметра при різних рівнях двох факторів.

Рівні фактору *A* (відповідає різним методам) будемо позначати буквою *i* (*i* змінюється від 1 до 3). У загальному випадку може бути *a* рівнів фактору *A*. Кожному рівню фактору *A* відповідає одна вибірка (складається з 4-х вимірів, по одному для кожного оператора) [10].

Рівні фактору *B* (відповідає різним операторам чи блокам) будемо позначати буквою *j* (*j* змінюється від 1 до 4). У загальному випадку може бути *b* рівнів фактору *B*. Кожному рівню фактору *B* відповідає одна вибірка (складається з 3-х вимірів, по одному для кожного методу) [10].

Безпосередньо виміряні значення *Y* при заданому рівні фактору *A* (*i*) та рівні фактору *B* (*j*) будемо позначати y_{ij}. Якщо фактор дійсно впливає на залежну змінну *Y*, то при різних рівнях фактору ми повинні в середньому отримувати різні значення *Y*. Іншими словами, ми повинні отримати «помітно різняться» середні вибірки при різних рівнях фактору *A* [10]:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{b}\sum_{j=1}^{b} y_{ij} \qquad (2.1)$$

Або середні значення при різних рівнях фактору *B* [10]:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{a}\sum_{i=1}^{a} y_{ij} \tag{2.2}$$

Також визначимо загальну середню [10]:

$$\bar{y} = \frac{1}{a * b}\sum_{j=1}^{b}\sum_{i=1}^{a} y_{ij} \tag{2.3}$$

Загальну мінливість (розкид) значень *Y* відносно щодо загальної середньої (*SST = Sum of Squares Total*, загальна сума квадратів) визначимо як суму декількох компонентів, у даному випадку 3-х: *SST*=*SSA*+*SSB*+*SSE*.

- *SSA* – мінливість обумовлена вибором методу обробки (фактор A);
- *SSB* – мінливість обумовлена вибором оператора (фактор B);
- SSE – помилка моделі.

SST і все 3 компоненти обчислюються на підставі наявних значень вибірок (вимірювань) [10]:

$$SST = \sum_{j=1}^{b}\sum_{i=1}^{a}\left(y_{ij} - \bar{y}\right)^2 \tag{2.4}$$

$$SSA = b\sum_{i=1}^{a}(\bar{y}_i - \bar{y})^2 \tag{2.5}$$

$$SSB = a\sum_{j=1}^{b}\left(\bar{y}_j - \bar{y}\right)^2 \tag{2.6}$$

$$SSE = \sum_{j=1}^{b}\sum_{i=1}^{a}\left(y_{ij} - \bar{y}_j - \bar{y}_i + \bar{y}\right)^2 \tag{2.7}$$

Таблиця 2.4

Результати застосування двохфакторного дисперсійного аналізу до Таблиці 2.2

Джерело варіації	*SS*	*Df*	*MS*	*F*	*P*-значення	*F* критичне
Рядки (точки)	0,1599	24	0,00666	48,35026609	1,6153E-132	1,532478457
Стовпці (дати)	0,0166	30	0,00055	4,003807919	1,36909E-11	1,475057083
Помилка	0,0992	720	0,00014			
Всього	0,2757	774				

Проаналізуємо дані отримані за допомогою двохфакторного дисперсійного аналізу, які наведені в Таблиці 2.4.

Дані свідчать, що основний вплив роблять рядки, тобто розташування контрольних точок (вплив – 58%) та є достовірною, бо значущість впливу за Фішером становить $p = 1{,}6153*10^{-132} < 0{,}05$, та $F_{\text{фактор}} = 48{,}350 > F_{\text{критичне}} = 1{,}532$. Варіабельність результатів стовпців (тобто дати проведення вимірювань) має менший вплив лише 6%, але як і розташування точок є правдивими бо значущість впливу за Фішером становить $p = 1{,}3691*10^{-11} < 0{,}05$, та $F_{\text{фактор}} = 4{,}004 > F_{\text{критичне}} = 1{,}475$. Вплив випадкових факторів складав – 36%

РОЗДІЛ 3
ПОБУДОВА ПОЛЯ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ

Побудова поля радіаційного фону на місцевості – одне з найважливіших завдань радіаційного моніторингу. Виникає питання, як на підставі вимірювань, які були проведені в певній кількості розпорошених точок, відновити цілісну картину розподілу радіації на всій площі контрольованої території (рис.2.1). Будемо використовувати метод побудові карт радіаційного фону якій заснований на побудові регресійних моделей для поля радіації у вигляді поліномів різних ступенів за значеннями поточних координат випадкової точки яка находиться в зони спостереження [16–19]. Даний підхід має ряд безсумнівних переваг: застосування методу найменших квадратів дозволяє вірогідно отримати значення коефіцієнту регресії для кожної точки; регресивні моделі в цілому є вірогідними, тому що мають високі значення коефіцієнту детермінації; вони переважно також вірогідними за критерієм Фішера; статистична помилка регресії на території зони спостережень знаходиться в межах малих відсотків.

Модель [20], регресія будується не за двома координатами точки М (х, у) в межах зони спостереження, а за однією – відстанню від цієї точки до найближчої до неї *і-ої* точки спостережень, яка лежить на ламаній лінії, приклад наведеній на рисунку 3.1, що послідовно з'єднує усі точки спостережень, які розташовані в порядку зростання рівня радіації.

Перевагою цієї моделі є те, що завищення рівня радіаційного фону біля границі і за межами контрольованої зони відсутнє. Застосування даного алгоритму для обробки отриманих даних ускладняється тим, що залежність потужності дози від відстані уздовж ламаної, яка послідовно з’єднує усі контрольні точки від 1-ї до 25-ї, не є монотонною, а має нерівномірний характер. Побудова рівняння регресії за цими даними є дуже складним завданням.

В роботі [21] була запропонована модифікація відомого алгоритму, яка передбачає попереднє сортування точок спостережень за зростанням потужності дози від мінімального до максимального значення. При цьому одержують монотонну криву неспадної функції потужності дози від значення відстані l вздовж деякої ламаної лінії, що з'єднує усі відсортовані за зростанням потужності дози контрольні точки вимірювань. На рисунку 3.1 наведена типова ламана за даними проведених спостережень від 13.10.2019 р.

Дана ламана щільно накриває всю контрольовану зону. Відстань l уздовж ламаної можна обчислити за координатами відсортованих точок спостережень. В таблиці 3.1 наведені відсортовані значення відстані вздовж ламаної та відповідні значення потужності дози за даними від 01.10.2019.

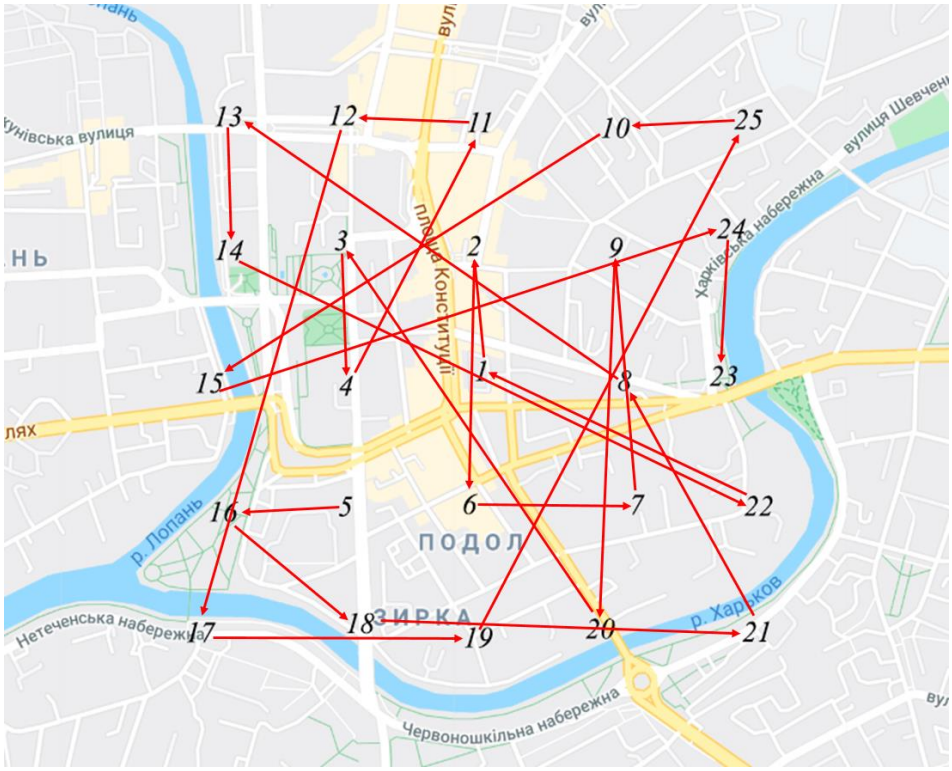


Рис.3.1. Схема побудови ламаної за зростанням потужності дози від 5-ї точки до 23-ї (за даними від 1.10.2019)

Таблиця 3.1

Відсортовані значення відстані вздовж ламаної рис.3.1 та відповідні значення потужності дози за даними від 01.10.2019

№ точки	№ точки на ламаній	Доза *(мкЗв/год)*	*Δl (м)*	*l(м)*
5	1	0,11	0	0.0
16	2	0,11	298,062	298,062
18	3	0,11	348,662	646,724
21	4	0,11	791,182	1437,907
8	5	0,12	531,143	1969,05
13	6	0,12	952,976	2922,026
14	7	0,12	276,623	3198,648
22	8	0,12	1151,888	4350,536
1	9	0,13	695,13	5045,666
2	10	0,13	261	5306,666
6	11	0,13	786,023	6092,688
7	12	0,13	268	6360,688
9	13	0,13	525	6885,688
20	14	0,13	750,734	7636,423
3	15	0,14	686,61	8323,033
4	16	0,14	270	8593,033
11	17	0,14	384,038	8977,070
12	18	0,14	264	9241,070
17	19	0,14	1061,478	10302,549
19	20	0,14	571	10873,549
25	21	0,14	1146,355	12019,904
10	22	0,15	212,681	12232,584
15	23	0,15	983,709	13216,293
24	24	0,15	1081,602	14297,896
23	25	0,18	265	14562,896

Тобто загальна довжина ламаної на рисунку 3.1 наближається до 15 км.

Далі за допомогою програми «Maple 2019» (фірми Maplesoft, 2019 рік) будувалися рівняння регресії для потужності дози *d* у вигляді поліномів 6-

го ступеня за l для кожної доби спостережень (приклад наведено в Додатку). Для прикладу від 01.10.19 цей поліном мав наступний вигляд:

$$R := 4.107452286\,10^{-25}\,l^6 - 1.672964050\,10^{-20}\,l^5 + 2.601811833\,10^{-16}\,l^4 - 1.921424587\,10^{-12}\,l^3 + 6.620645977\,10^{-9}\,l^2 - 4.947839779\,10^{-6}\,l + 0.1105506388$$

Передбачення цієї регресії щодо залежності потужності d дози від l наведені на рисунку 3.2:

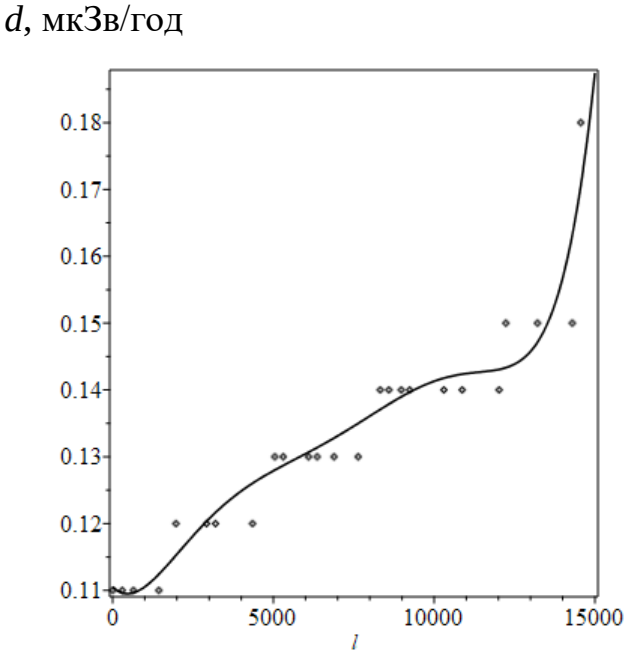


Рис.3.2. Залежність потужності дози від відстані уздовж ламаної (за даними від 01.10.2019)

Цей рисунок свідчить про те, що поліноміальна залежність добре описує поведінку потужності дози уздовж ламаної.

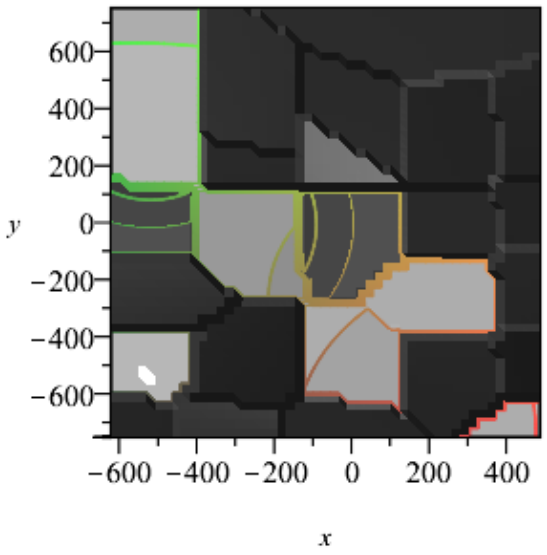
Алгоритм побудови карти радіаційного фону, як в межах контрольованої зони, так і біля її границь, виглядає наступним чином. Розглядаємо довільну точку M з координатами x та y, в якій вимірювання не проводилися. За допомогою спеціальної програми, яка наведена в Додатку, визначалася відстані від цієї точки до найближчої до неї контрольної точки K. Для включення точки M до нашої ламаної також визначалася відстань від

неї до попередньої до точки *K*...*K*–1-й точці на ламаній. Цю відстань позначимо як $\Delta l_{K\text{-}1,M}$. Положення точки *M* з координатами *(x, y)* на ламаній характеризуємо довжиною $l_M = l_{K\text{-}1} + \Delta l_{K\text{-}1,M}$. Тоді, якщо точка *M* співпадає з точкою *K*, отримуємо вірне значення: $l_M = l_{K\text{-}1} + \Delta l_{K\text{-}1,\ K} = l_K$. Значення потужності дози у точці *M* будемо описувати за допомогою одержаного раніше рівняння регресії *R*(*l*) з підстановкою значення $l_M = l_{K\text{-}1} + \Delta l_{K\text{-}1,M}$. Якщо точка *M* – довільна, то маємо карту радіаційного фону на площині (x, y).

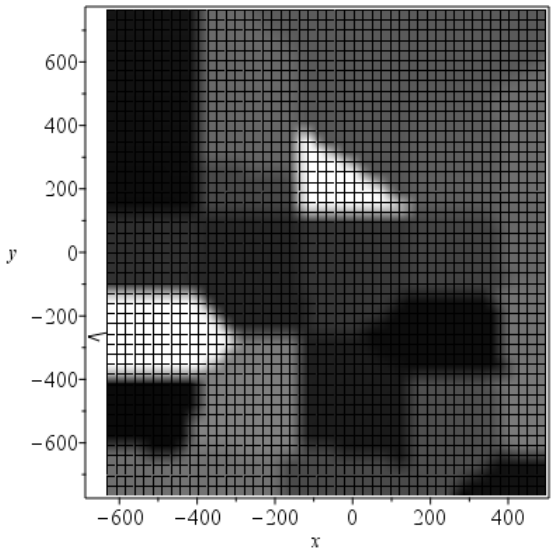
Для кожного дня спостережень були побудовані усі карти радіаційного фону. Для візуалізації результатів була застосована також програма «Maple 2019».

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ОБРОБКИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Побудовані згідно з алгоритмом [19] карти радіаційного фону контрольованої зони для усіх дат спостережень наведені на рисунках 4.1 – 4.31. Для кожної дати наведено дві карти, що були одержані за різними командами: карта а) одержана за допомогою команди «*Contourplot*» – на ній зображені області контрольованої зони різного відтінку сірого («контури»), які відповідають різним значенням потужності радіаційного фону; карта б) побудована за допомогою команд «*Densityplot*», яка теж відображає розподіл радіаційного фону (але без контурів) та команди «*Gradplot*», яка відображає градієнт радіаційного фону. Важливо відзначити, що програма будувала карти в 3D, і в деяких випадках градієнт допомагає більш точно визначити градієнт дози від максимального до мінімального, або в деяких випадках навпаки.

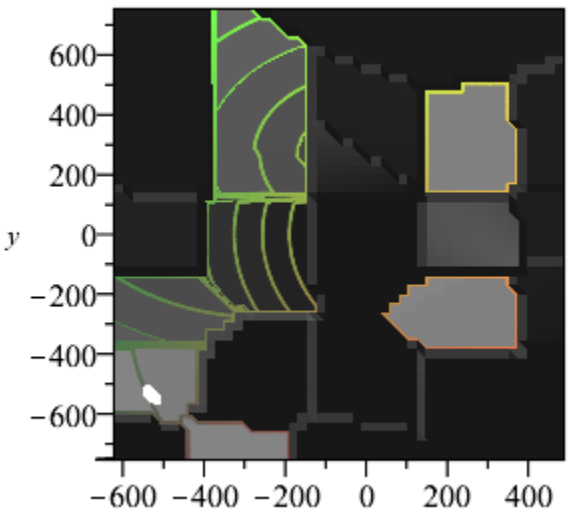


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

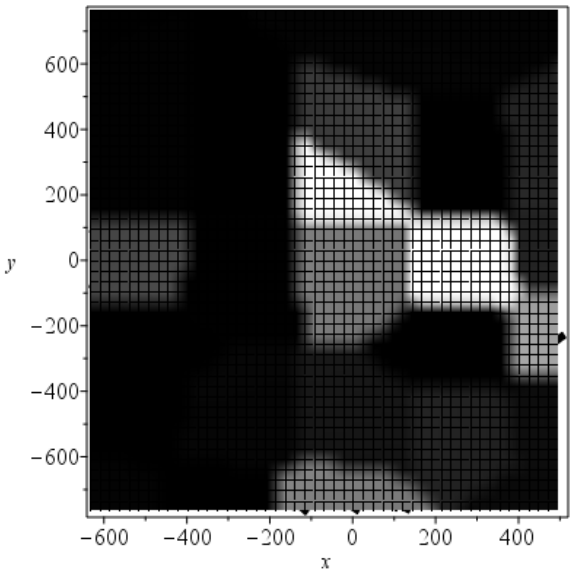


б) градієнт поля радіаційного фону (від чорного до білого)

Рис.4.1. Радіаційний фон станом на 01 жовтня 2019 року

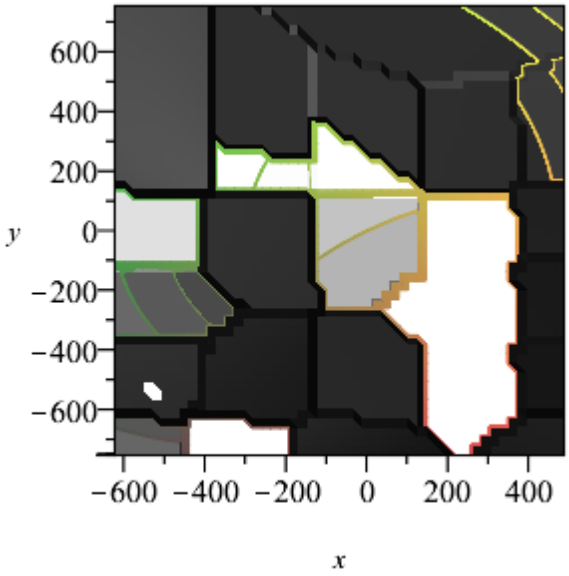


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

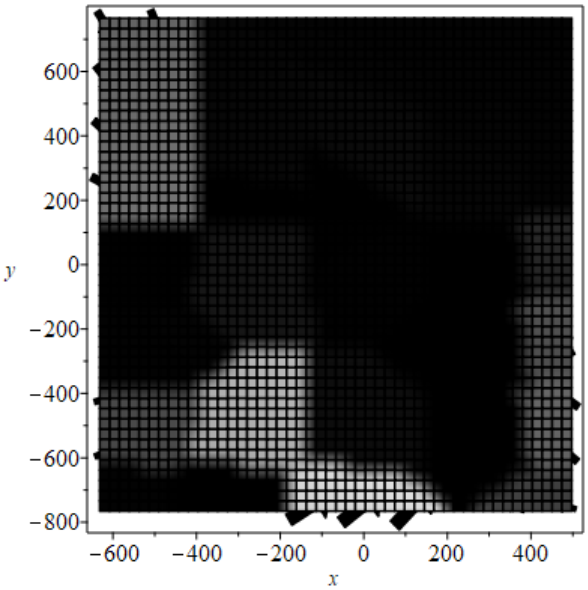


б) градієнт поля радіаційного фону (від чорного до білого)

Рис.4.2. Радіаційний фон станом на 02 жовтня 2019 року

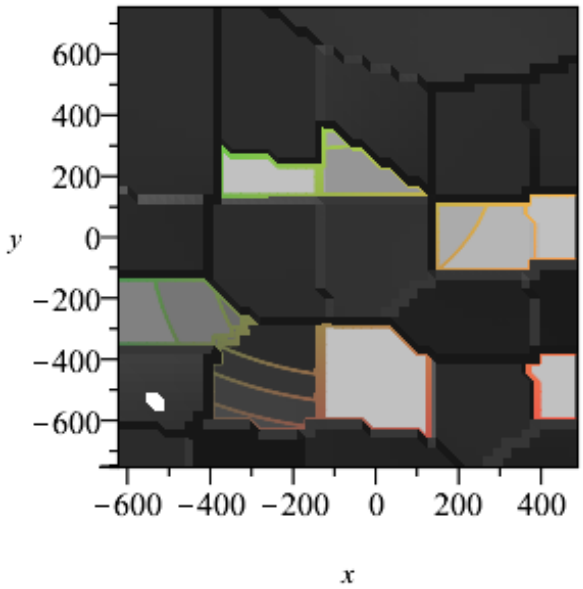


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

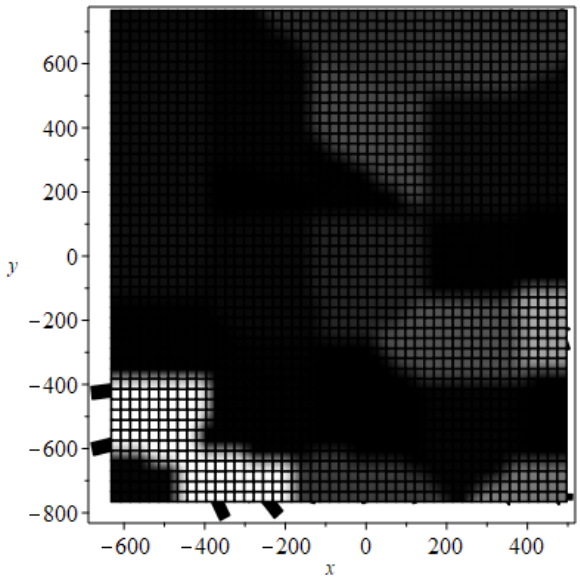


б) градієнт поля радіаційного фону (від чорного до білого)

Рис.4.3. Радіаційний фон станом на 03 жовтня 2019 року

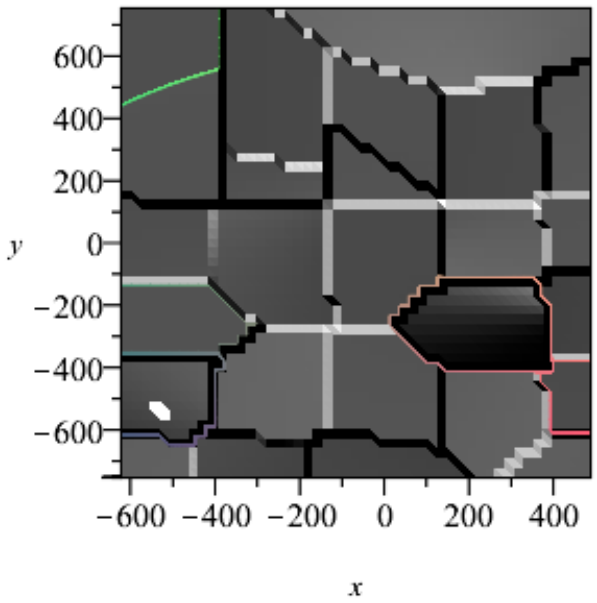


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

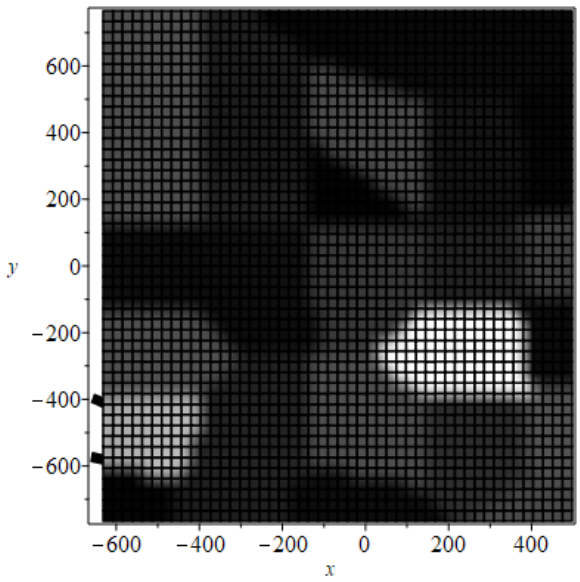


б) градієнт поля радіаційного фону (від чорного до білого)

Рис.4.4. Радіаційний фон станом на 04 жовтня 2019 року

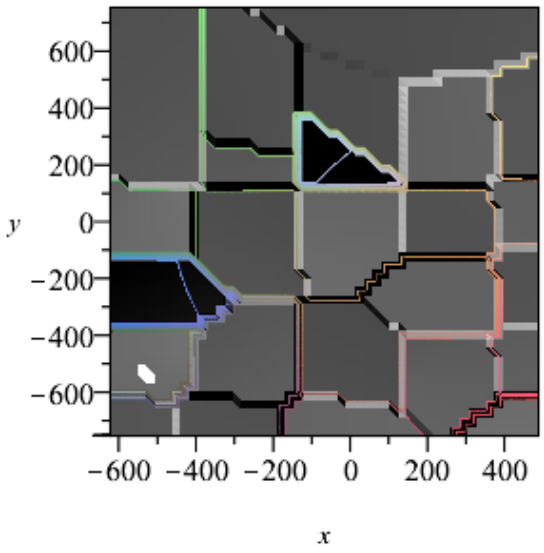


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

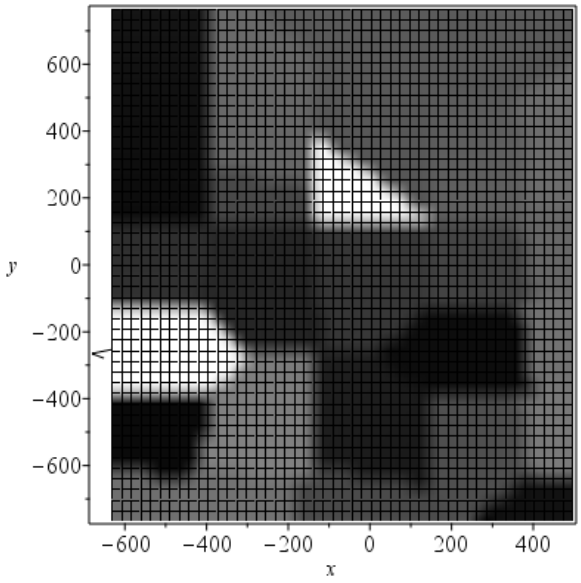


б) градієнт поля радіаційного фону (від чорного до білого)

Рис.4.5. Радіаційний фон станом на 05 жовтня 2019 року

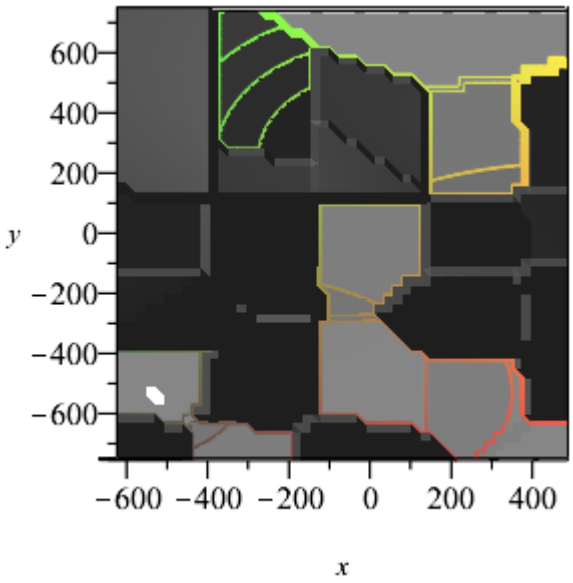


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

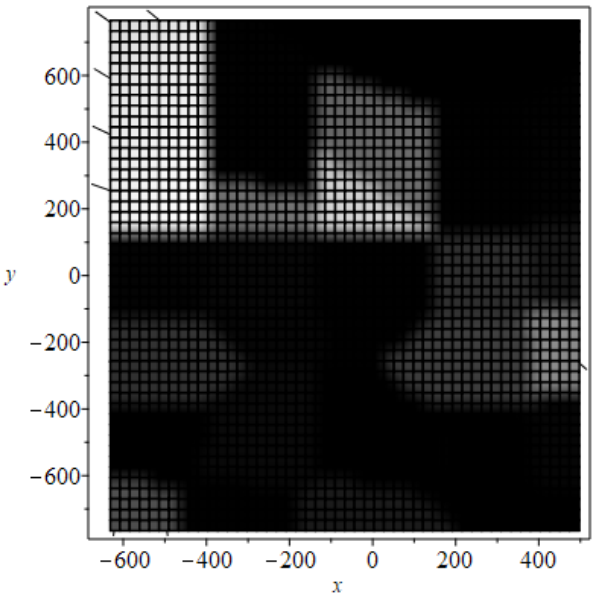


б) градієнт поля радіаційного фону (від білого до чорного)

Рис.4.6. Радіаційний фон станом на 06 жовтня 2019 року

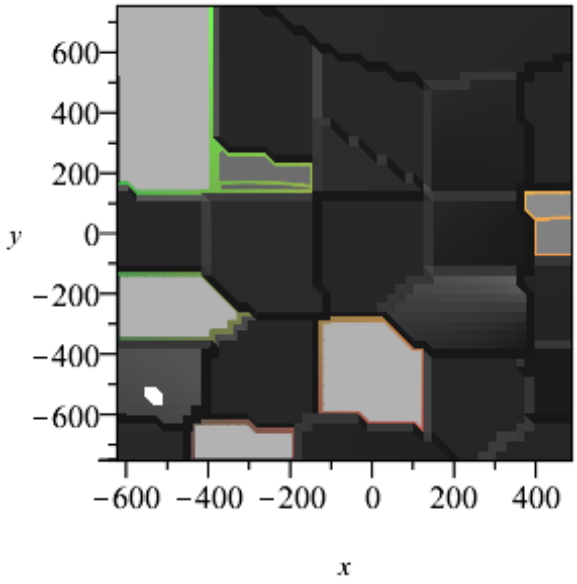


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

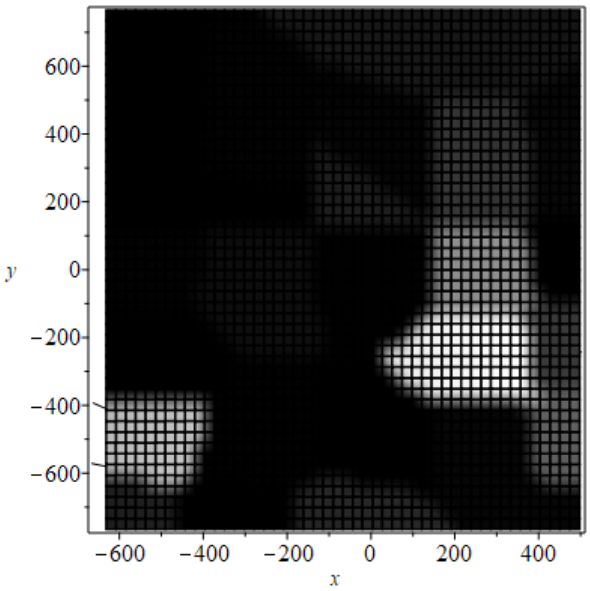


б) градієнт поля радіаційного фону (від чорного до білого)

Рис.4.7. Радіаційний фон станом на 07 жовтня 2019 року

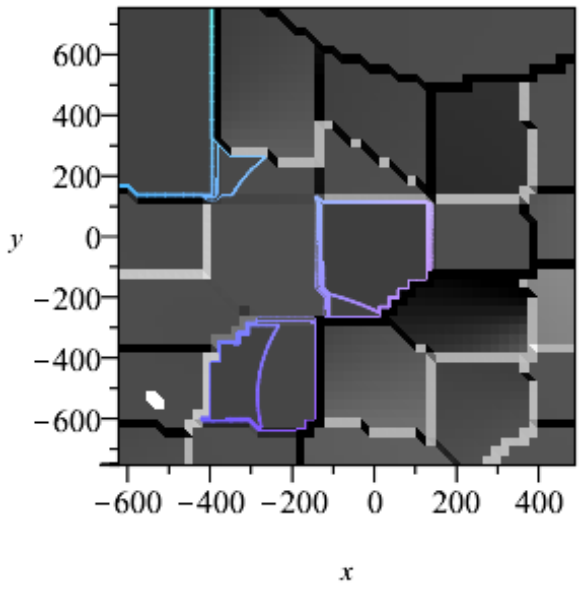


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

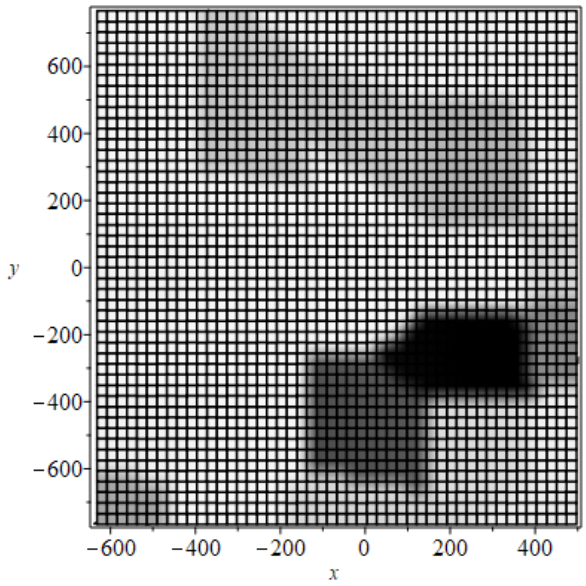


б) градієнт поля радіаційного фону (від чорного до білого)

Рис.4.8. Радіаційний фон станом на 08 жовтня 2019 року

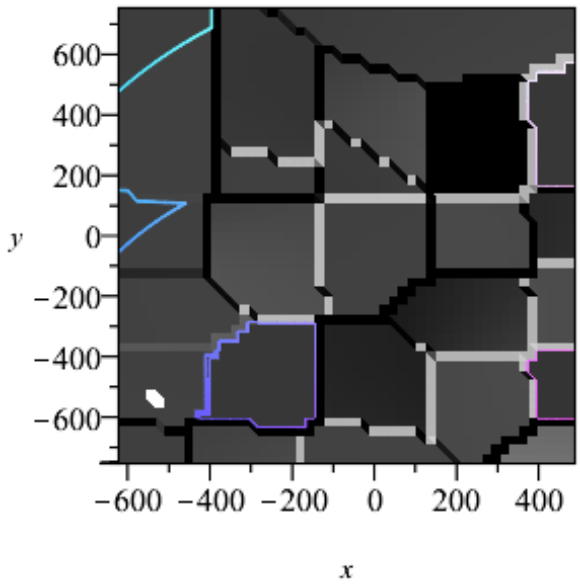


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

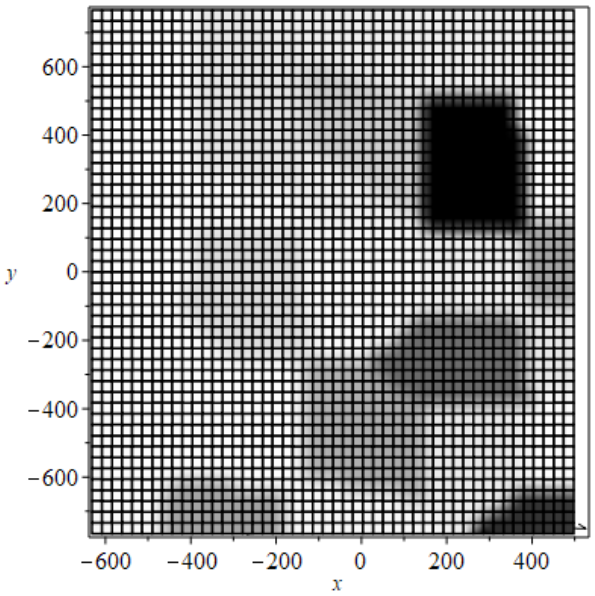


б) градієнт поля радіаційного фону (від білого до чорного)

Рис.4.9. Радіаційний фон станом на 09 жовтня 2019 року

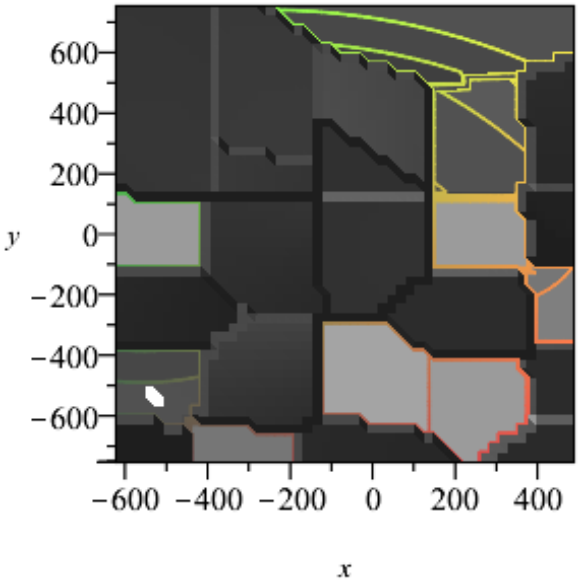


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

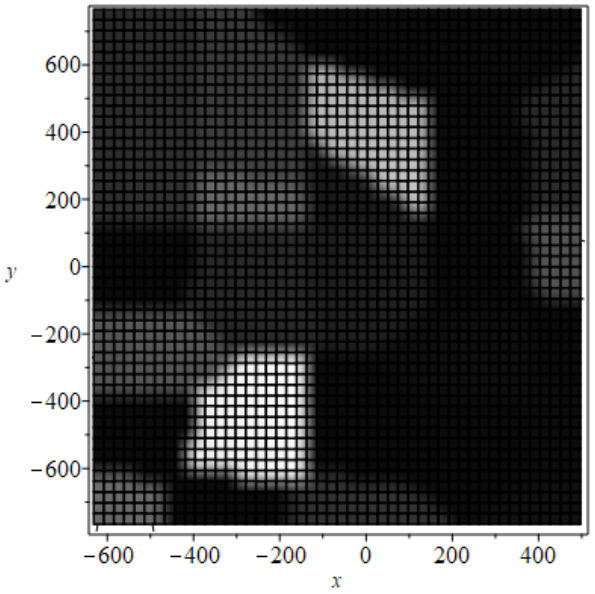


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.10. Радіаційний фон станом на 10 жовтня 2019 року

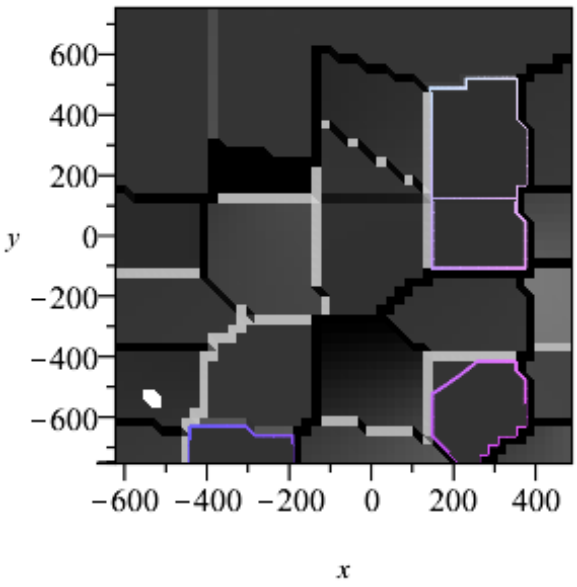


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

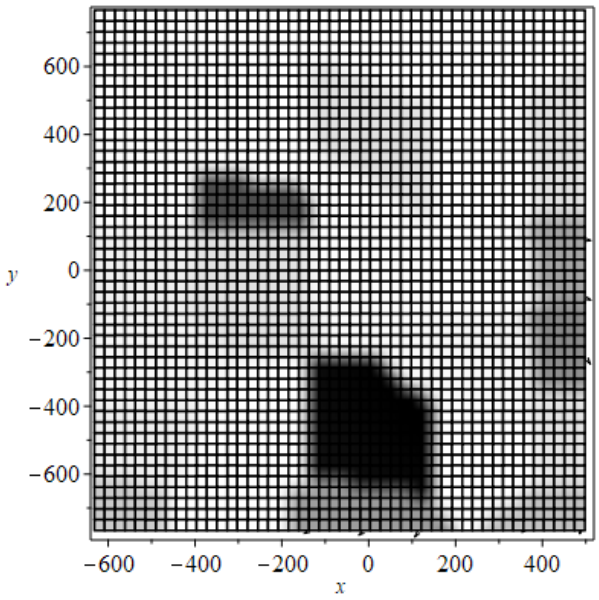


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.11. Радіаційний фон станом на 11 жовтня 2019 року

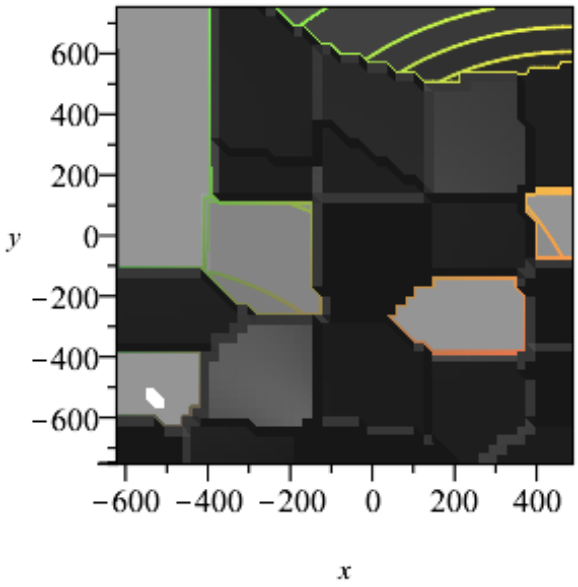


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

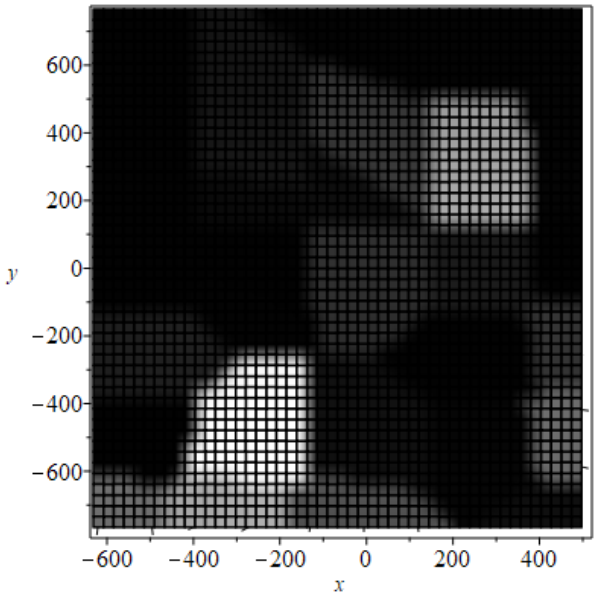


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.12. Радіаційний фон станом на 12 жовтня 2019 року

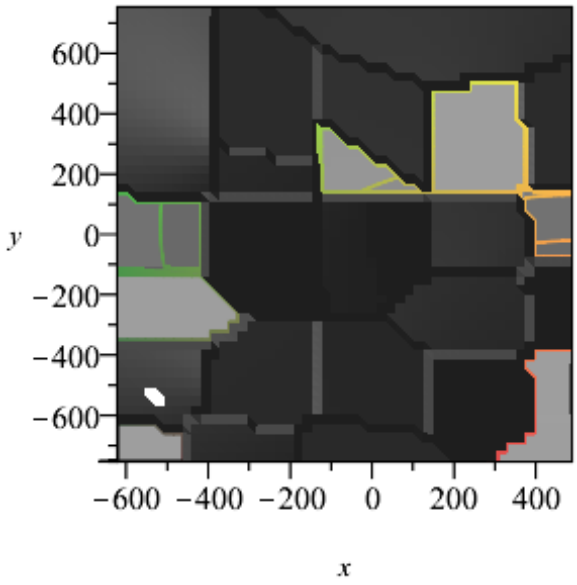


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

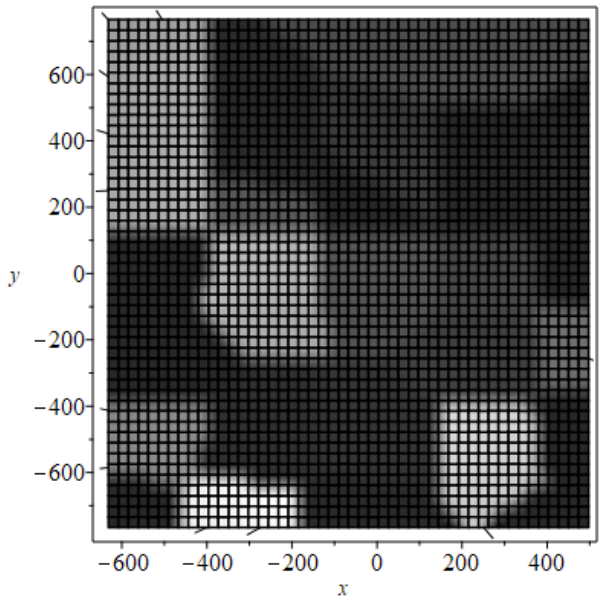


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.13. Радіаційний фон станом на 13 жовтня 2019 року

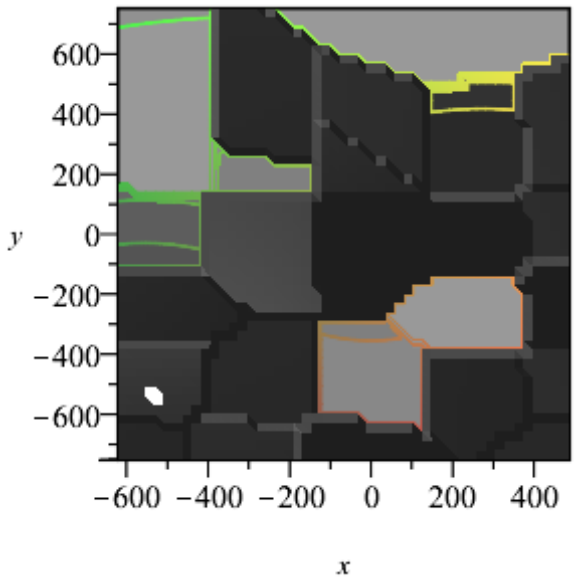


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

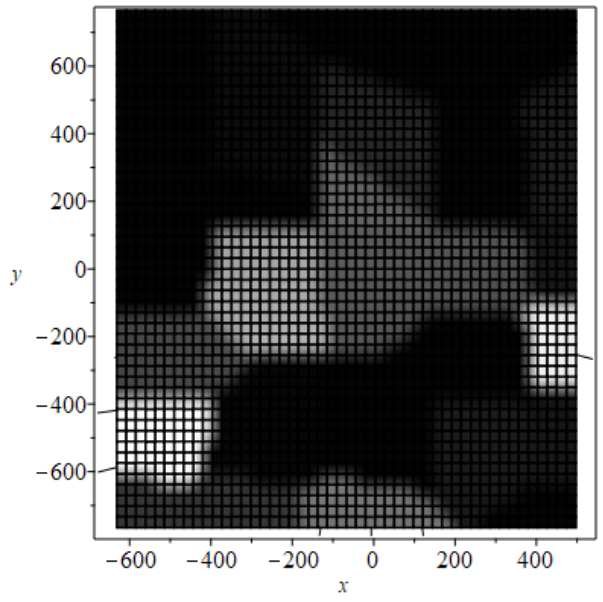


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.14. Радіаційний фон станом на 14 жовтня 2019 року

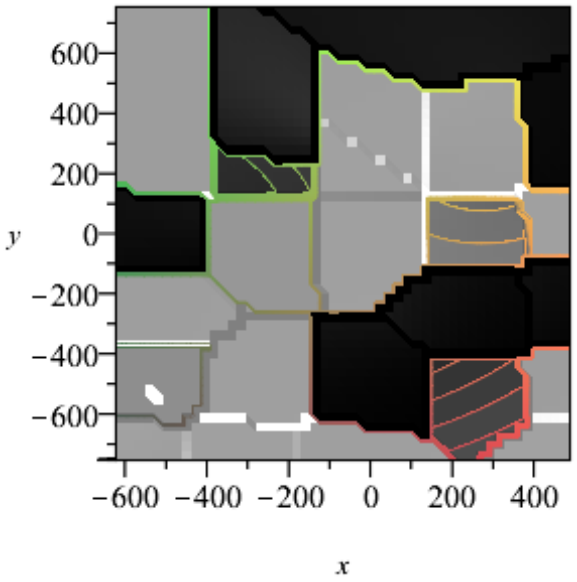


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

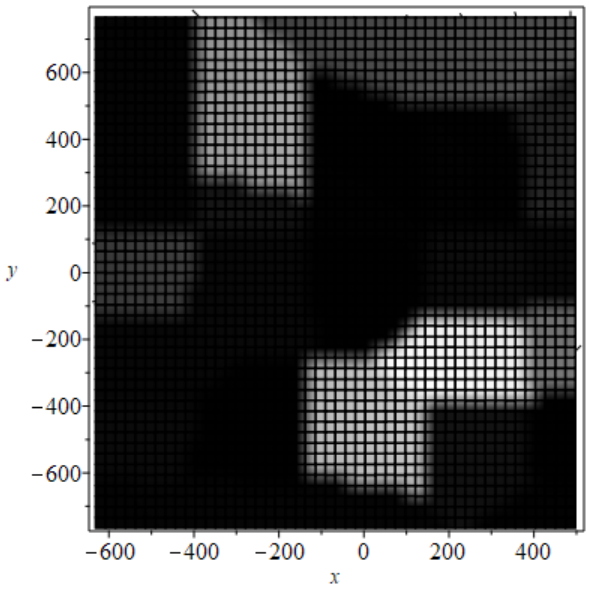


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.15. Радіаційний фон станом на 15 жовтня 2019 року

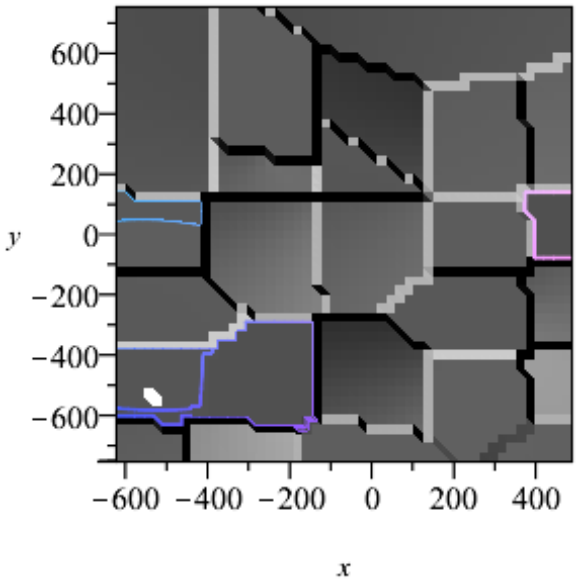


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

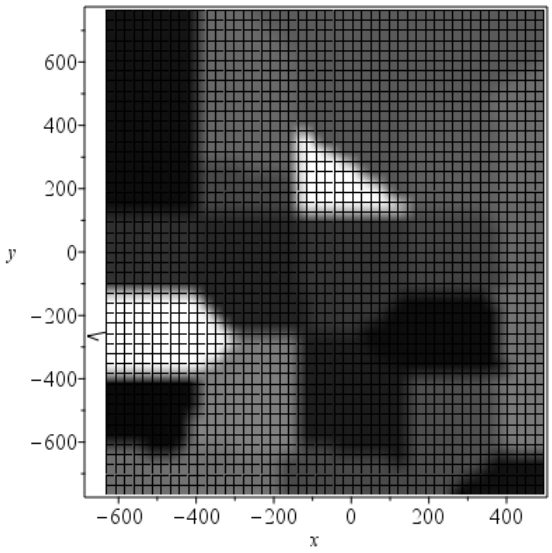


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.16. Радіаційний фон станом на 16 жовтня 2019 року

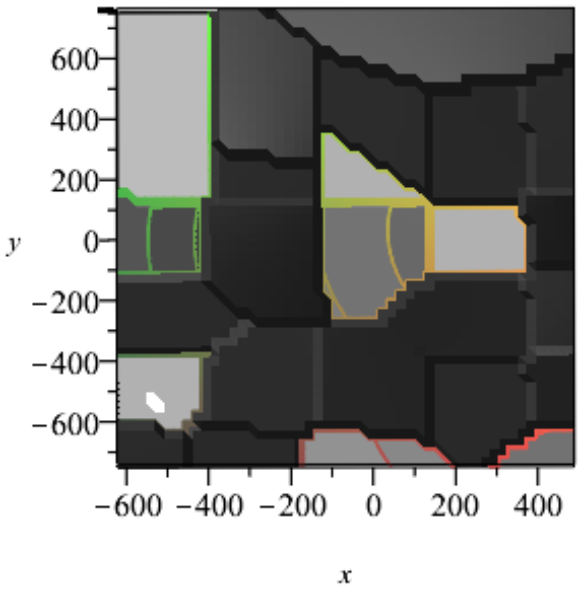


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

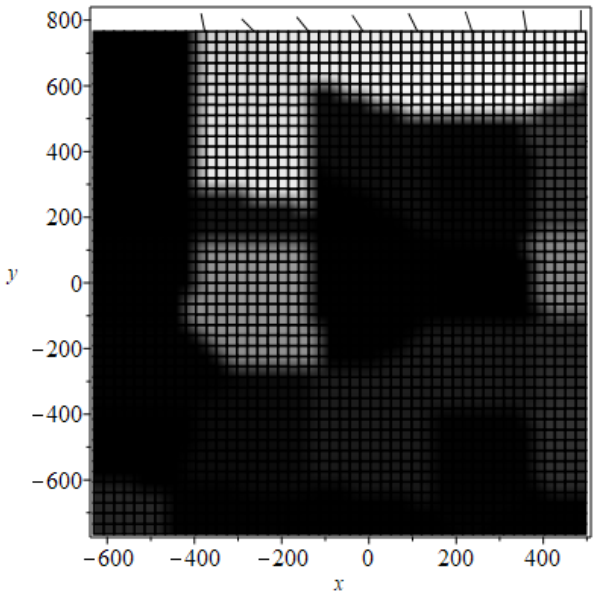


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.17. Радіаційний фон станом на 17 жовтня 2019 року

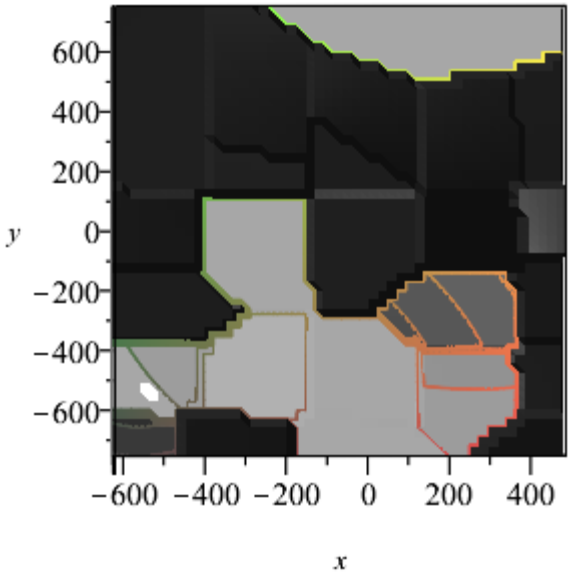


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

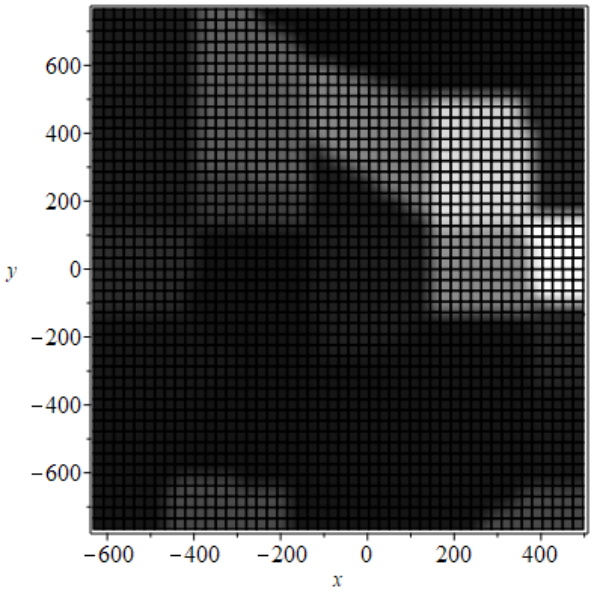


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.18. Радіаційний фон станом на 18 жовтня 2019 року

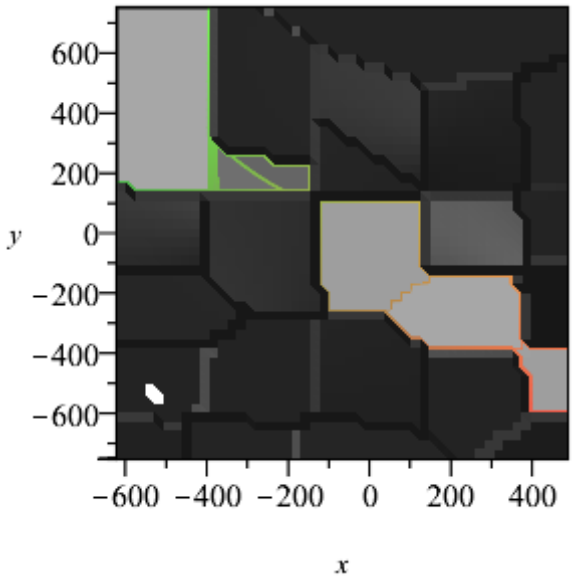


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

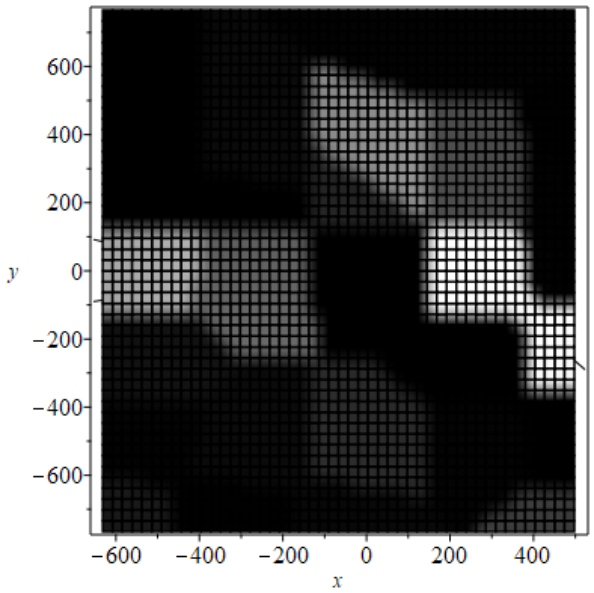


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.19. Радіаційний фон станом на 19 жовтня 2019 року

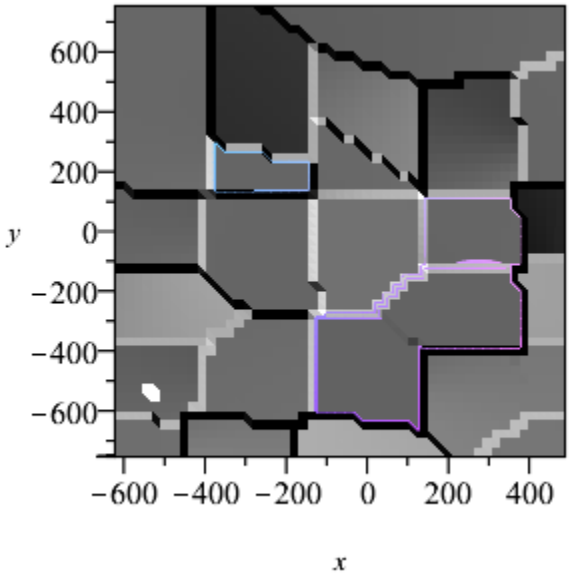


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

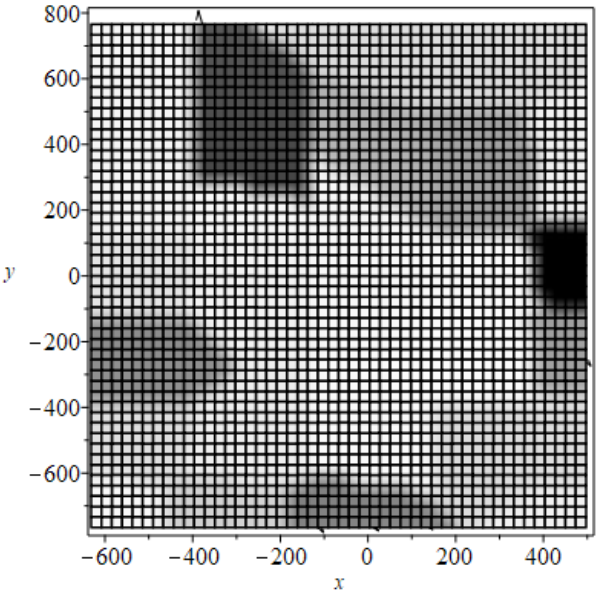


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.20. Радіаційний фон станом на 20 жовтня 2019 року

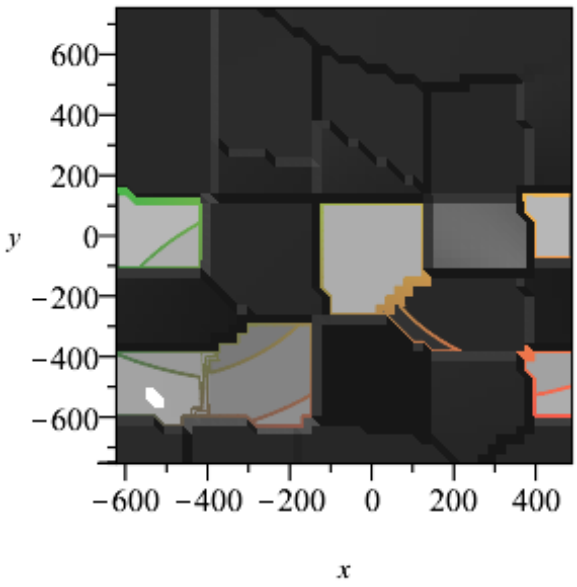


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

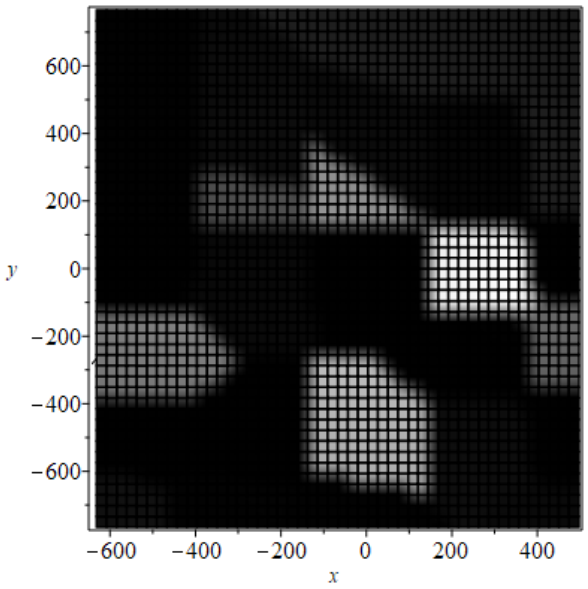


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.21. Радіаційний фон станом на 21 жовтня 2019 року

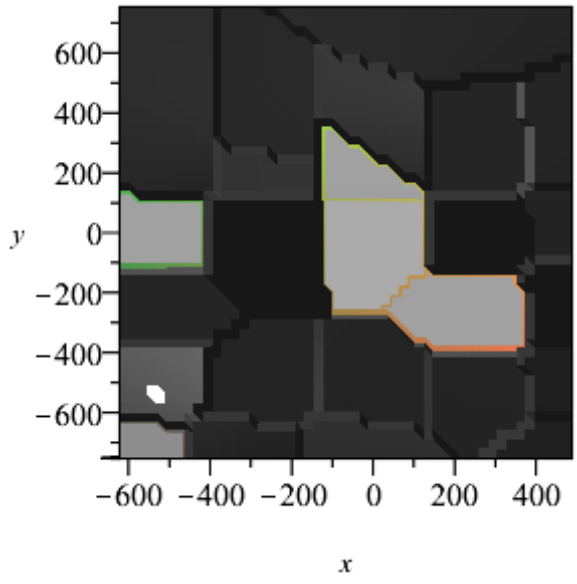


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

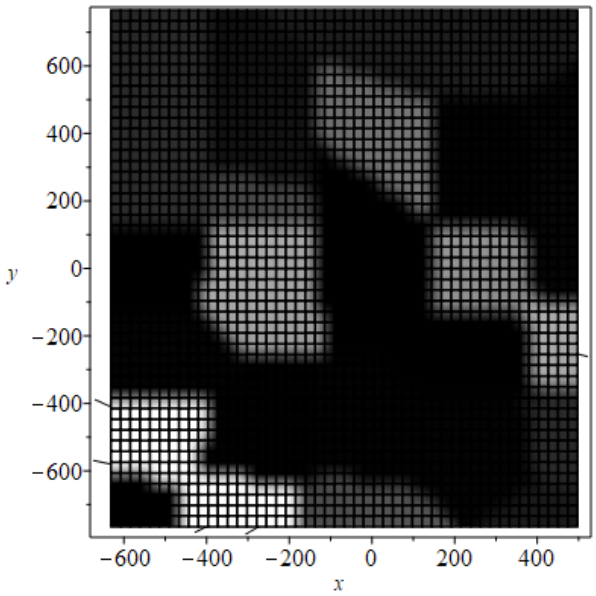


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.22. Радіаційний фон станом на 22 жовтня 2019 року

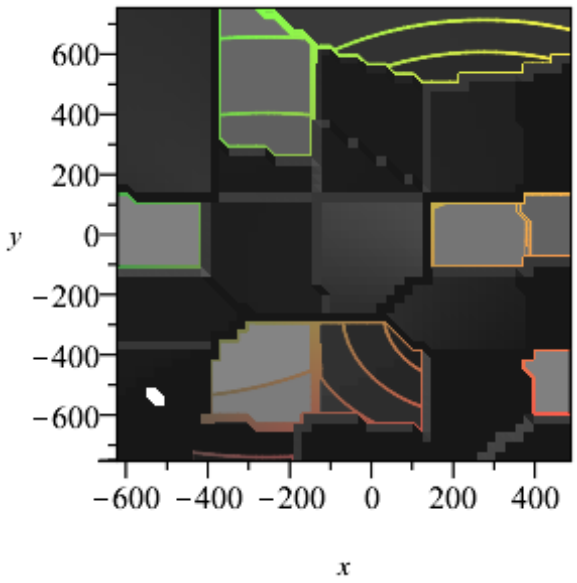


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

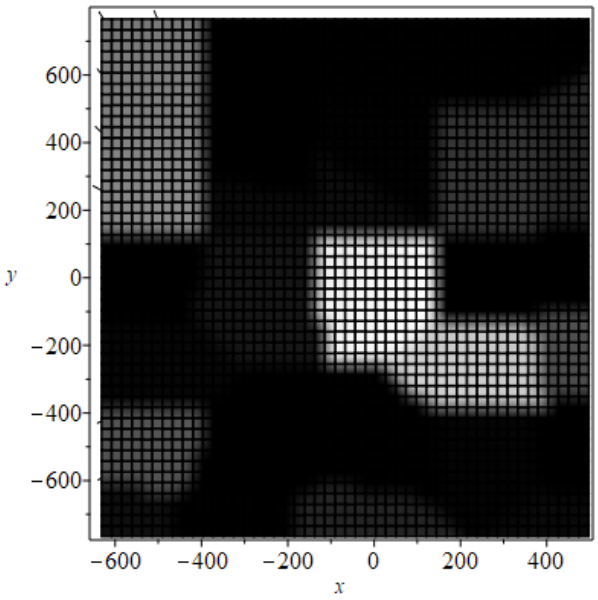


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.23. Радіаційний фон станом на 23 жовтня 2019 року

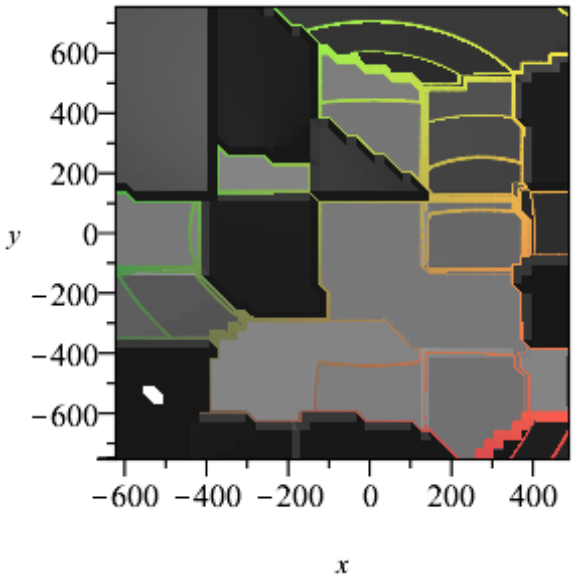


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

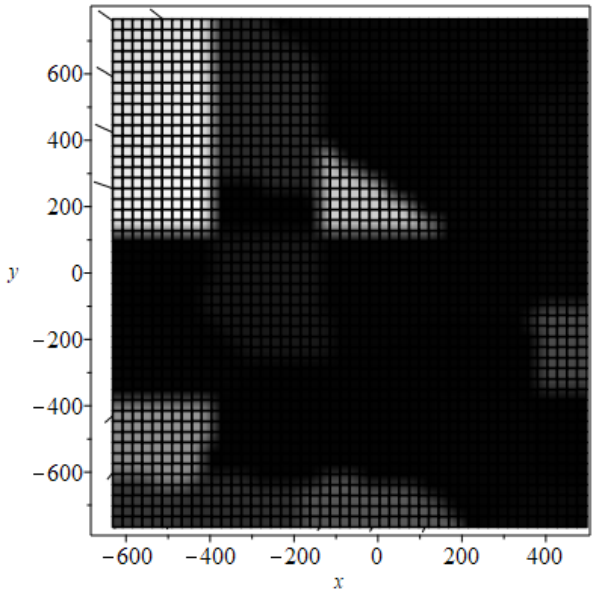


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.24. Радіаційний фон станом на 24 жовтня 2019 року

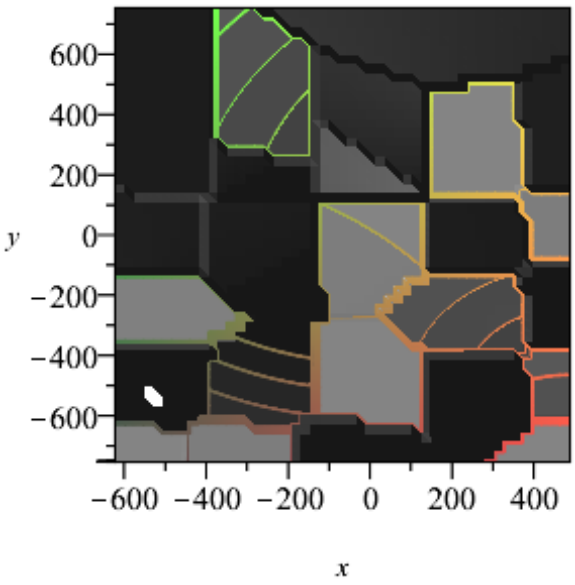


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

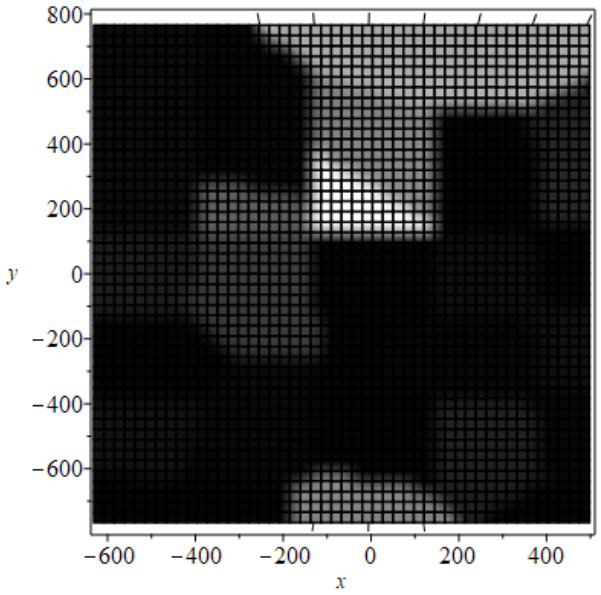


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.25. Радіаційний фон станом на 25 жовтня 2019 року

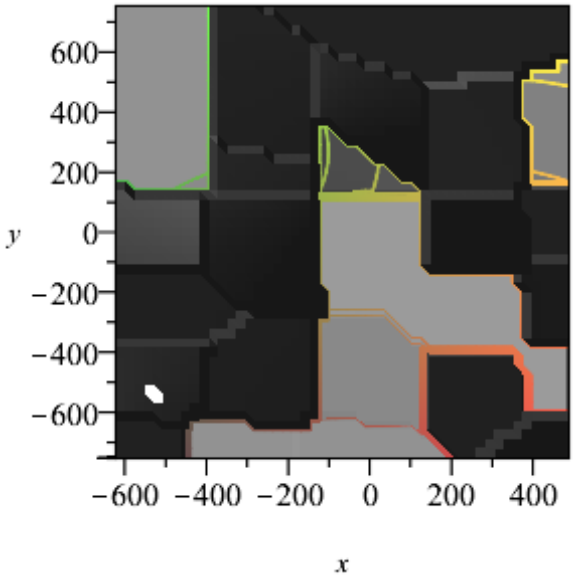


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

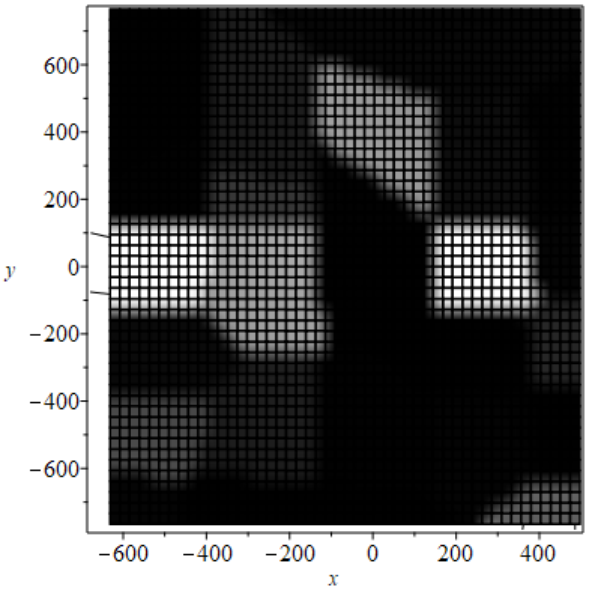


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.26. Радіаційний фон станом на 26 жовтня 2019 року

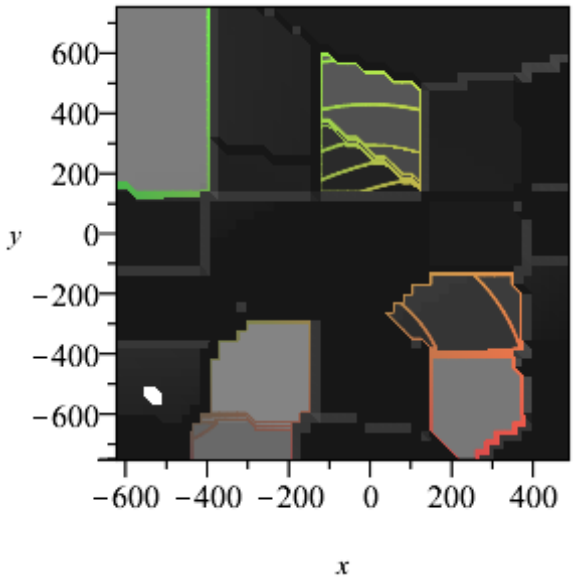


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

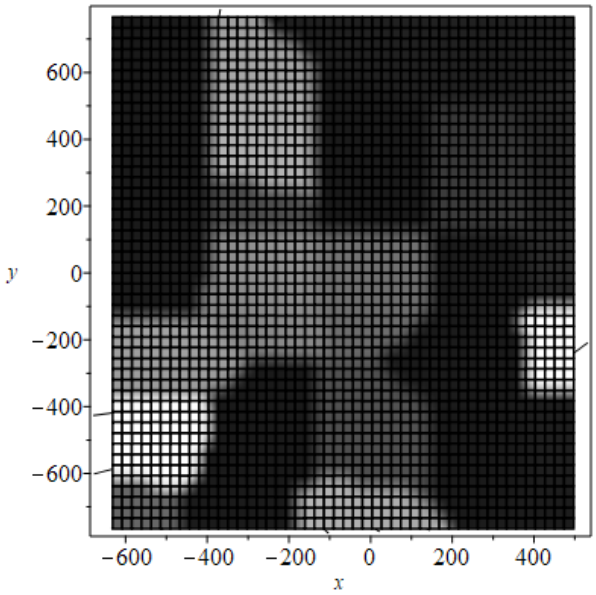


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.27. Радіаційний фон станом на 27 жовтня 2019 року

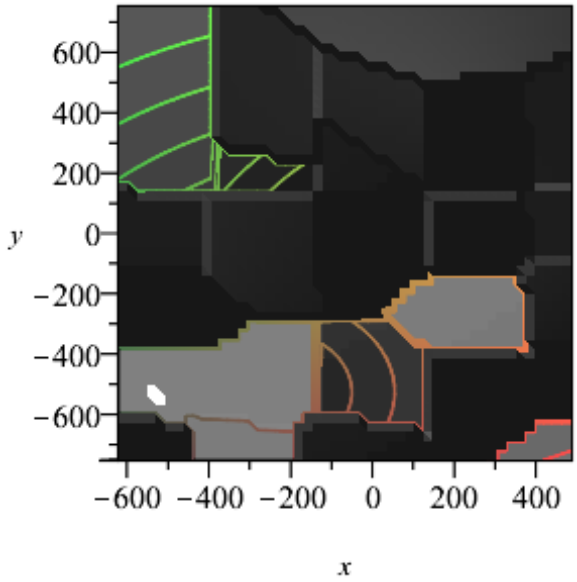


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

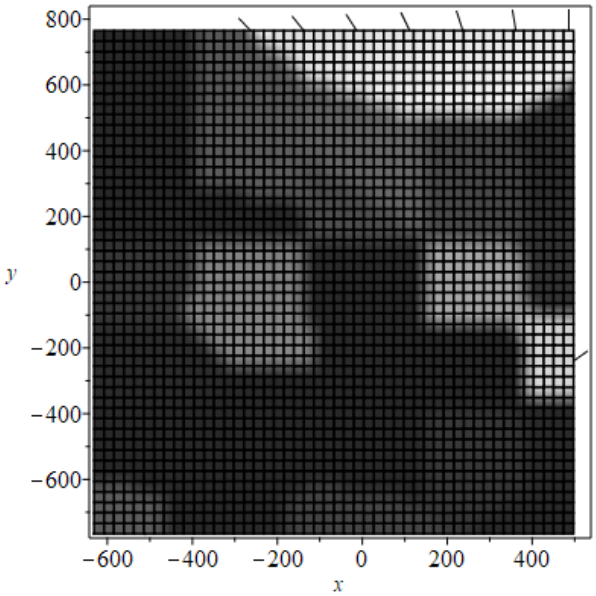


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.28. Радіаційний фон станом на 28 жовтня 2019 року

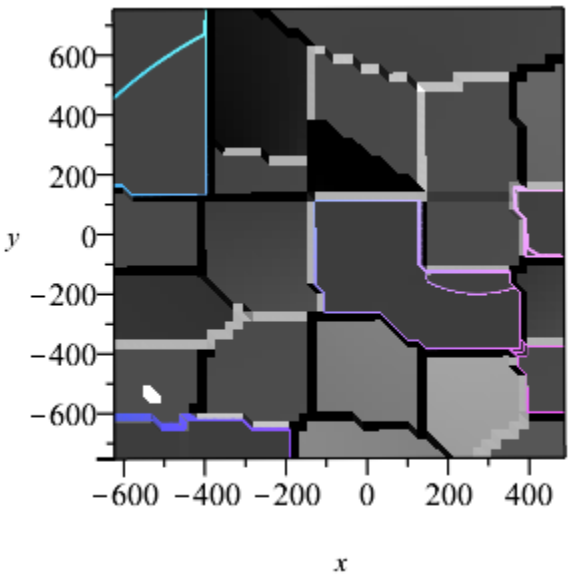


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

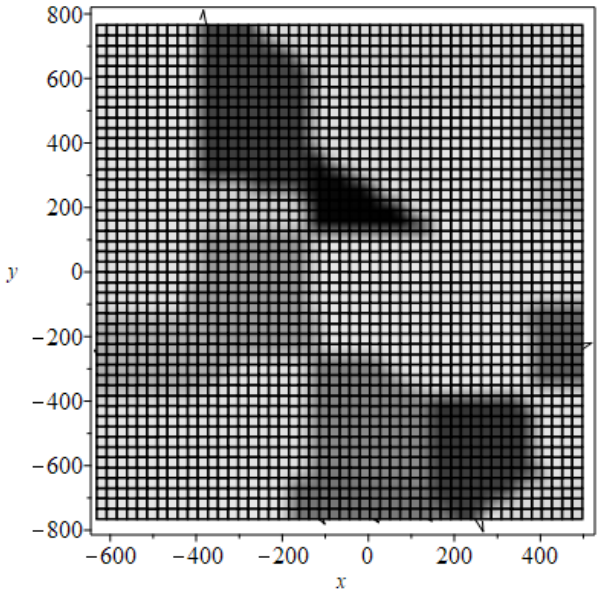


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.29. Радіаційний фон станом на 29 жовтня 2019 року

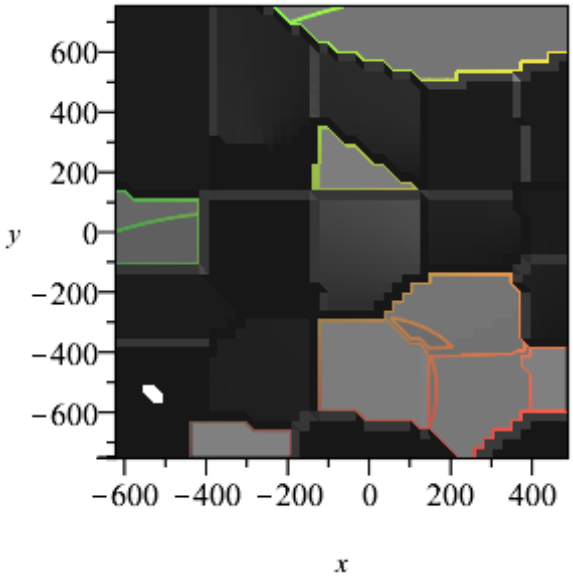


а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном

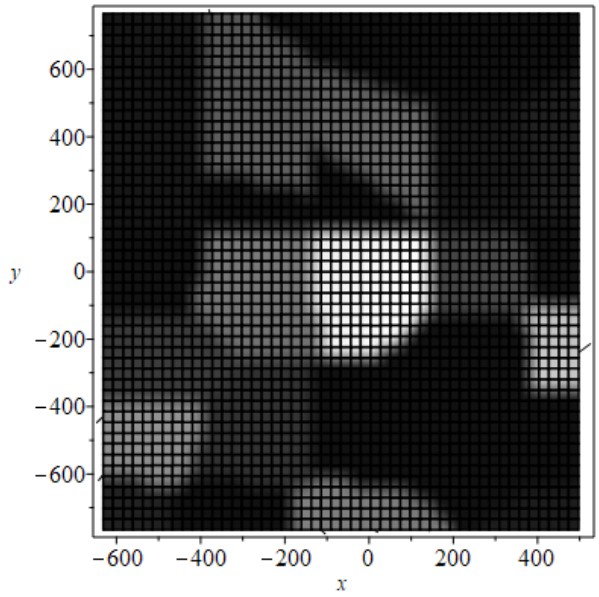


б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.30. Радіаційний фон станом на 30 жовтня 2019 року



а) білий колір – 0,08 мкЗв/год, чорний – 0,25 мкЗв/год через 0,01 мкЗв/год за тоном



б) градієнт поля радіаційного фону

Рис.4.31. Радіаційний фон станом на 31 жовтня 2019 року

РОЗДІЛ 5
ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОТУЖНОСТІ ДОЗИ ВІД МЕТЕОУМОВ

Тому за даними таблиці 2.2 була також розрахована залежність середньої потужності дози радіаційного фону від метеоумов під час проведення вимірювань. На рисунку 5.1 наведена залежність середнього значення (за усіма контрольними точками) потужності дози від швидкості вітру.

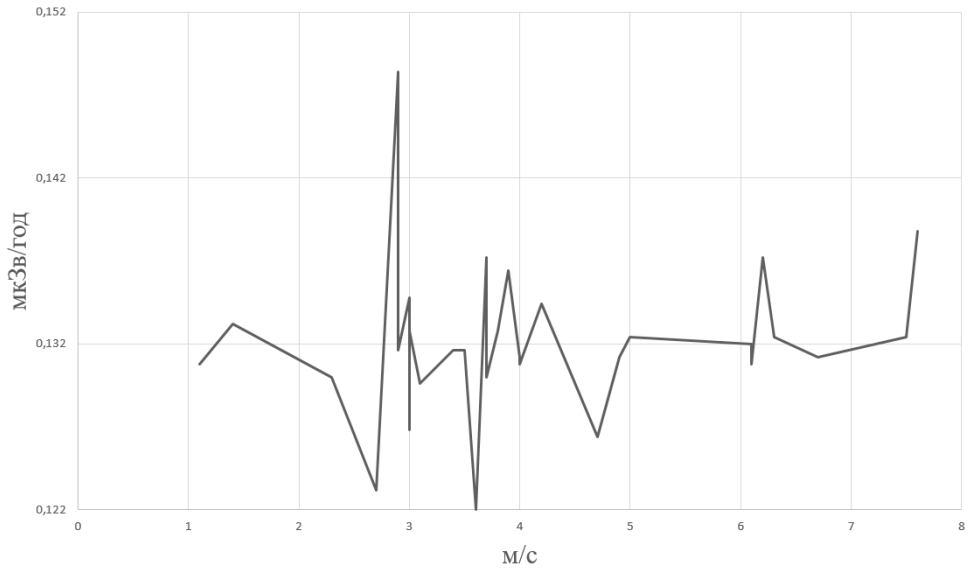


Рис.5.1. Залежність середнього значення потужності дози від швидкості вітру

Ця залежність не виявляє певних тенденцій в межах похибки приладу (коефіцієнт кореляції дорівнює 0,148). На рисунку 5.3 приведена залежність середнього значення потужності дози від напрямку вітру. напрямок вітру було оцифровано в градуси (див. рис. 5.2).

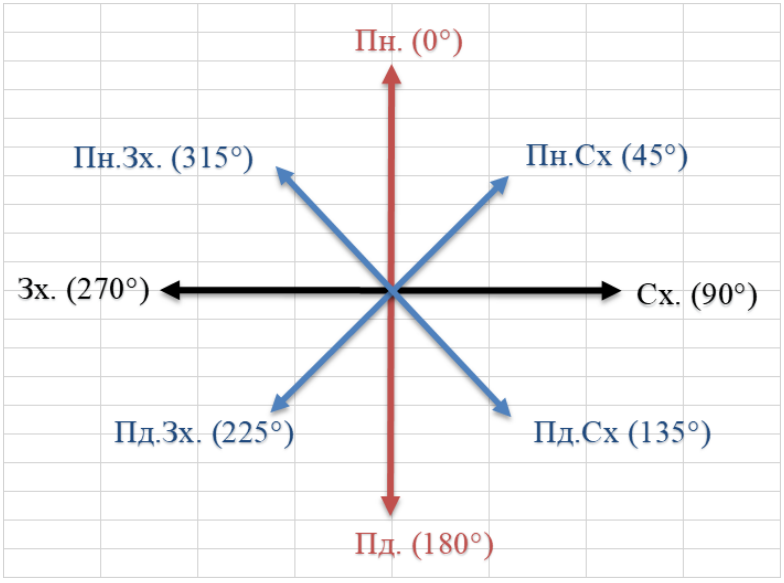


Рис.5.2. Відповідність між стороною світла і градусами.

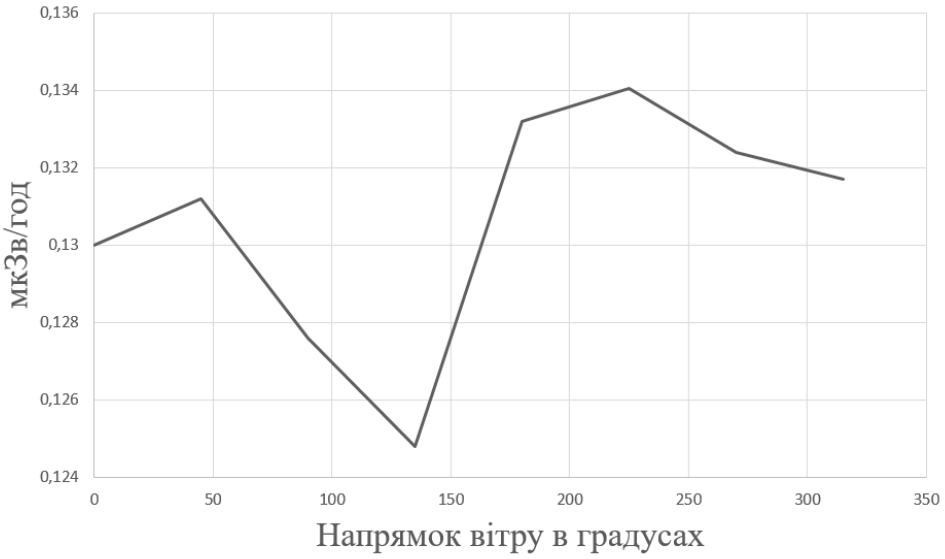


Рис.5.3. Залежність середнього значення потужності дози від напрямку вітру в градусах

Ця залежність теж не виявляє певних тенденцій в межах похибки приладу (коефіцієнт кореляції дорівнює – 0,26).

На рисунку 5.4 наведена залежність середнього значення потужності дози від температури повітря.

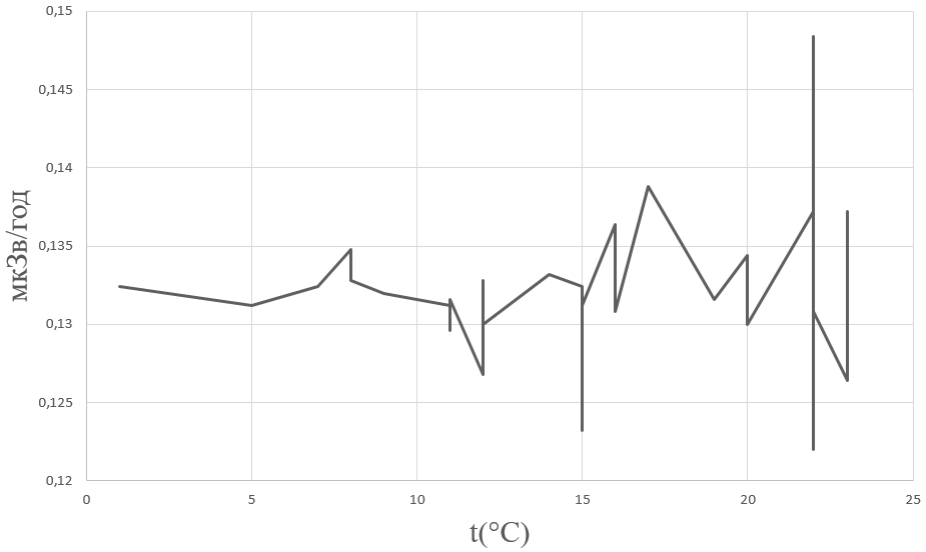


Рис. 5.4. Залежність середнього значення потужності дози від температури повітря

Ця залежність теж не виявляє певних тенденцій в межах похибки приладу (коефіцієнт кореляції дорівнює – 0,1).

На рисунку 5.5 наведена залежність середнього значення потужності дози від значень абсолютної вологості повітря під час спостережень.

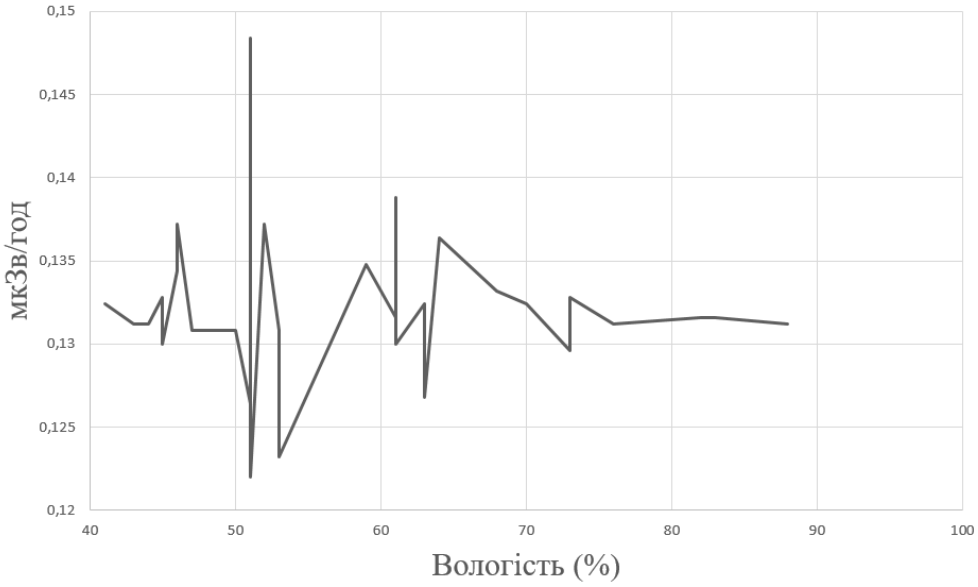


Рис.5.5. Залежність середнього значення потужності дози від значень абсолютної вологості повітря у відсотках

Ця залежність теж не виявляє певних тенденцій в межах похибки приладу (коефіцієнт кореляції дорівнює – (-0,04)).

І останнім ми подивимося на залежність середньої дози потужності радіоактивного фону від хмарності (рисунок 5.6). Переводимо у відсотки хмарність за наступним принципом: ясно = 100%, малохмарно = 75%, хмарно = 50%, похмуро = 25%.

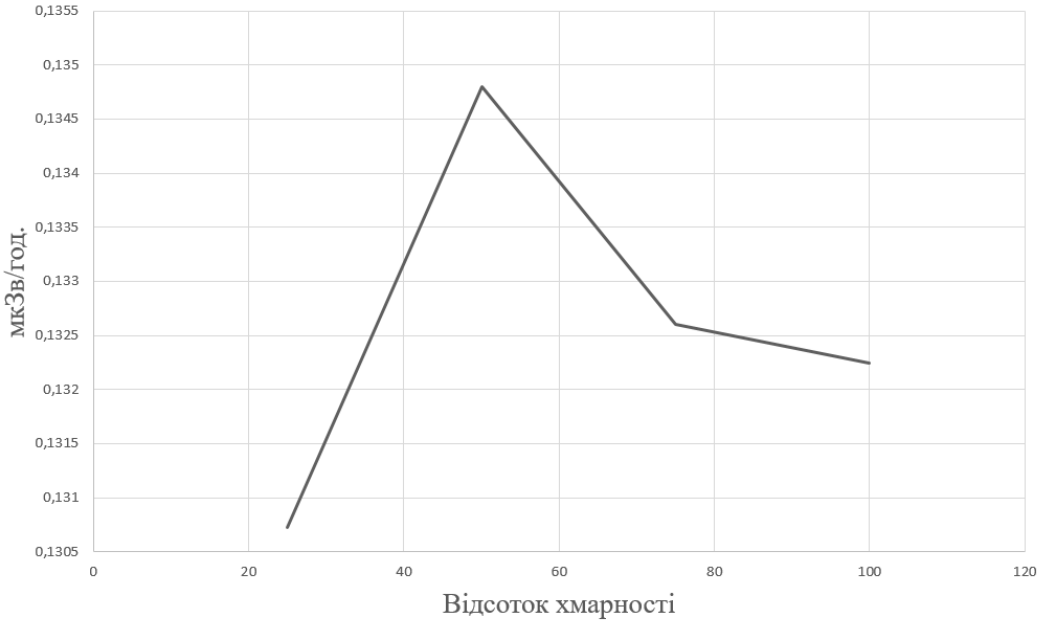


Рис.5.6. Залежність середнього значення потужності дози від значень хмарності у відсотках

Та ця залежність також не виявляє певних тенденцій в межах похибки приладу (коефіцієнт кореляції дорівнює – 0,12).

З наведеної інформації ми робимо висновок, що метеоумови не мають значного впливу на потужність дози рентгенівського випромінювання.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених в даній роботі досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Протягом 01 жовтня – 31 жовтня 2019 року (31 добу) були проведені вимірювання амбієнтного еквіваленту потужності дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання на частині території центрального непромислового району м. Харкова.

2. Отримані дані характеризуються відносно незначним розкидом значень потужності дози від 0,08 мкЗв/год до 0,17 мкЗв/год від однієї доби вимірювань до іншої та між контрольними точками, що підтверджує проведений двохфакторний дисперсійний аналіз. Радіаційний фон в цих межах змінювався випадковим чином.

3. Для обробки отриманих даних було застосовано новий простий алгоритм, який дозволяє швидко і надійно здійснювати побудову поля радіаційного фону на всій контрольованій території, а також поблизу її меж на підставі результатів локальних вимірювань. За даною методикою була проведена обробка усіх результатів вимірювань і були побудовані карти радіаційного забруднення контрольованої території для кожної доби спостережень.

4. Було доведено, що амбієнтний еквіваленту потужності дози рентгенівського і гамма-випромінювання на всій контрольованій території під час проведення спостережень був нижче за санітарну норму.

5. Досліджувалася залежність потужності дози від метеоумов під час проведення вимірювань: хмарності, напрямку і швидкості вітру, температури та вологості повітря. Ці залежності виявилися взагалі практично відсутніми або слабкими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ю. А. Александров. Основы радиационной экологии // Ю.А. Александров – К: Йошкар-Ола, 2007.
2. Этапы развития радиоэкологии [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://u.to/CF_2Fg.
3. Документы КГБ УССР на портале Pripyat-city [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://u.to/OmC2Fg.
4. Справка о радиационной обстановке в областях Украины. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://u.to/nWO2Fg.
5. Некос В. Ю. Розробка систем радіаційного моніторингу довкілля / В. Ю. Некос, І. П. Юшма-нова, М. М. Пеліхатий // Журнал наукових праць: Людина і довкілля. Проблеми неоекології, № 9, Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2007. – С. 52 – 62.
6. Еремеев И. С. Автоматизированные системы радиационного мониторинга окружающей среды / И. С. Еремеев – К.: Наукова думка, 1990. – 256с.
7. Некос В. Е. Алгоритмы радиационного мониторинга местности в режиме реального времени / В. Е. Некос, О. М. Гетманец, Н. М. Пелихатый, А. В. Чуенко, А. А. Дроздов, И. А. Кривицкая // Журнал наукових праць: Людина і довкілля. Проблеми неоекології, № 2 (13), Харків, ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2009.
8. Сторінка пристрою ТЕРРА-П на сайті виробника Ecotest [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://ecotest.ua/ru/products/terra-p/
9. Справка о радиационном состоянии от 01.05.1986г. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://u.to/3XG2Fg.
10. Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений в MS EXCEL [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://u.to/HZi5Fg

11. Семиноженко В. П. Энергия. Экология. Будущее / В. П. Семиноженко, П. М. Канило, В. Н. Остапчук , А. И. Ровенский. – Харьков : «Прапор», 2003. – 462 с.

12. Коваленко Г. Д. Основы радиационной экологии / Г. Д.Коваленко, В. С. Волошин. – Мариуполь : «Рената», 2009. – 297 с.

13. Концепція захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій : Указ Президента України. – К., 1999.

14. Норми радіаційної небезпеки України (НРБУ-97) / МОЗ України. – К., 1997. – 127 с.

15.Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист / М. І. Стеблюк. – К. : Знання–Прес, 2007. – 438 с.

16. Некос В.Ю., Пеліхатий М.М., Юшманова І.П. Методи і алгоритми визна-чення радіаційного стану довкілля / Журнал наукових праць: Людина і довкілля. Проблеми неоекології, № 1□2, Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2008. – с. 90 – 98.

17. Некос В.Е., Гетманец О.М., Пелихатый Н.М., Чуенко А.В., Дроздов А.А., Кривицкая И.А. Алгоритмы радиационного мониторинга местности в ре-жиме реального времени / Журнал наукових праць: Людина і довкілля. Проблеми неоекології, № 2 (13) , Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. – С. 7 – 13.

18. Спосіб радіаційного моніторингу місцевості у режимі реального часу / Па-тент України на корисну модель № 50154 / Гетманець О.М., Гордієнко В.Г., Дроздов О.О., Пеліхатий М.М. / Заявл.11.12.2009; опубл. 25.05.2010. Бюл. № 10. – 4 с.

19. Гетманец О.М., Пелихатый Н.М., Дроздов А.А., Некос В.Е., Кучеров К.И. Алгоритмы радиационного мониторинга местности в режиме реального времени./ Журнал наукових праць: Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. □ № 2 (15). – С. 31 – 33.

20. Гетманец О.М., Пелихатый Н.М. Разработка алгоритма построения поля радиационного фона / Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія : Екологія, вип. 14, Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2016. – С. 41 – 45.

21. Гетманець О.М., Іванова К.Ю., Пеліхатий М.М. Молель побудови поля радіаційного фону / Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія : Екологія, вип. 17, Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2017. – С. 99 – 105.

ДОДАТКИ

Додаток А

У цьому додатку наведено фрагмент побудови карти радіаційного фону в програмі «Maple 2017/2019» Для прикладу будемо використовувати дані за 01.10.2019 Для побудови нам необхідні вхідні дані, такі як наведені в прикладі таблиці 3.1. Але для автоматизації процесу, було написано консольний додаток на мові Java. Це консольний додаток дозволяє швидко проводити аналіз вхідних даних з текстового файлу. Підтримує декілька мов і містить довідку для виведення опису підтримуваних команд. Ця програма знаходився в публічному доступі. Ознайомитися з кодом або завантажити додаток можна за посиланням Ця програма знаходився в публічному доступі на GitLab. Ознайомитися з кодом або завантажити додаток можна за посиланням: https://gitlab.com/bogdan776/simple-code/tree/point_builder_branch. Але додаток знаходиться в стадії розробки, тому для його використання потрібен встановлений JDK і Maven та налаштовані параметри середовища вашої операційної системи.

Для початку роботи з програмою, необхідно зайти в корінь папки з програмою і запустити файл run.bat для Windows OS. Для систем Linux чи Mac OS необхідно створити .sh файл з вмістом файлу .bat. Наступним кроком треба створити текстовий (.txt) файл з параметрами точок наступним чином: номер точки, координата X, координата Y, значення радіаційного фону та наприкінці треба поставити крапку з комою. Як показано на рисунку А.1.

points.txt

```
1, 0, 0, 0.13;
2, 0, 261, 0.13;
3, -260, 261, 0.14;
4, -260, -9, 0.14;
5, -260, -525, 0.11;
6, 6, -525, 0.13;
7, 274, -525, 0.13;
8, 274, -262, 0.12;
9, 274, 0, 0.13;
10, 274, 268, 0.15;
11, 6, 268, 0.14;
12, -258, 268, 0.14;
13, -518, 268, 0.12;
14, -556, -6, 0.12;
15, -556, -260, 0.15;
16, -556, -490, 0.11;
17, -614, -732, 0.14;
18, -305, -732, 0.11;
19, -43, -732, 0.14;
20, 223, 749, 0.13;
21, 486, -749, 0.11;
22, 486, -497, 0.12;
23, 486, -235, 0.18;
24, 486, 30, 0.15;
25, 486, 285, 0.14;
```

Рис. А.1. Зображення текстового файлу з заданими контрольними точками

Далі для відправки значень в консольний додаток ми скористаємося командою «set points» вказавши абсолютний шлях до файлу. Потім для перевірки вхідних даних роздрукуємо точки з програми використовуючи команду «print». Маємо результат на рисунку А.2.

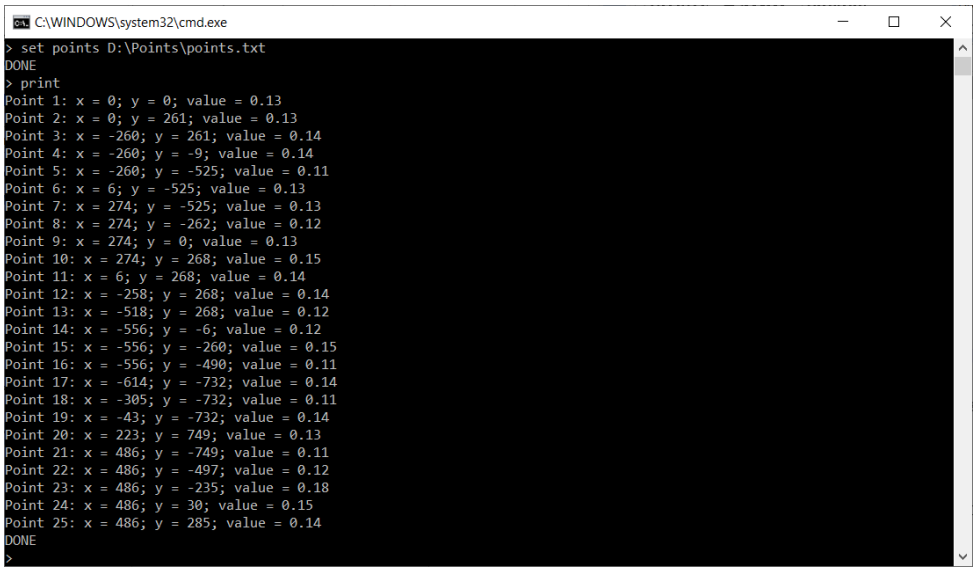


Рис. А.2. Результат виконання команд «set points» і «print»

Як мі можемо бачить з рисунку А.2 дані успішно додані в програму.

За допомогою програми «Maple» ми знайдемо рівняння регресії R методом найменших квадратів у вигляді поліному 6-го ступеня за l. Відсортовані дані отримуємо за допомогою відповідних команд з консольного застосування. На рисунку А3 показаний результат пошуку рівняння регресії.

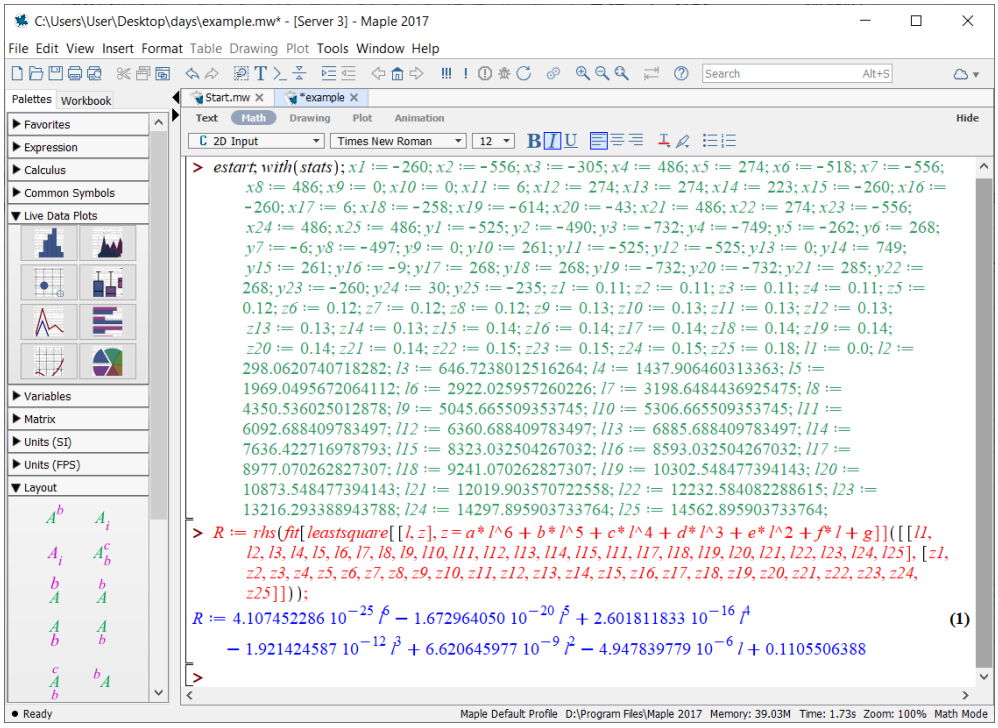


Рис. А.3. Приклад коду в програмі «Maple» (виділено зеленим – дані отримані з консольної програми), і синім кольором результат виконання коду

Для візуалізації рівняння виконаємо команду «plot»

$$plot([R, [[l1, z1], [l2, z2], [l3, z3], [l4, z4], [l5, z5], [l6, z6], [l7, z7], [l8, z8], [l9, z9], [l10, z10], [l11, z11], [l12, z12], [l13, z13], [l14, z14], [l15, z15], [l16, z16], [l17, z17], [l18, z18], [l19, z19], [l20, z20], [l21, z21], [l22, z22], [l23, z23], [l24, z24], [l25, z25]]], l = 0..15000, axes = boxed, style = [line, point], color = black);$$

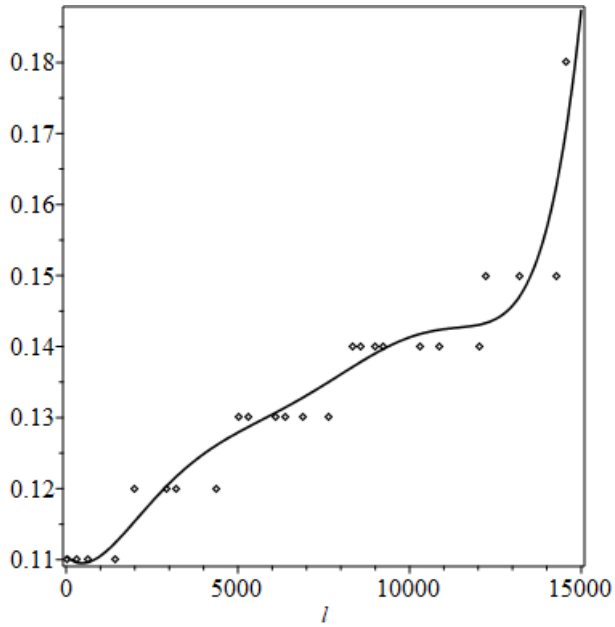


Рис. А.4. Графік залежності дози від відстані вздовж ламаної

Графік зображеній на рисунку А.4 не погано узгоджується з відсортованими даними вимірювань.

Наступним кроком відстань від довільної точки з координатами (x, y) до кожної контрольної точки де проводилися вимірі:

$$dlx1 := \mathrm{sqrt}\left((x - x1)^2 + (y - y1)^2\right); dlx2 := \mathrm{sqrt}\left((x - x2)^2 + (y - y2)^2\right); dlx3 := \mathrm{sqrt}\left((x - x3)^2 + (y - y3)^2\right); dlx4 := \mathrm{sqrt}\left((x - x4)^2 + (y - y4)^2\right); dlx5 := \mathrm{sqrt}\left((x - x5)^2 + (y - y5)^2\right); dlx6 := \mathrm{sqrt}\left((x - x6)^2 + (y - y6)^2\right); dlx7 := \mathrm{sqrt}\left((x - x7)^2 + (y - y7)^2\right); dlx8 := \mathrm{sqrt}\left((x - x8)^2 + (y - y8)^2\right); dlx9 := \mathrm{sqrt}\left((x - x9)^2 + (y - y9)^2\right); dlx10 := \mathrm{sqrt}\left((x - x10)^2 + (y - y10)^2\right); dlx11 := \mathrm{sqrt}\left((x - x11)^2 + (y - y11)^2\right); dlx12 := \mathrm{sqrt}\left((x - x12)^2 + (y - y12)^2\right); dlx13 := \mathrm{sqrt}\left((x - x13)^2 + (y - y13)^2\right); dlx14 := \mathrm{sqrt}\left((x - x14)^2 + (y - y14)^2\right); dlx15 := \mathrm{sqrt}\left((x - x15)^2 + (y - y15)^2\right); dlx16 := \mathrm{sqrt}\left((x - x16)^2 + (y - y16)^2\right); dlx17 := \mathrm{sqrt}\left((x - x17)^2 + (y - y17)^2\right); dlx18 := \mathrm{sqrt}\left((x - x18)^2 + (y - y18)^2\right); dlx19 := \mathrm{sqrt}\left((x - x19)^2 + (y - y19)^2\right); dlx20 := \mathrm{sqrt}\left((x - x20)^2 + (y - y20)^2\right); dlx21 := \mathrm{sqrt}\left((x - x21)^2 + (y - y21)^2\right); dlx22 := \mathrm{sqrt}\left((x - x22)^2 + (y - y22)^2\right); dlx23 := \mathrm{sqrt}\left((x - x23)^2 + (y - y23)^2\right); dlx24 := \mathrm{sqrt}\left((x - x24)^2 + (y - y24)^2\right); dlx25 := \mathrm{sqrt}\left((x - x25)^2 + (y - y25)^2\right);$$

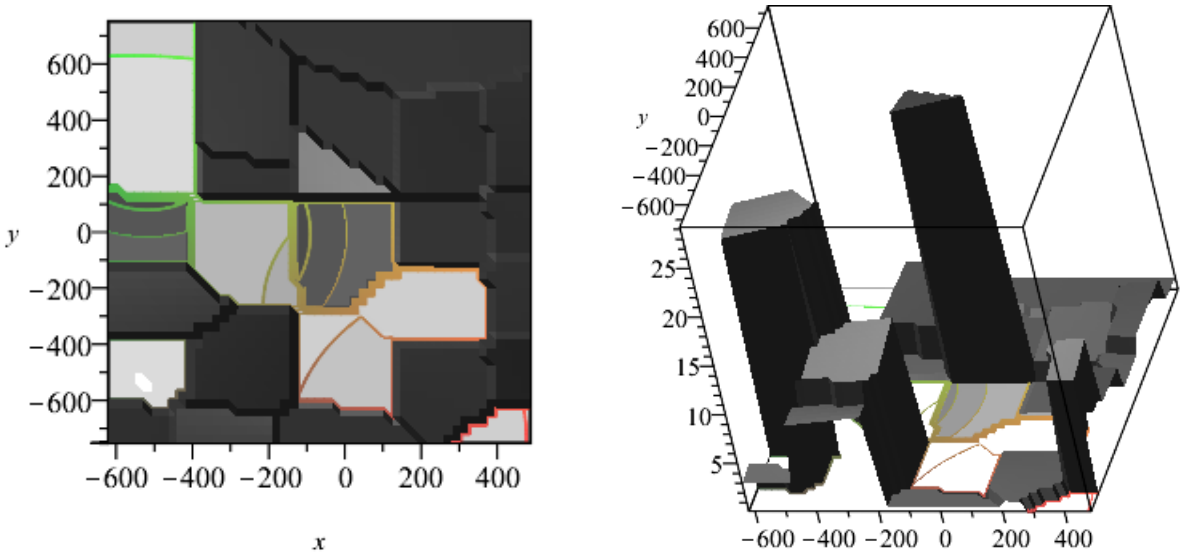
Далі відшукуємо найближчу контрольну точку до довільної точки. Для цього перебираємо усі контрольні точки з 1-ї по 25-ту за допомогою добутку 24 функцій Хевісайда. Починаємо з 1-ї точки (цей вираз ми так

само можемо генеруємо за допомогою консольної програми):

```
l := (dlx5 + l5)·Heaviside(dlx1-dlx16)·Heaviside(dlx2-dlx16)·Heaviside(dlx3-dlx16)
    ·Heaviside(dlx4-dlx16)·Heaviside(dlx5-dlx16)*Heaviside(dlx6-dlx16)
    ·Heaviside(dlx7-dlx16)·Heaviside(dlx8-dlx16)*Heaviside(dlx9-dlx16)
    ·Heaviside(dlx10-dlx16)·Heaviside(dlx11-dlx16)*Heaviside(dlx12-dlx16)
    ·Heaviside(dlx13-dlx16)·Heaviside(dlx14-dlx16)*Heaviside(dlx15-dlx16)
    ·Heaviside(dlx17-dlx16)·Heaviside(dlx18-dlx16)*Heaviside(dlx19-dlx16)
    ·Heaviside(dlx20-dlx16)·Heaviside(dlx21-dlx16)*Heaviside(dlx22-dlx16)
    ·Heaviside(dlx23-dlx16)·Heaviside(dlx24-dlx16)*Heaviside(dlx25-dlx16) +...
```

Наступним кроком ми робимо візуалізацію поля радіаційного фону (рис. А.5) за допомогою команди «contourplot3d»:

```
with(plots); contourplot3d({R}, x = -620..486, y = -750..750, grid = [50, 50], contours
    = [0.08, 0.09, 0.1, 0.11, 0.12, 0.13, 0.14, 0.15, 0.16, 0.17, 0.18, 0.19, 0.20, 0.22, 0.23,
     0.24, 0.25], filled = true, axes = boxed, orientation = [-90, 0], coloring = [white,
    black]);
```



а) 2D б) 3D

Рис. А.5. Результат побудови поля радіаційного фону

Надалі шукаємо щільність поля та його градієнт у вигляді стрілок на фоні поля щільності потужності дози за допомогою команд «densityplot» і «gradplot» відповідно:

$$with(plots) : p1 := gradplot(R, x = -620..486, y = -750..750, grid = [10, 10]) : p2 := densityplot(R, x = -620..486, y = -750..750, color = white) : display(p1, p2, axes = BOX);$$

Маємо результат виконання команди наведений на рисунку А.6.

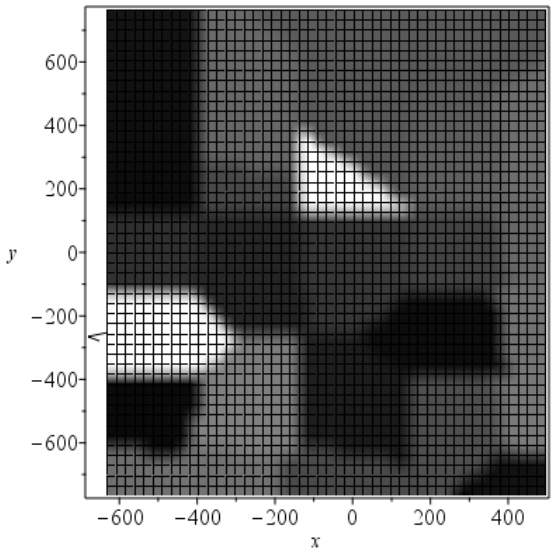


Рис. А.6. Щільність поля та його градієнт (від чорного до білого)

Для кожного дня вимірювань цей алгоритм повторюється. Тому використання допоміжних програм є більш ніж розумним. На рисунку А.7 зображене робоче вікно «Maple 2017» дрібним шрифтом де зеленим є фрагмент згенерований в консольній програмі, інше є незмінним для 25 точок.



Рис. А.7. Робоче вікно програми «Maple»