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 «бакалавр»

на тему: **«ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ НА ПРИКЛАДІ 335 М/РАЙОНУ, ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РАЙОНУ М.ХАРКОВА»**

Виконав : студент 4 курсу, групи НФ-41
Кравчук Микита Юрійович
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма: прикладна фізика енергетичних систем
Керівник д-р фіз.-мат. наук, професор
Пеліхатий Микола Михайлович

Харків - 2020 рік

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____
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) _бакалавр
Напрям підготовки 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»___

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.І.Ткаченко
підпис

"____"_____2020_року

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

_____Кравчуку Микиті Юрійовичу_____

1. Тема роботи «ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ НА ПРИКЛАДІ 335 М/РАЙОНУ, ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РАЙОНУ М.ХАРКОВА»

керівник роботи Пеліхатий Микола Михайлович, д-р фіз.-мат. наук, професор

затверджені наказом по університету від "05" грудня 2019 р. № 0210-05/2249

2. Строк подання студентом роботи 12 червня 2020 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

Провести аналітичний огляд літератури з оцінки радіаційного стану території. Вивчити особливості методу оцінки радіаційного стану. Підготувати табличні дані для обробки. Провести обробку за допомогою двохфакторного дисперсійного аналізу. Сформулювати результати дослідження. Оформити та написати бакалаврську роботу.

4.План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Методика проведення експерименту
2	Первинна обробка отриманих даних;
3	Результати та обговорення отриманих даних;
4	Визначення залежностей потужності дози в окремих точках від метеоумов та отримання кореляційної матриці та висновок.

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ М. Ю. Кравчук

Керівник роботи _____ М. М. Пеліхатий

Реферат

Кравчук Микита Юрійович «ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ НА ПРИКЛАДІ 335 М/РАЙОНУ, ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РАЙОНУ М.ХАРКОВА» (випускна робота бакалавру), - Харків: ХНУ. імені В.Н. Каразіна, 2020.- 27 с.

Метою даної роботи є організація та проведення оцінки радіаційного стану на прикладі 335м/району, Шевченківського району м.Харкова. Вона складається з вступу, двох розділів, висновків, містить 30 малюнків, список використаних джерел з 8 найменувань. Були зроблені вимірювання амбієнтного еквіваленту потужності дози неперервного рентгенівського і гамма-випромінювання**,** побудовані графіки залежності радіаційних вимірювань від середньодобових метеоумов, У роботі були представлені малюнки поверхні через кожну добу вимірювання, для того, щоб побачити залежність якості вимірювання поверхні в залежності від часу та середньодобових метеоумов. Отримані результати вимірювань довели високу варіабельність радіаційного фону всередині контрольованої зони від однієї контрольної точки до іншої.

Ключові слова: оцінка радіаційного стану, вимірювання, потужність дози; амбієнтний еквівалент; кореляційна матриця.

Abstract

Kravchuk Mykita Yuriyovych "ASSESSMENT OF THE RADIATION CONDITION OF THE TERRITORY ON THE EXAMPLE OF 335 M / DISTRICT, SHEVCHENKIV DISTRICT OF M. KHARKOV" (bachelor's thesis), - Kharkiv: KhNU. named after VN Karazina, 2020.- 27 p.

The purpose of this work is to organize and conduct an assessment of the radiation status on the example of 335m / district, Shevchenkivskyi district of Kharkiv. It consists of an introduction, two sections, conclusions, contains 30 figures, a list of sources used with 8 items. Measurements of the ambient equivalent dose rate of continuous X-ray and gamma radiation were made, graphs of dependence of radiation measurements on average daily meteorological conditions were constructed. . The obtained measurement results proved the high variability of the radiation background within the controlled area from one control point to another.

Key words: radiation condition assessment, measurement, dose rate; ambient equivalent; correlation matrix.

ЗМІСТ

ВСТУП……...3

РОЗДІЛ 1……4

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ……..4

1.1 Мета роботи та матеріали і методи досліджень…….……...4

1.2 Схема розташування точок спостережень та загальний вигляд приладу……...…. 5-6

РОЗДІЛ 2…….…...6

ТАБЛИЦЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ОБРОБКИ ДАНИХ…….…..6

2.1 Результати та їх обговорення…….……6

2.2 Таблиця вимірювань амбієнтного еквіваленту потужності дози неперервного рентгенівського та гама-випромінювання……...…….7-9

2.3 Застосування двох-факторного дисперсійного аналізу до первинної обробки даних таблиці……...9-10

2.4 Зображення варіабельності радіаційного фону…….....10-24

2.5 Кореляційна матриця…….……25

ВИСНОВКИ…….27

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...……28

Вступ

Темою роботи була обрана оцінка рівня радіаційного фону на суміжних і пересічних територіях в селищі Федірці, міста Харкова, Харківської області. На досліджуваній території розташувалися: частина Центральної злітної смуги Харківського Міжнародного аеропорту, селище Федірці, проїжджа частина вулиці Ньютона. За визначенням суміжні території являють собою земельні ділянки, межі яких суміщені. Так як на обраній нами ділянці розміщені об'єкти інфраструктури міста, які не мають на увазі вільне відвідування, навіть з метою проведення наукового експерименту, нами була обрана теориторія максимально наближена до основної частини злітної смуги, яка в свою чергу перетікає в населений пункт.

Для розуміння специфіки обраної території необхідно ввести деякі відомості, що оцінює параметри і характеристики досліджуваної ділянки землі. Село Федірці знаходиться між колишніми селами Мовчани та Павленки. Прилягає до кордону міста Харків в районі аеропорту — з 2012 року-входить в межі міста Харкова. Важливим параметром, що дозволяє оцінити екологію села, є мала чисельність населення, яка становить 305 осіб за переписом населення на період з 2001 по 2002. Площа зацікавленої ділянки (села) становить 0,32 км^2.

Враховуючи що на обраній території для дослідження розташовуються об'єкти інфраструктури: злітна смуга аеропорту, село, що знаходяться в межах міста і одна з основних вулиць спального району показання, отримані шляхом прямого вимірювання, теоретично повинні відрізнятися. Значну частину покриття досліджуваної території, що входить до групи, стратегічно важливих об'єктів, становить цементобетонне покриття. Злітно посадкова смуга (скор. ЗПС), враховуючи рельєф місцевості, здебільшого складається з насипу різного роду копалин, таких як граніт і тд. Це було скоєно з метою отримання відносно рівної поверхні для надання можливості реалізації процесу підйому в повітря і посадки повітряних суден, різного типу, в основному для груп, що розрізняються за масою і габаритами. У 2008 році в Харківському міжнародному аеропорту було викладено нове покриття ЗПС, замінивши собою старе, структурних змін у використовуваному матеріалі немає.

Одним з важливих факторів, що зацікавили нас, є теорія про те що деяка частина ЗПП і житлового масиву села Федірці, була побудована з використанням Токівського граніту, в тій чи іншій мірі. Крім використання цієї породи в декоративних цілях, неодноразово були помічені випадки використання Токівського граніту в якості надгробків на кладовищі, яке розташовано в безпосередній близькості до населеного пункту. Одне з найбільших родовищ граніту в Україні-Токівське. Воно розташовується в Дніпропетровській області, Апостолівського регіону, в 4-х км від ж/д станції

струм. Токівський камінь став відомим ще в російські епохи. З даного каменю був споруджений столичний Інститут міста Москва, облицьований фасад ансамблю житель біля Павелецького вокзалу в Москві, з нього вимощено велику кількість столичних мостів, також їм скористалися для спорудження п'єдесталів пам'ятників Івану Франку у Львові та Леоніду Брежнєву в Каменську, Максиму Горькому в Дніпрі (Україна). Запаси Токівського родовища граніту в даний момент за відомостями геологічної розвідки – 70 млн. кубічних метрів.

Вироблено з польового шпату, слюди, кристалів кварцу. Конструкція порфоровидна, нерівномірна, дрібно - і середньозерниста.

Камінь Токівського родовища, який за структурою тонкодисперсний, користуються при ліпленні статуй для саду і парку, внаслідок того власне що конструкція каменю виділяє ймовірність обробляти граніт ударним способом.

Камінь, який містить грубозернисту структуру, використовується для приготування колон, п'єдесталів, постаментів. Ці вироби мають монументальний і особливий вигляд. Велике впровадження відшукав Токівський граніт і в дорожньому будівництві. Виготовлені на базі цього каменю бруківки, кляйнпфлястери, бордюри та інші споруди, мають слушний характер і довготриваліть використання для п'єдесталів пам'ятників Івану Франку у Львові та Леоніду Брежнєву в Кам'янську, Максиму Горькому в Дніпрі.

Актуальність даного дослідження обумовлена необхідністю прояснити ситуацію щодо того, чи безпечно людям проживати в даній місцевості в безпосередній близькості до ЗПС. Наскільки різняться показання отримані при прямому вимірі у місцевості з таким щільним перетином об'єктів інфраструктури.

Метою даної роботи є організація та проведення оцінки радіаційного стану в с.Федірці, м. Харків, Харківської області, обробка отриманих результатів та побудови карт радіаційного фону, тобто визначення рівня екологічної безпеки на контрольованій території.

Матеріали та методи досліджень.

Дослідження амбієнтного еквіваленту потужності дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання проводилися на території с.Федірці, м. Харків, Харківської області загальною площею більше за 10 кв. км, карта якої наведена на рисунку 1. Вимірювання проводилися з 2-го лютого 2020 року по 29 лютого 2020 року включно щоденно з 10-ї до 12-ї години ранку в 16-ти контрольних точках, які наведені на карті рисунку 1.



Рис. 1. Схема розташування точок спостережень на контрольованій території

Вимірювання амбієнтного еквіваленту потужності дози неперервного рентгенівського і гамма-випромінювання проводилися за допомогою дослідницького дозиметру МКС-05 «ТЕРРА» з абсолютною похибкою відліку 0,01 мкЗв/год, який використовується для дозиметричного і радіометричного контролю на промислових підприємствах; для екологічних досліджень; для контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, а також прилеглих до них територій. Загальний вигляд приладу показано на рисунку 3.



Рис 3. Дозиметр МКС-05 «ТЕРРА»

Для зменшення статистичної похибки вимірювання проводилися в кожній точці тричі, а їх результати усереднювалися.

Результати та їх обговорення.

Результати вимірювань амбієнтного еквіваленту потужності дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання з 2-го лютого 2020 року по 29 лютого 2020 р. включнов усіх 16-ти контрольних точках наведені в таблиці 1 в одиницях мкЗв/год.

В останніх рядках таблиці 1 наведені також середньодобові метеоумови під час проведення спостережень, а саме: середня швидкість вітру у м/с; напрямок вітру в градусах (при чому за нульовий відлік приймався південний напрямок, а далі відлік йшов проти годинникової стрілки аж до 360^{O} – знов південний вітер); хмарність визначалася в балах, температура повітрі в ^{O}C та вологість у відсотках.

Таблиця 1.

Результати вимірювань амбієнтного еквіваленту потужності дози неперервного рентгенівського та гама-випромінювання

№ точ.	Координати		**Дата**													
	Y, м	X, м	**02.02**	**03.02**	**04.02**	**05.02**	**06.02**	**07.02**	**08.02**	**09.02**	**10.02**	**11.02**	**12.02**	**13.02**	**14.02**	**15.02**	**16.02**
1	1500	0	0,16	0,15	0,16	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
2	1000	0	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15
3	500	0	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16
4	0	0	0,15	0,16	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16	0,15
5	0	500	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
6	500	500	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
7	1000	500	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
8	1500	500	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
9	1500	500	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
10	1000	1000	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
11	500	1000	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
12	0	1000	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
13	0	1500	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
14	500	1500	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
15	1000	1500	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
16	1500	1500	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13
Хмарність, бали			1	2	2	3	3	2	1	1	0	2	1	2	3	3	3
Напрямок вітру, град			0	135	135	90	315	90	90	90	315	270	180	180	180	180	90
Сила вітру, м/с			2	2,5	2	3	4,5	2,5	2,5	2	2,1	5,5	6,5	4,5	5,6	4,5	5
Температура, ^{0}C			-18	-16	-21	-20	-23	-20	-24	-22	31	-12	-6	-8	-16	-12	-12
Вологість, %			84	91	90	93	87	88	90	90	31	91	91	89	82	81	76

(продовження таблиці 1)

Дата												
17.02	**18.02**	**19.02**	**20.02**	**21.02**	**22.02**	**23.02**	**24.02**	**25.02**	**26.02**	**27.02**	**28.02**	**29.02**
0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16
0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	0,16	0,15
0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16
0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16
0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	0	2	3
90	135	0	135	90	135	90	270	225	270	270	270	270
3,4	1,2	1,2	3,4	1,2	2,3	1,5	2,3	1,3	2,1	2,3	1,2	2,3
-17	-17	-14	-14	-19	-18	-17	-13	-14	-13	-11	-14	-13
86	91	94	94	88	90	94	94	94	91	90	92	82

Слід зазначити, що за даними моніторингових досліджень, які були проведені фахівцями ДУ «Харківський ОЛЦ МОЗ України», станом на 07.02.2020 рівень зовнішнього гамма-випромінювання складав 0,12 - 0,15 мкЗв/год; станом на 14.02.2020 – 0,10 - 0,14 мкЗв/год; станом на 21.02.2020 – 0,11 - 0,17 мкЗв/год, що не перевищувало значень природного радіаційного фону, характерного для території Харківської області (0,30 мкЗв/год) [1]. Ці офіційні дані по м. Харкову цілком узгоджуються з результатами вимірювань з таблиці 1.

Первинна обробка результатів вимірювань була проведена із застосуванням двохфакторного дисперсійного аналізу для визначення варіабельності отриманих даних щодо потужності дози при варіюванні двох визначаючих факторів: 1) місця розташування точок вимірювань і 2) дати проведення вимірювань. Всі розрахунки були виконані на основі даних таблиці 1 із застосуванням інструменту «Двохфакторний дисперсійний аналіз без повторень» з пакету «Аналіз даних» програми MS Excel. Результати наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Результати застосування двохфакторного дисперсійного аналізу до первинної обробки даних таблиці 1

Дисперсійний аналіз						
Джерело варіації	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-Значення*	*F критичне*
Контрольні точки	0,04251	15	0,002834	1102,696	0	1,691134
Дати	5,31E-05	27	1,97E-06	0,764898	0,79747	1,513358
Випадковість	0,001041	405	2,57E-06			
Разом:	0,043604	447				
Сила впливу, %						
Контрольні точки	97,49					
Дати	0,12					
Випадковість	2,39					

Дані цієї таблиці свідчить про те, що потужність дози неперервного рентгенівського і гамма-випромінювання на контрольованій території практично не залежала від дати вимірювань (0,12 %), але при переході від однієї точки вимірювань до іншої дуже суттєво (97,49 %), тобто, визначальним чином. а випадкові неконтрольовані фактори мали дуже малий вплив (2,39 %).

Побудова поля радіаційного фону на місцевості є найважливішим завданням радіаційного моніторингу довкілля. Виникає питання, як на підставі вимірювань, що були проведені в певній кількості розпорошених точок, відновити неперервну картину розподілу радіації на всій площі контрольованої території (рис. 1). Існує підхід, якій заснований на побудові регресійних моделей для поля радіації у вигляді поліномів різних ступенів за значеннями поточних координат довільної точки всередині зони спостережень [2–5]. Даний підхід має ряд безсумнівних переваг: застосування методу найменших квадратів дозволяє достовірно оцінити значення коефіцієнтів регресії; регресивні моделі в цілому є якісними, тому що мають високі значення коефіцієнтів детермінації; вони переважно також значущі за

критерієм Фішера; статистична помилка регресії всередині зони спостережень знаходиться в межах декількох відсотків; модель дозволяє також визначити мінімальну кількість датчиків (або точок спостереження), яка потрібна для забезпечення необхідної точності вимірювань. Основним недоліком даного класу моделей є суттєве завищення значень радіаційного фону на великій відстані від центру контрольованої зони. Це пов'язане з тим, що регресія будується за координатами в різних великих ступенях та за їх добутками. Тому, чим більше значення координат (відлік яких ведеться від центру зони) – тим більше помилка моделі. Існує також модель [6], в якій регресія будується не за двома координатами точки M (x, y) всередині контрольованої зони, а за однією – відстанню від цієї точки до найближчої до неї i-ої контрольної точки спостережень, яка лежить на деякій ламаній лінії, що послідовно з'єднує усі точки спостережень (від центральної до найдальшої зовнішньої). Перевагою цієї моделі є те, що завищення рівня радіаційного фону біля границі і за межами контрольованої зони відсутнє. Але застосування даного алгоритму для обробки отриманих даних ускладнено тим, що побудова рівняння нелінійної регресії за цими даними є дуже складним завданням.

Тому в даній роботі для побудови карт радіаційного фону був застосований метод адаптивного вирівнювання (або зважений метод найменших квадратів: *Weighted Least Squares* [7, 8]). Для цього використовувалася програма “Statistica-11” (фірми SPS, US, 2013). Результати наведені на рисунках 3 – 32. На цих рисунках у правому нижньому куті показана шкала потужності дози в одиницях мкЗв/год.; білими кружками відзначені всі 16 контрольних точок спостережень.

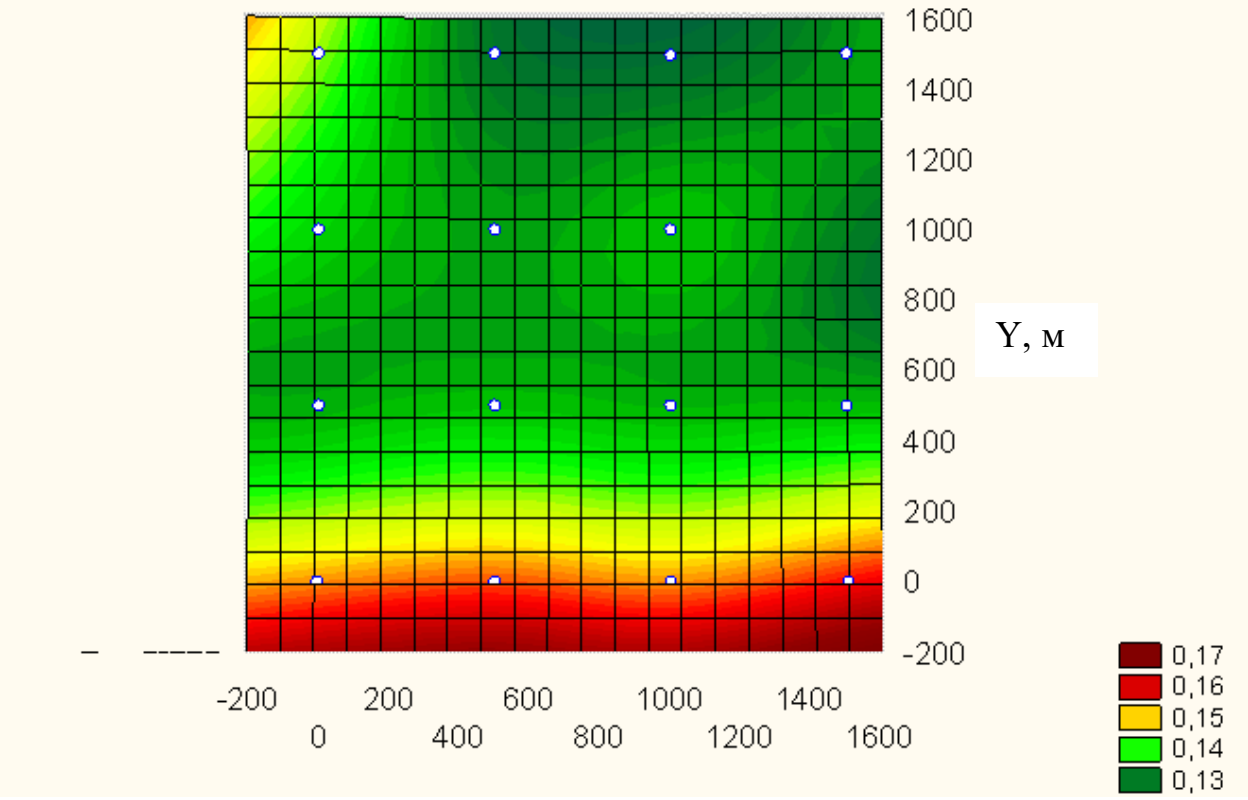
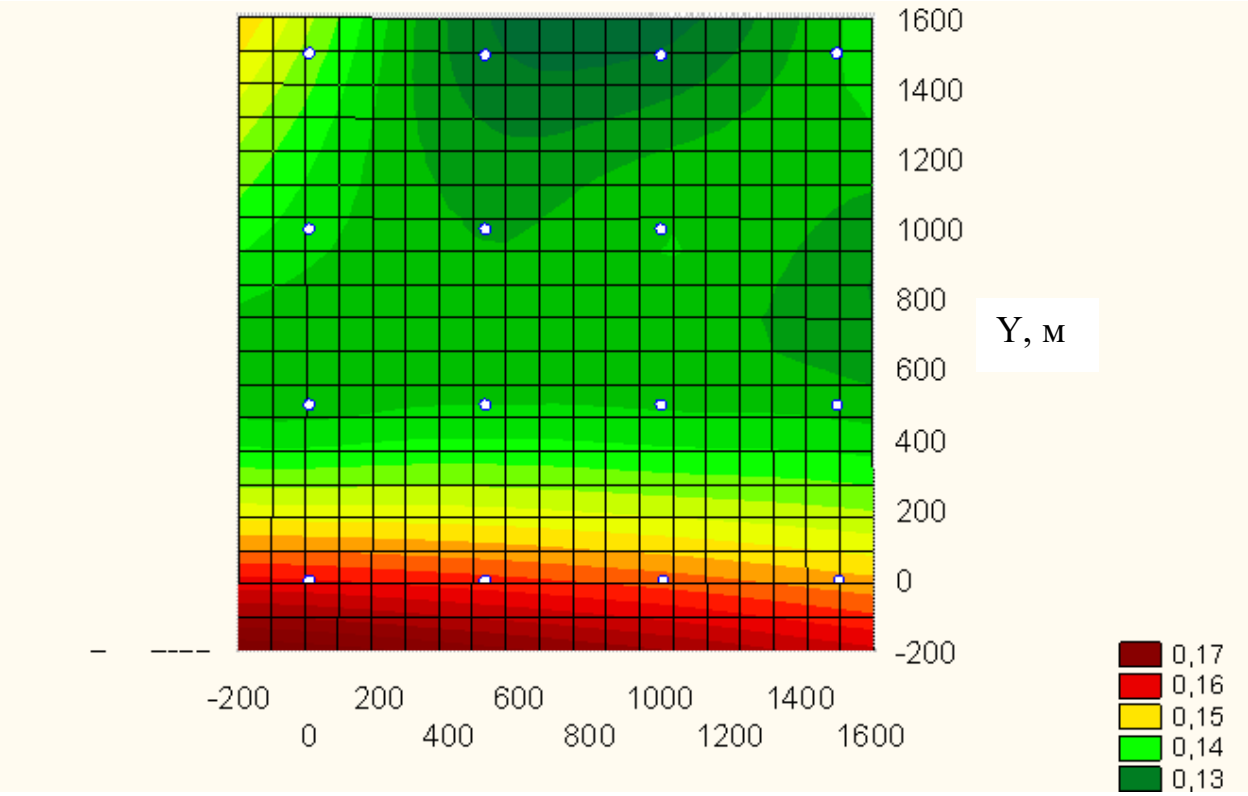
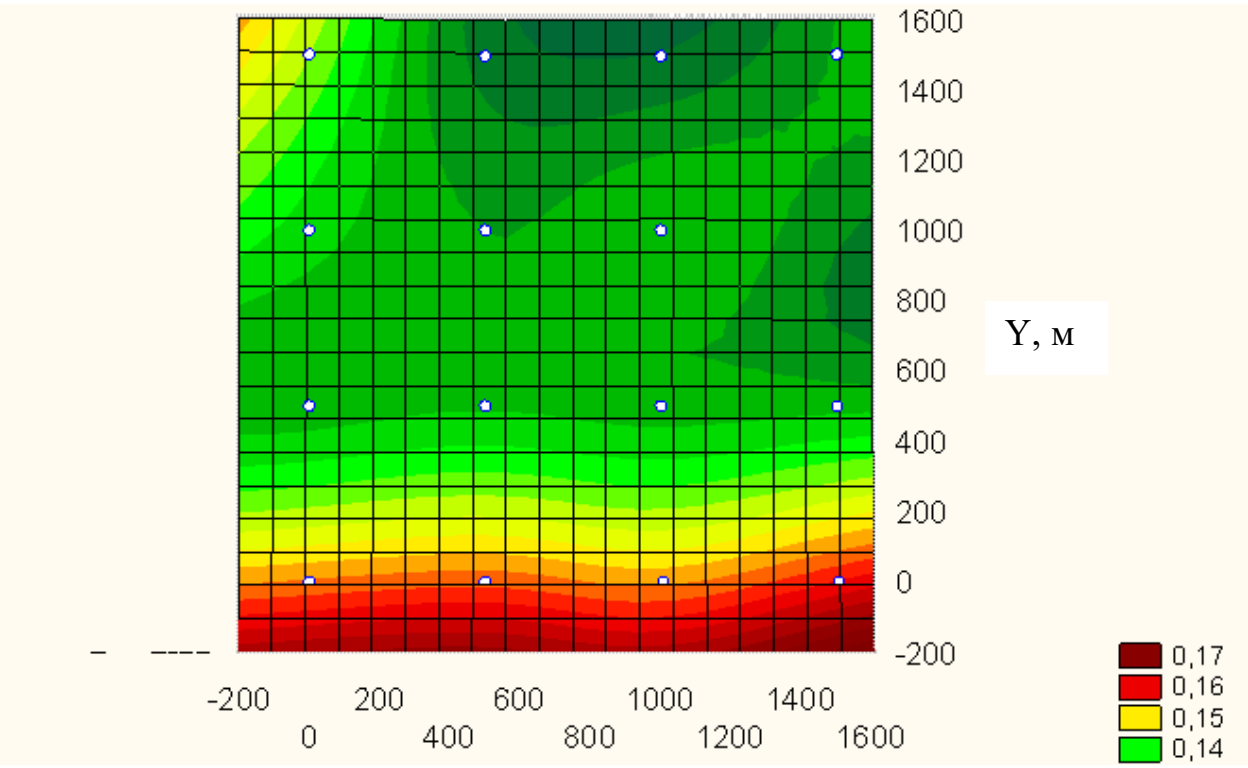


Рис. 3. Радіаційний фон станом на 02.02.2020 р.



X, м

Рис. 4. Радіаційний фон станом на 03.02.2020 р.



X, м

Рис. 5. Радіаційний фон станом на 04.02.2020 р.

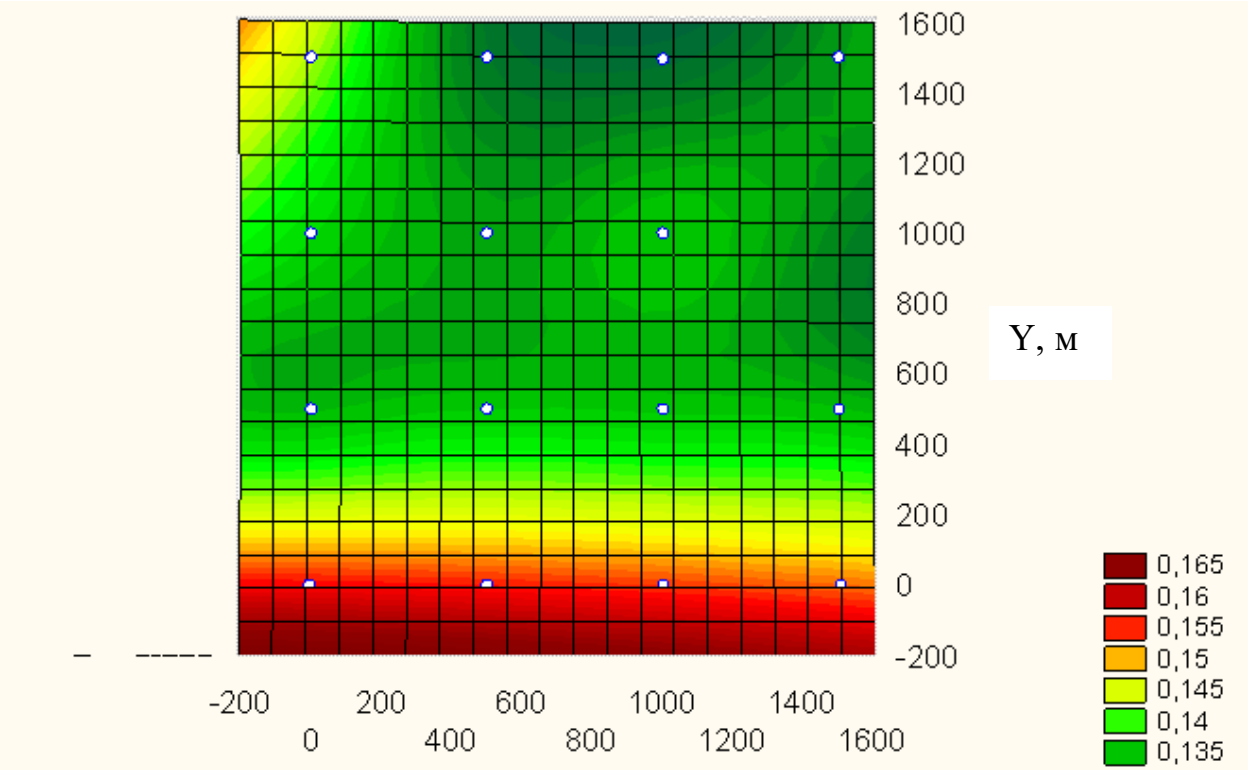


Рис. 6. Радіаційний фон станом на 05.02.2020 р.

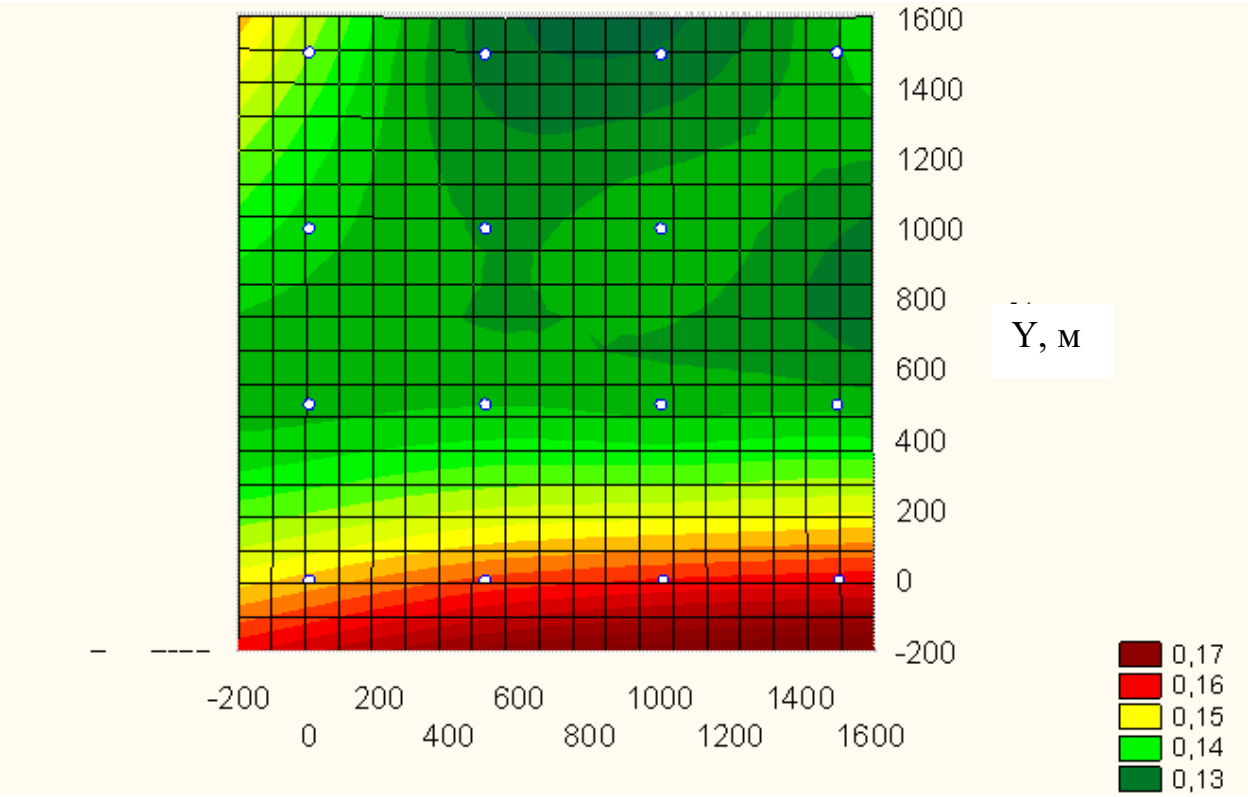
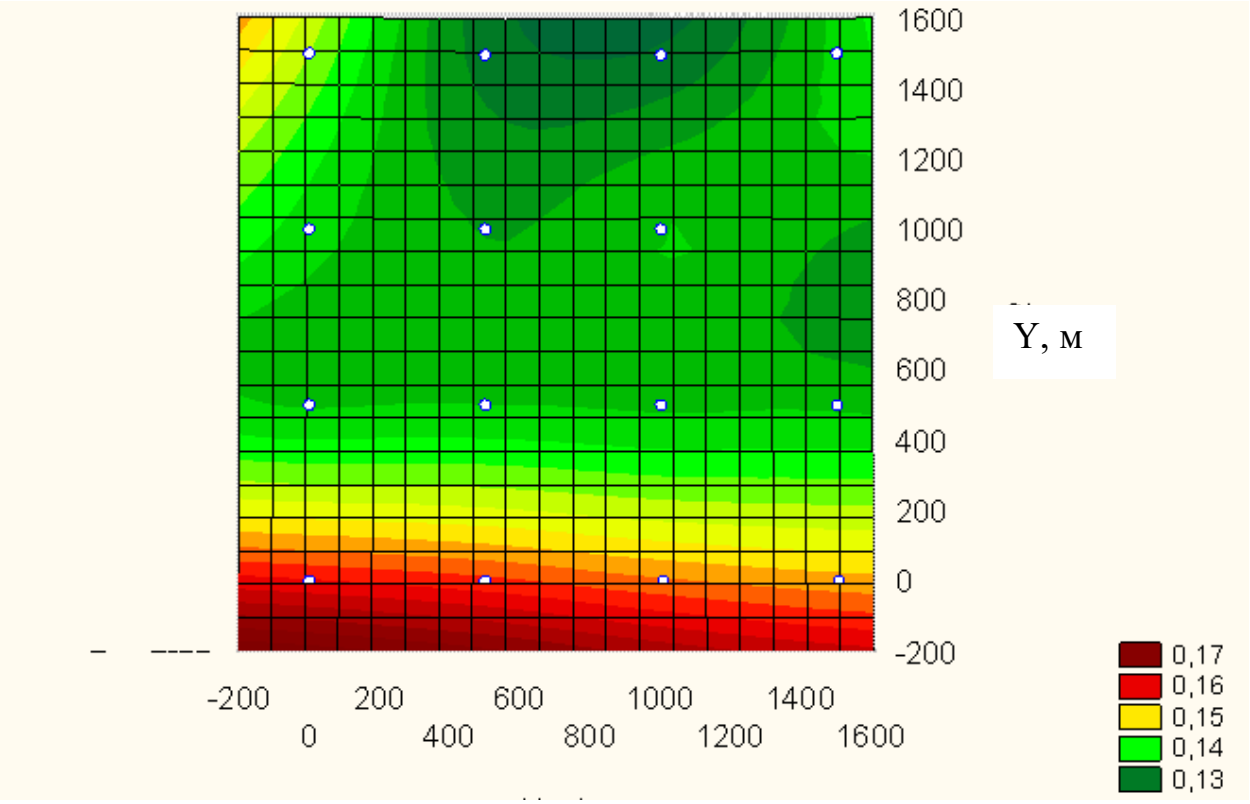
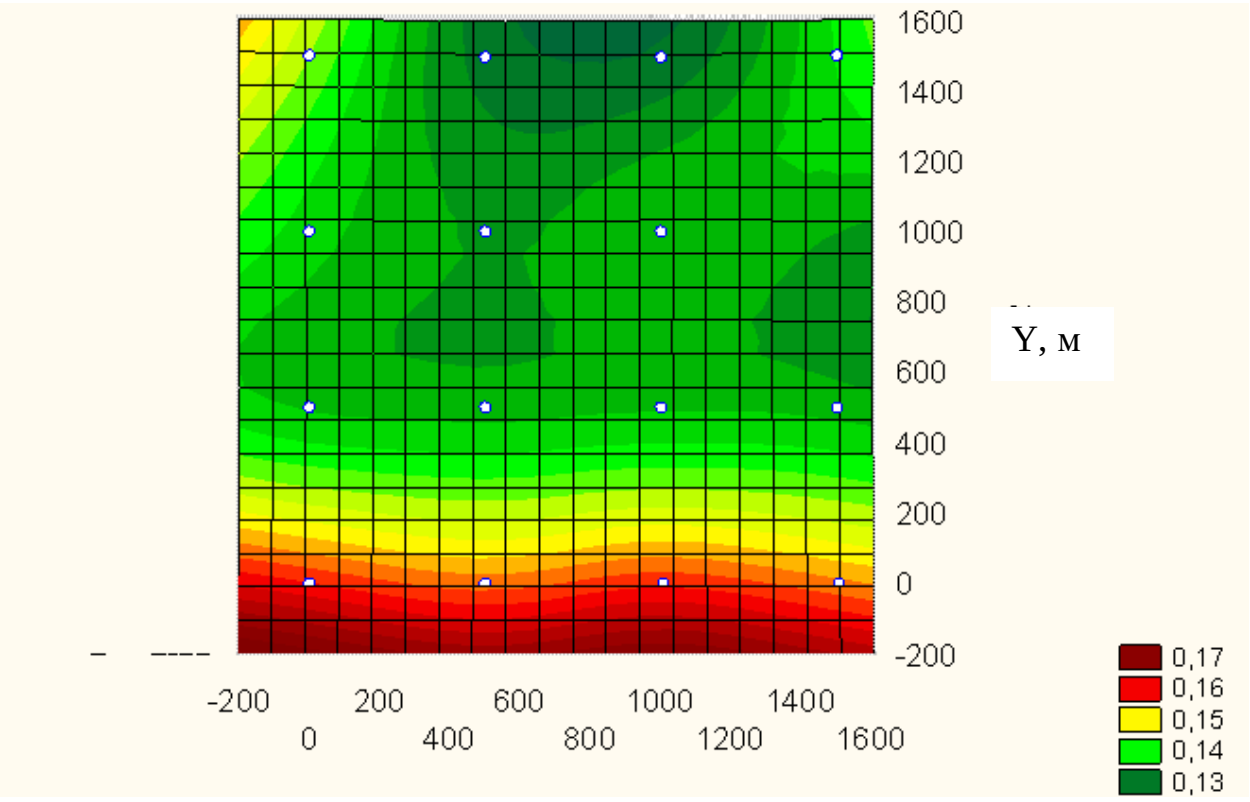


Рис. 7. Радіаційний фон станом на 06.02.2020 р.



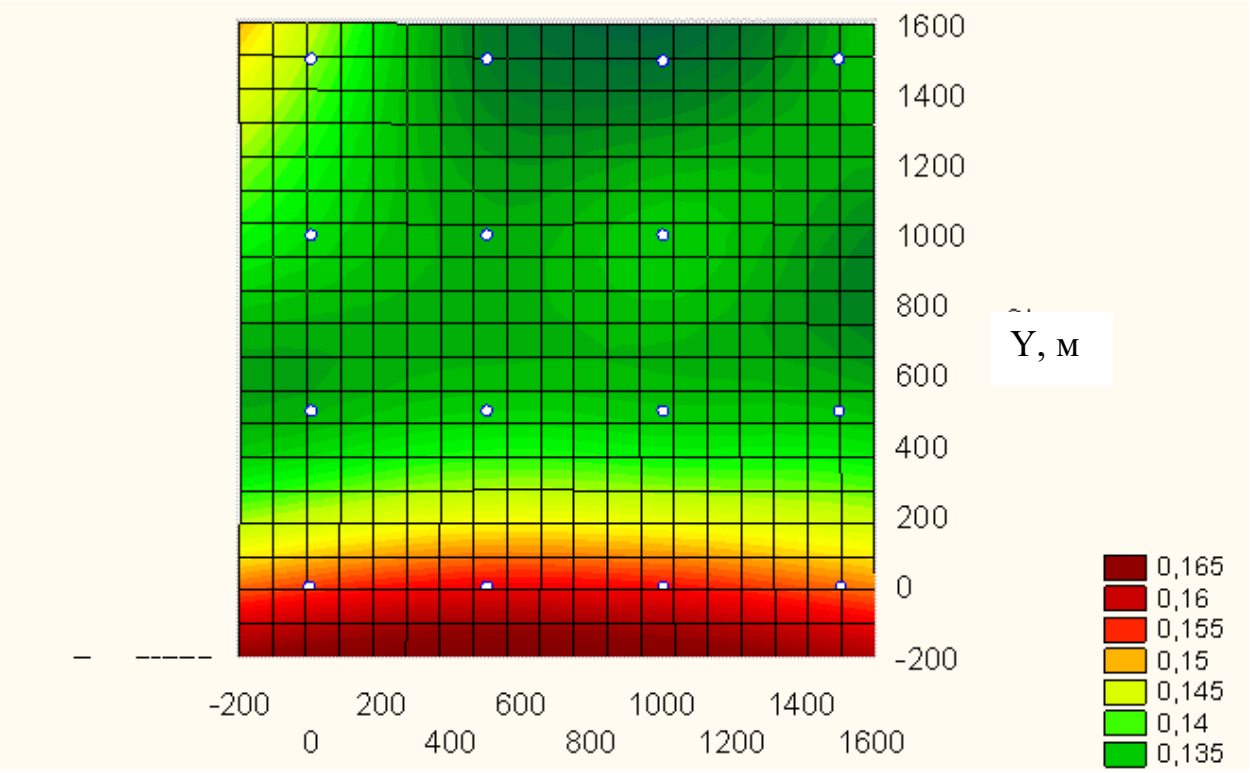
X, м

Рис. 8. Радіаційний фон станом на 07.02.2020 р.



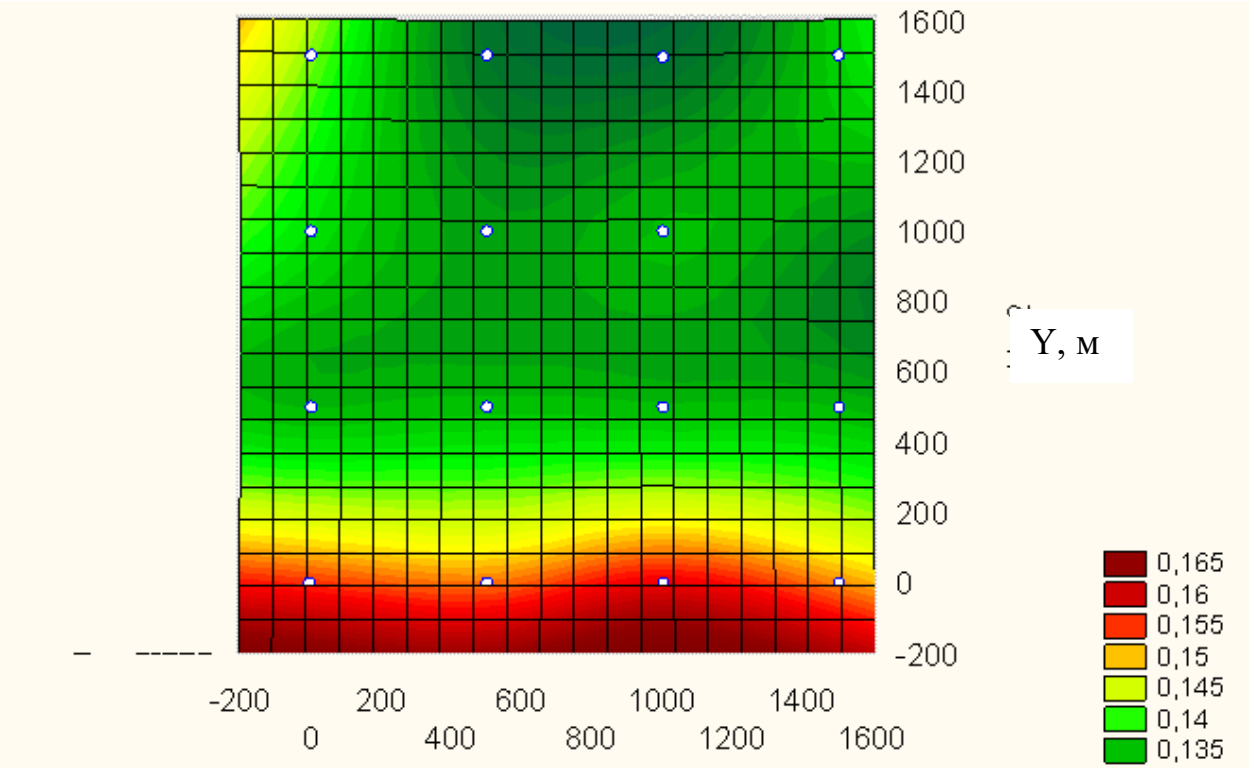
X, м

Рис. 9. Радіаційний фон станом на 08.02.2020 р.



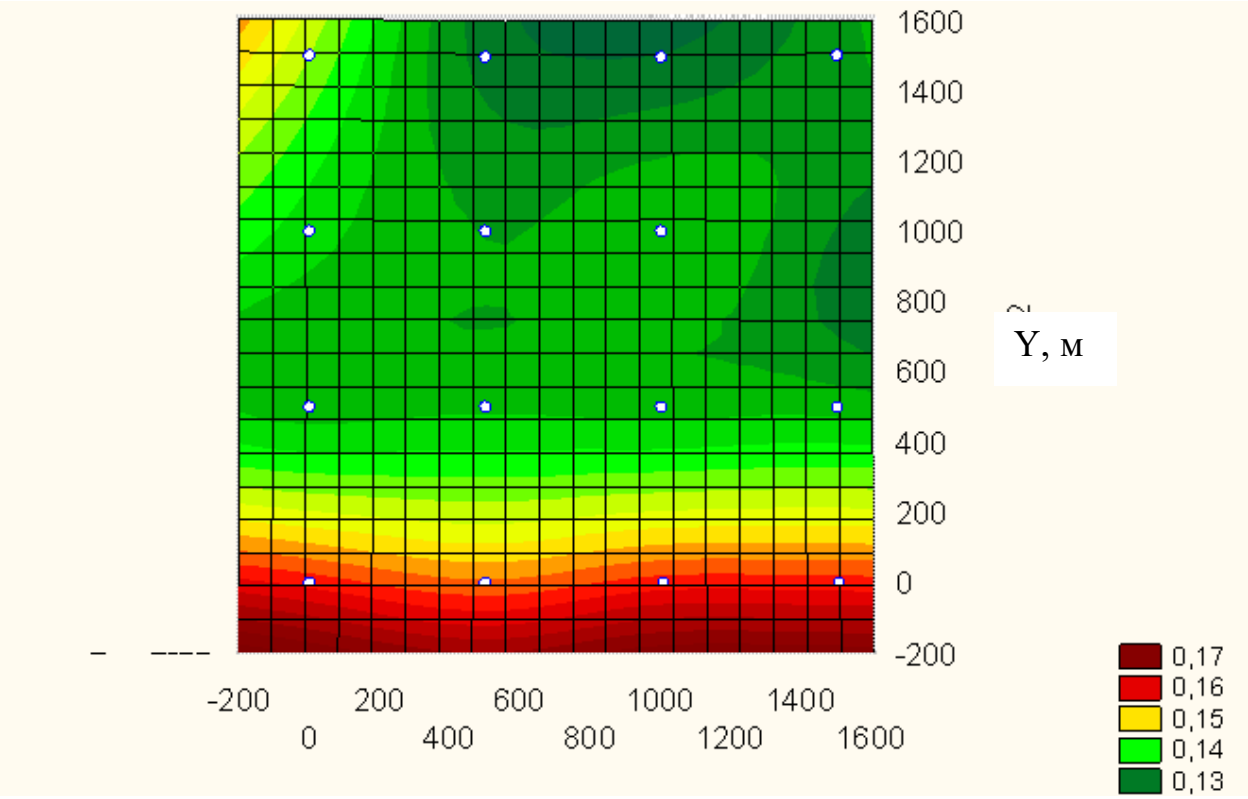
X, м

Рис. 10. Радіаційний фон станом на 09.02.2020 р.



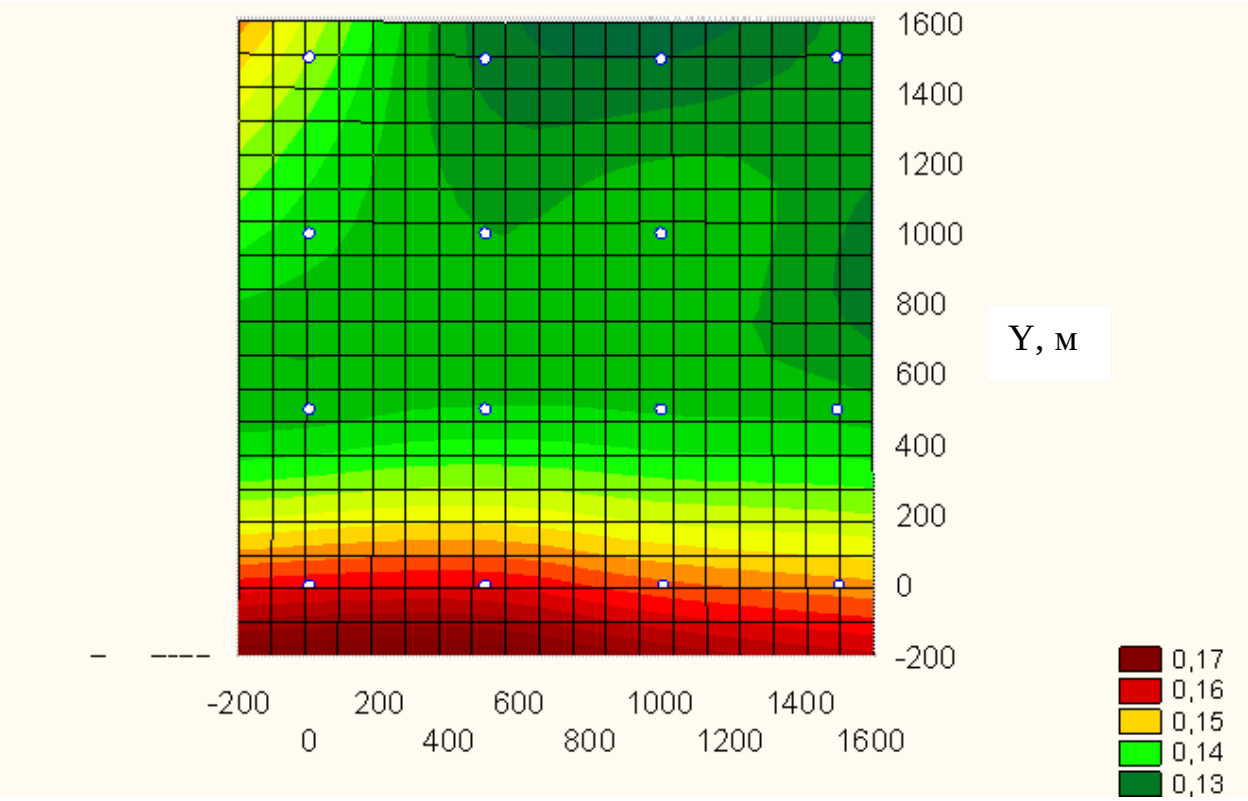
X, м

Рис. 11. Радіаційний фон станом на 10.02.2020 р.



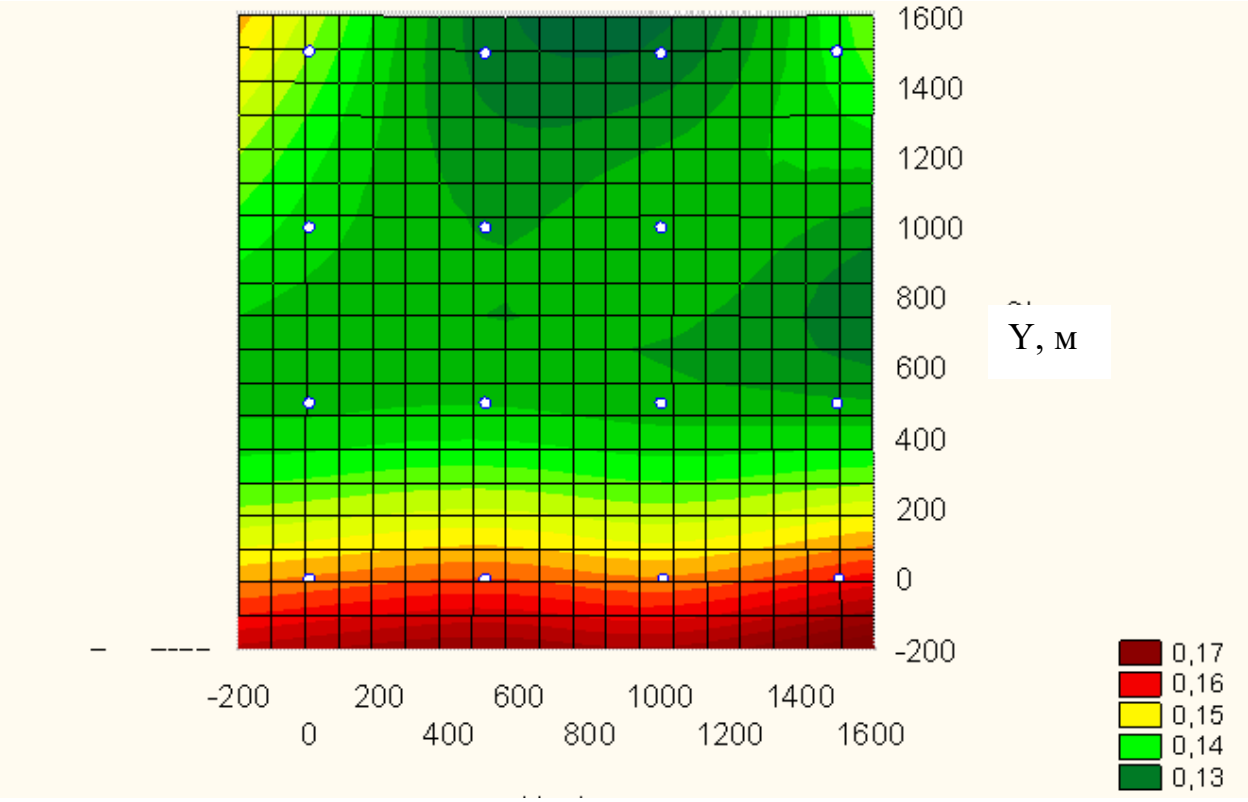
X, м

Рис. 12. Радіаційний фон станом на 11.02.2020 р.



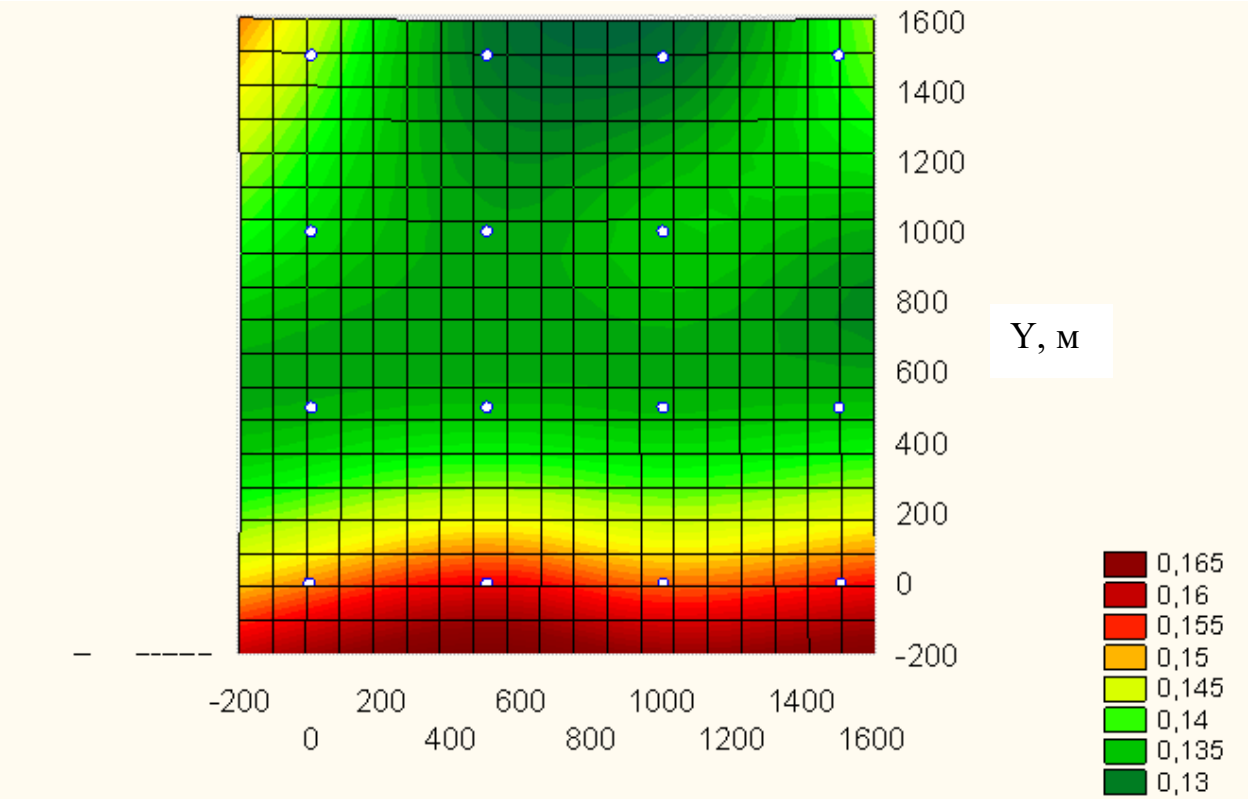
X, м

Рис. 13. Радіаційний фон станом на 12.02.2020 р.



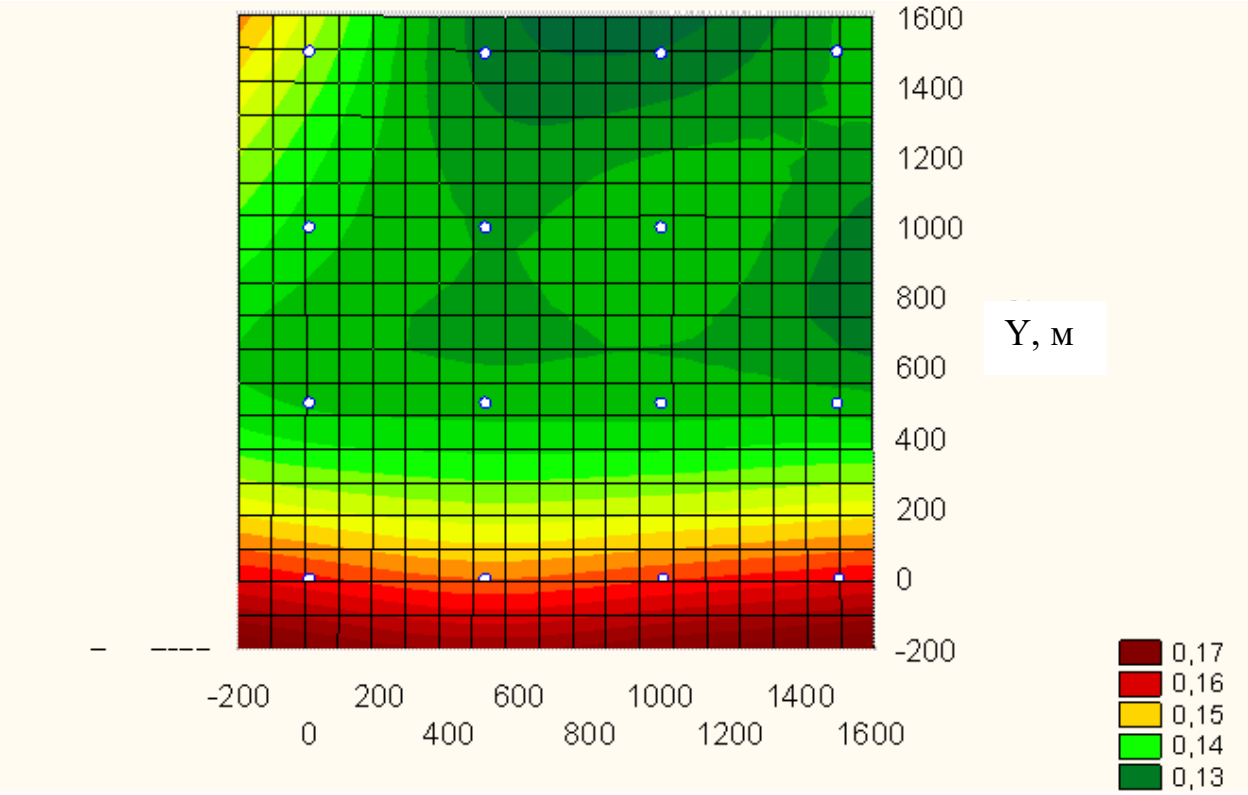
X, м

Рис. 14. Радіаційний фон станом на 13.02.2020 р.



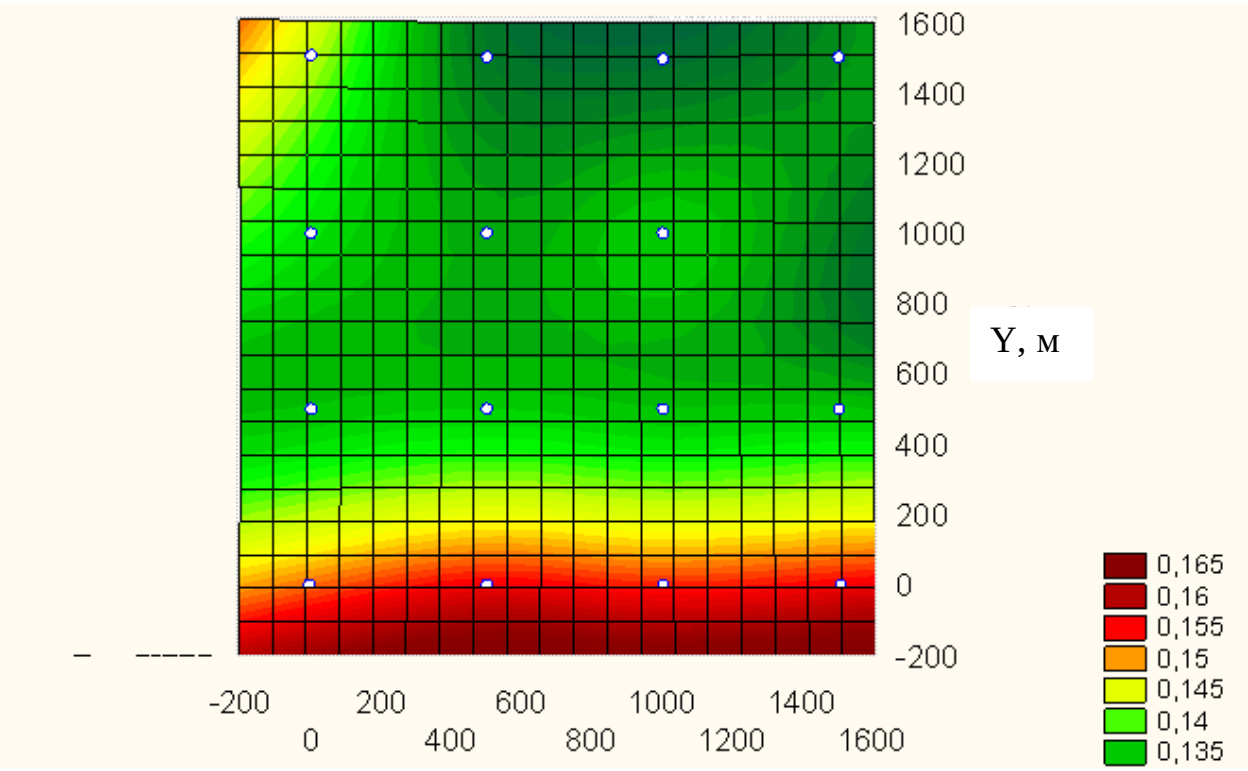
X, м

Рис. 15. Радіаційний фон станом на 14.02.2020 р.



X, м

Рис. 16. Радіаційний фон станом на 15.02.2020 р.



X, м

Рис. 17. Радіаційний фон станом на 16.02.2020 р.

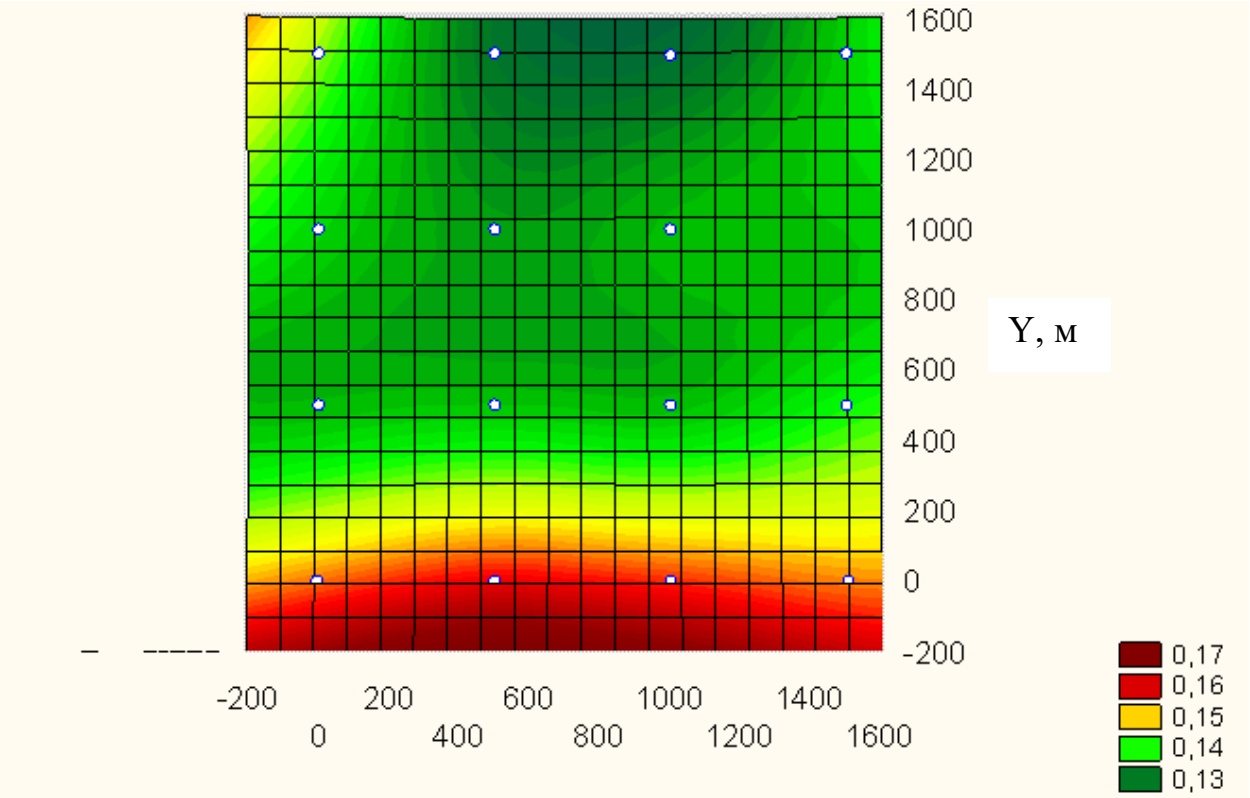


Рис. 18. Радіаційний фон станом на 17.02.2020 р.

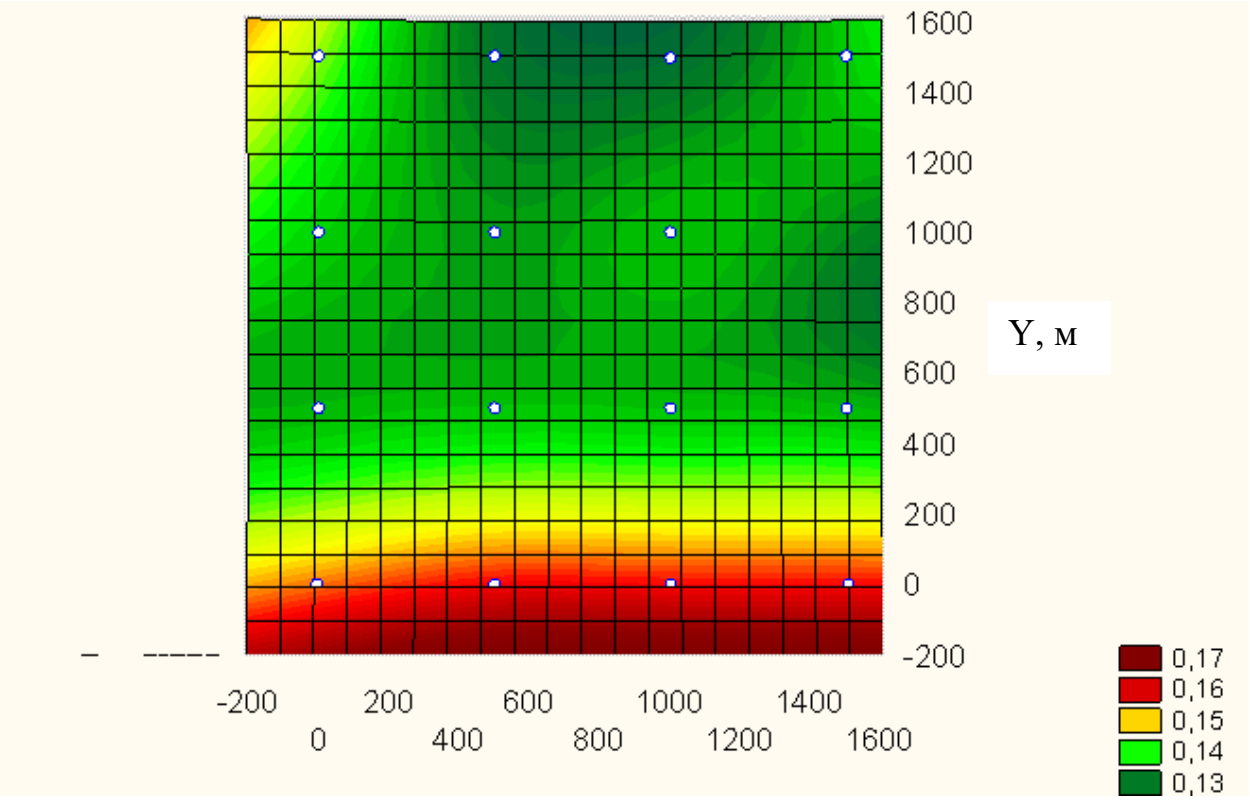


Рис. 19. Радіаційний фон станом на 18.02.2020 р.

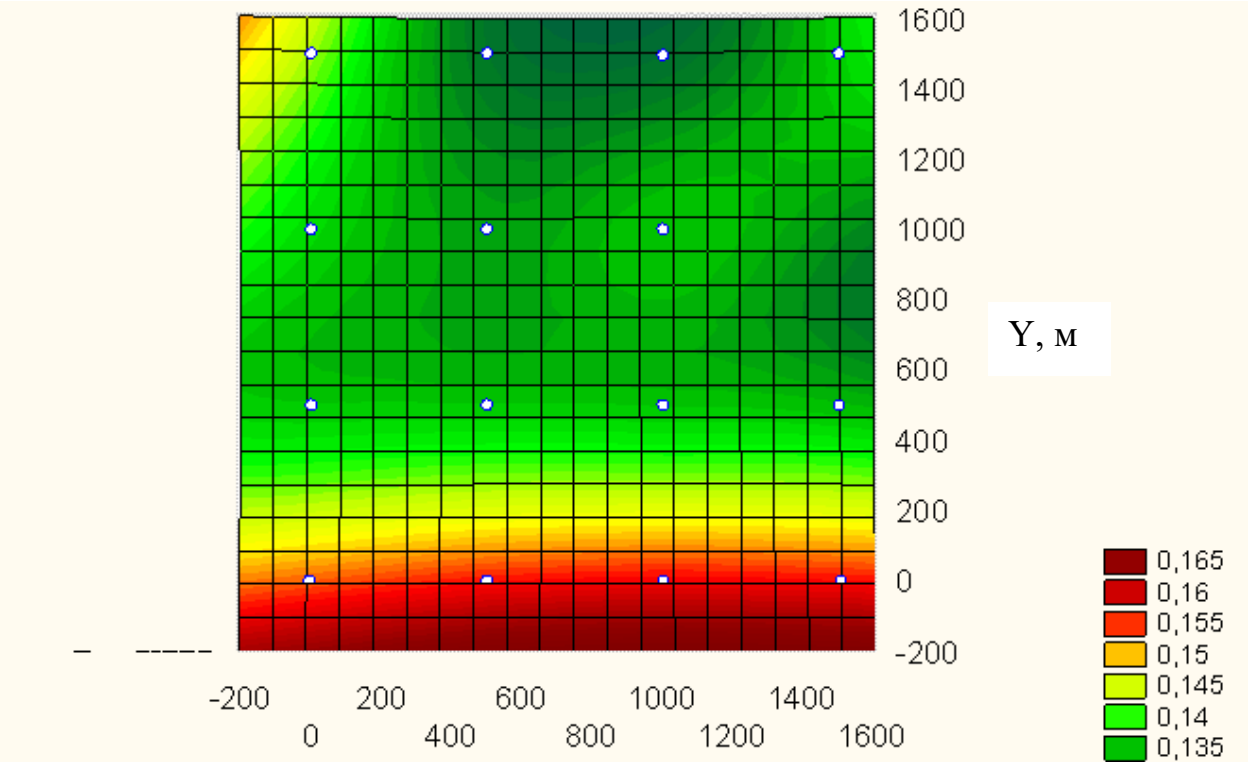


Рис. 20. Радіаційний фон станом на 19.02.2020 р.

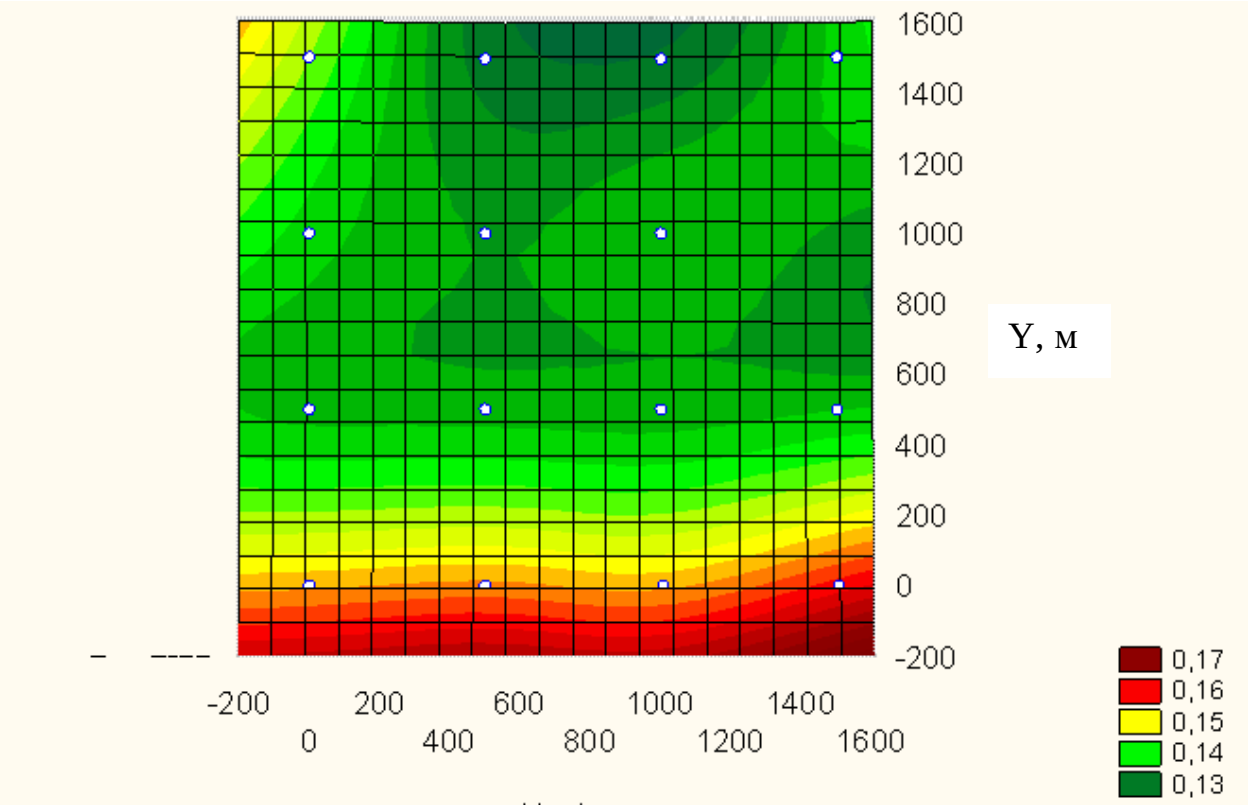
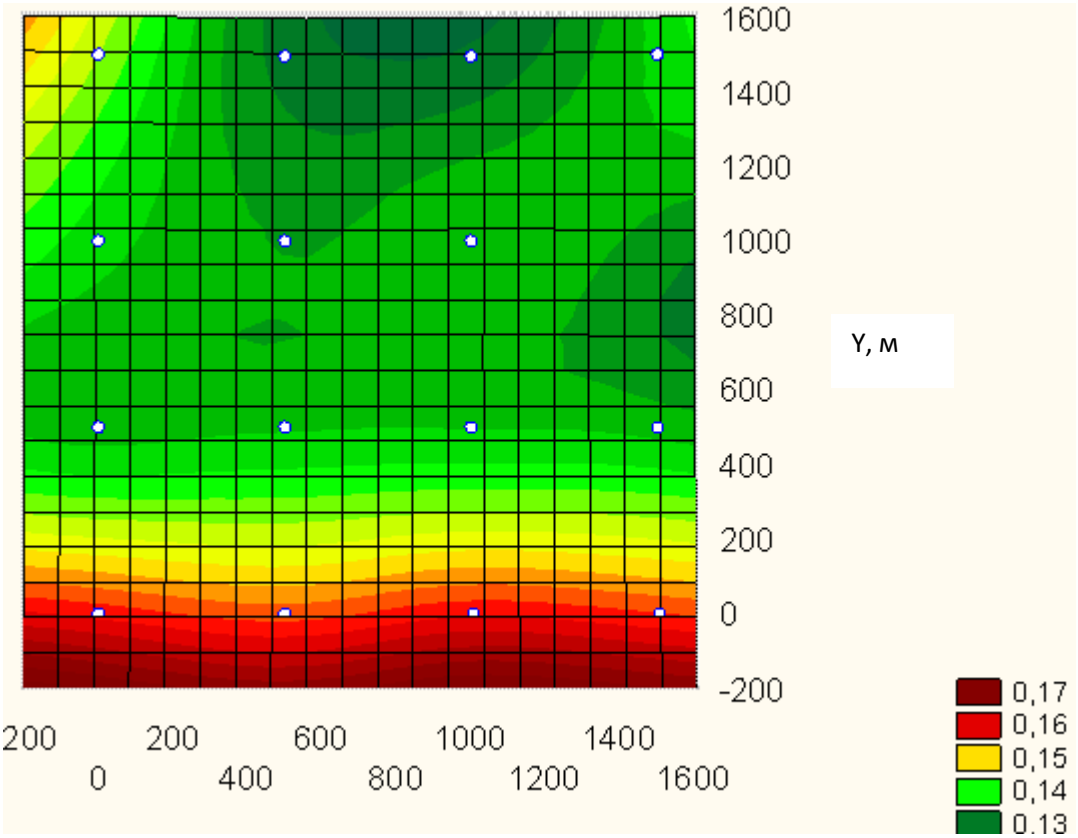
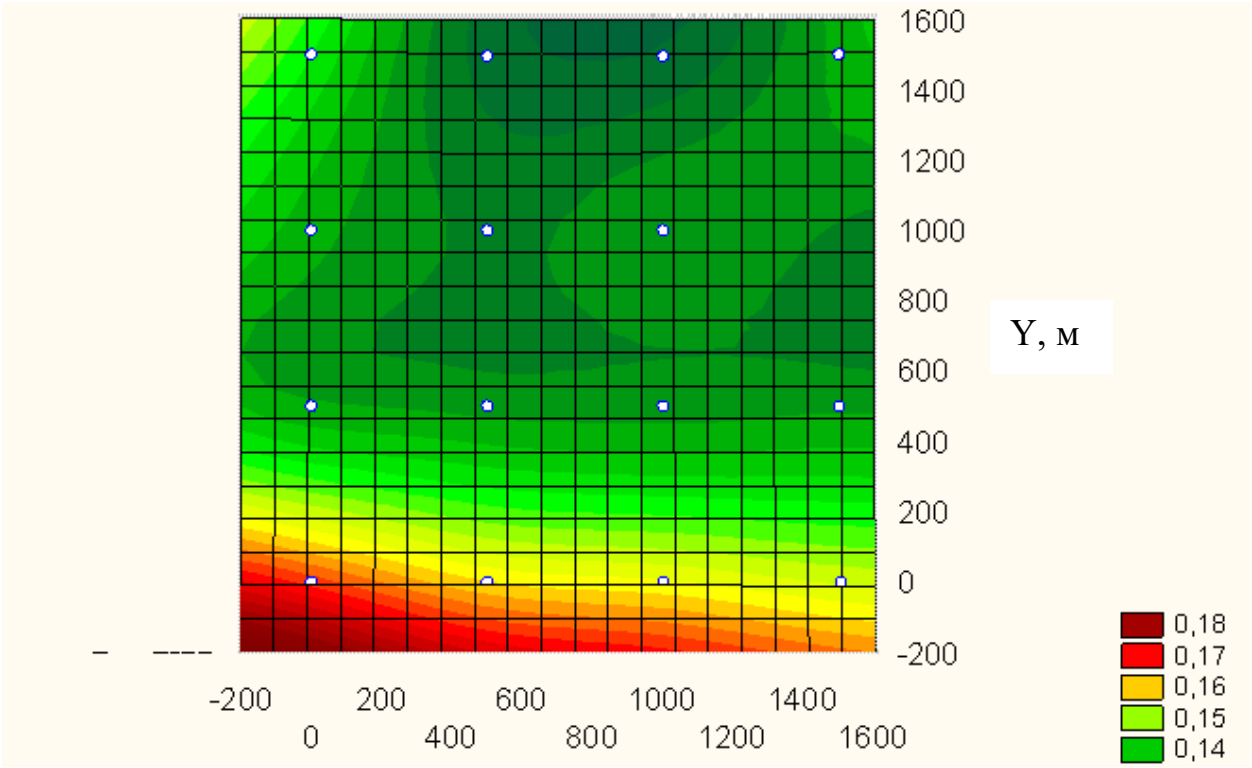


Рис. 21. Радіаційний фон станом на 20.02.2020 р.



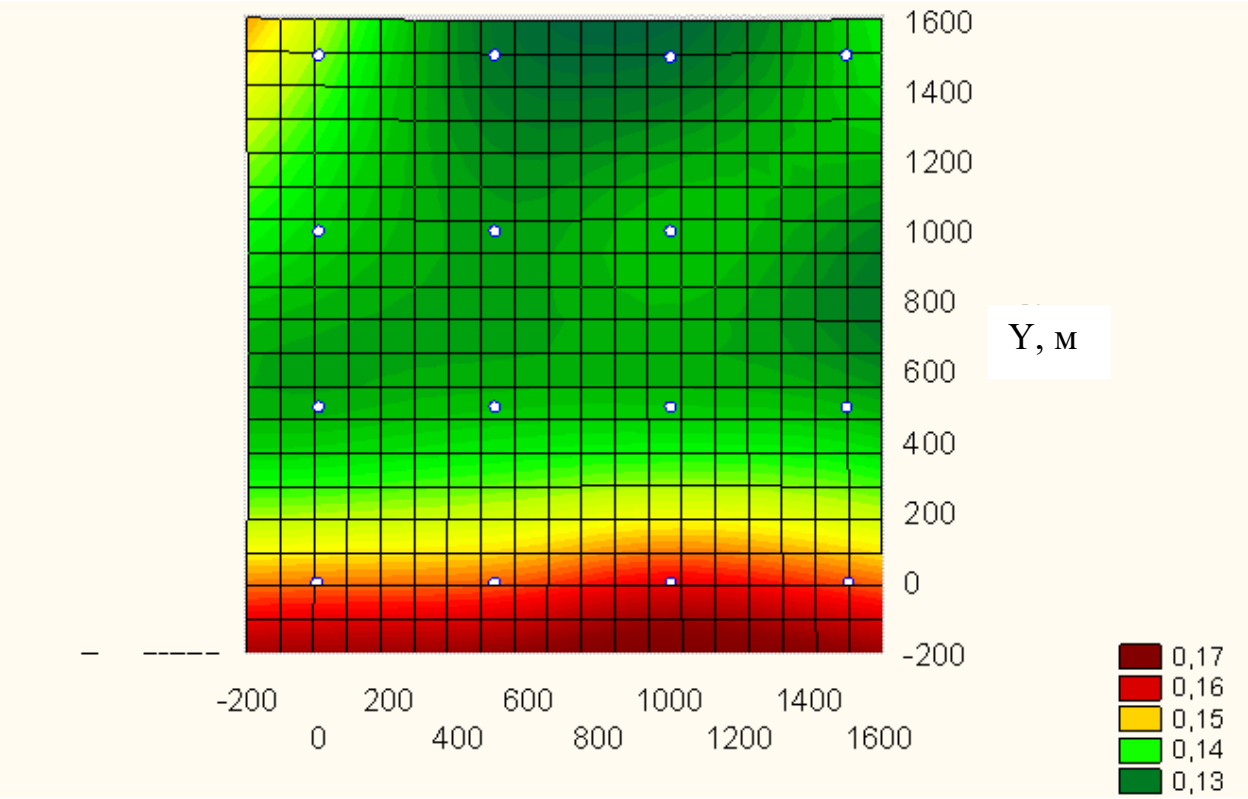
X, м

Рис. 22. Радіаційний фон станом на 21.02.2020 р.



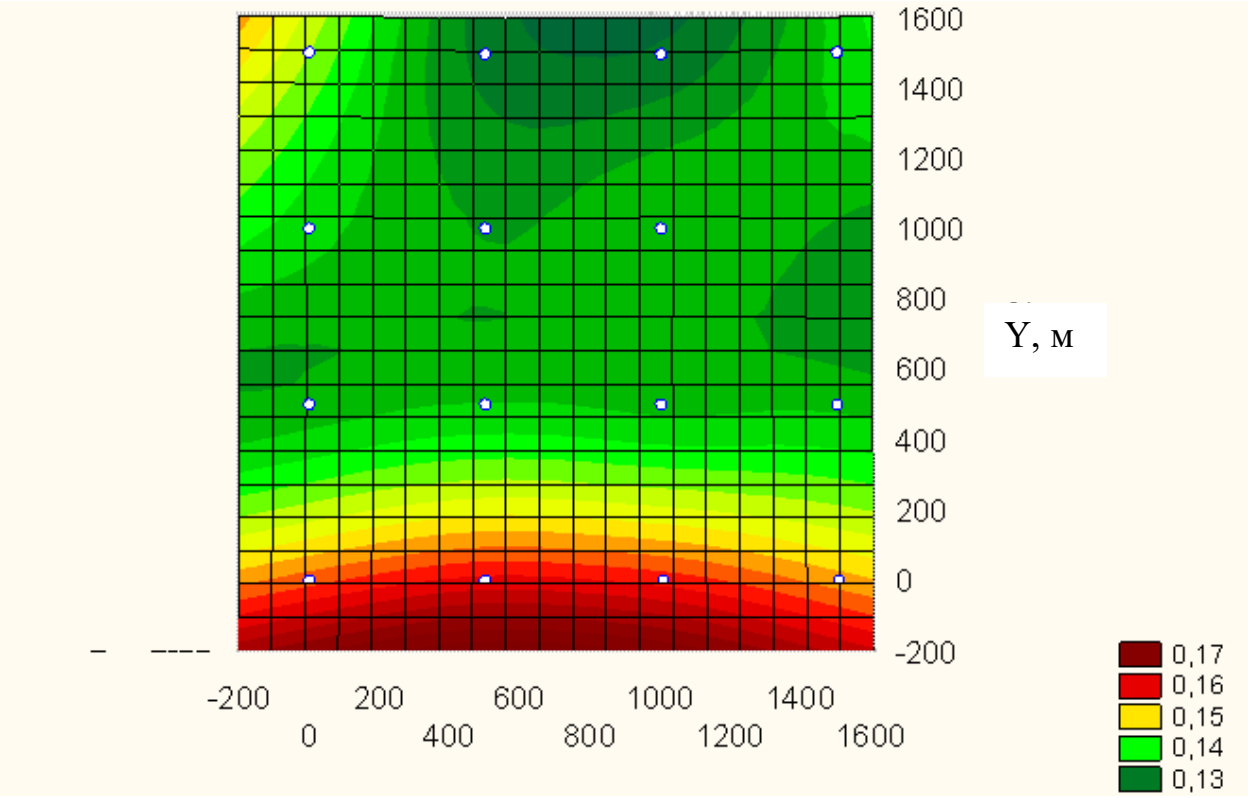
X, м

Рис. 23. Радіаційний фон станом на 22.02.2020 р.



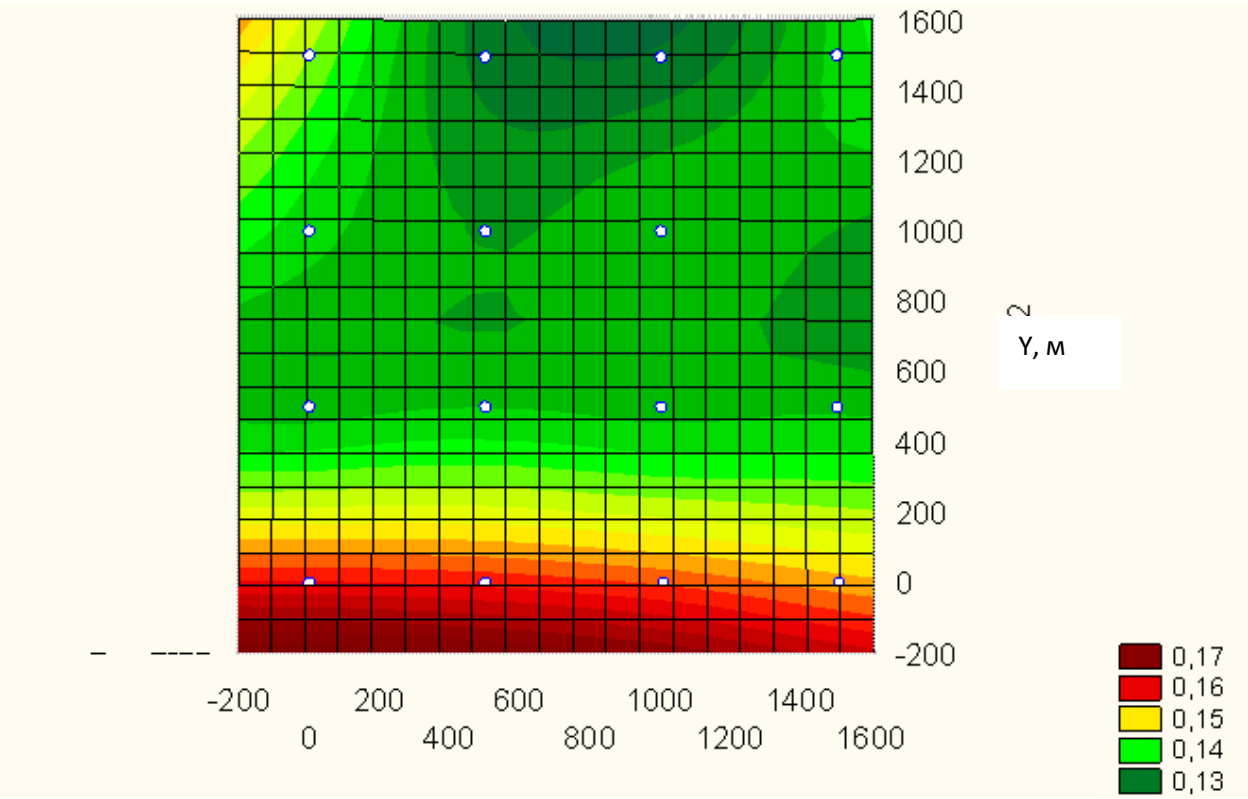
X, м

Рис. 24. Радіаційний фон станом на 23.02.2020 р.



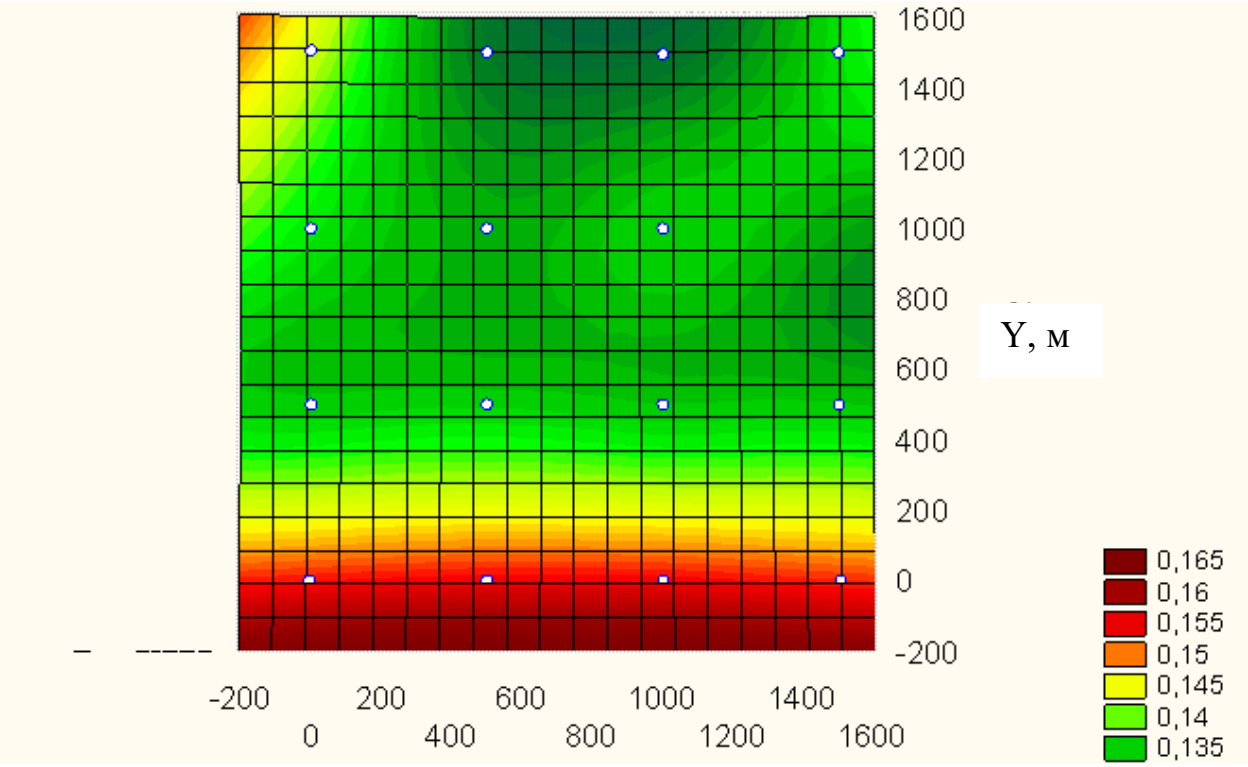
X, м

Рис. 25. Радіаційний фон станом на 24.02.2020 р.



X, м

Рис. 26. Радіаційний фон станом на 25.02.2020 р.



X, м

Рис. 27. Радіаційний фон станом на 26.02.2020 р.

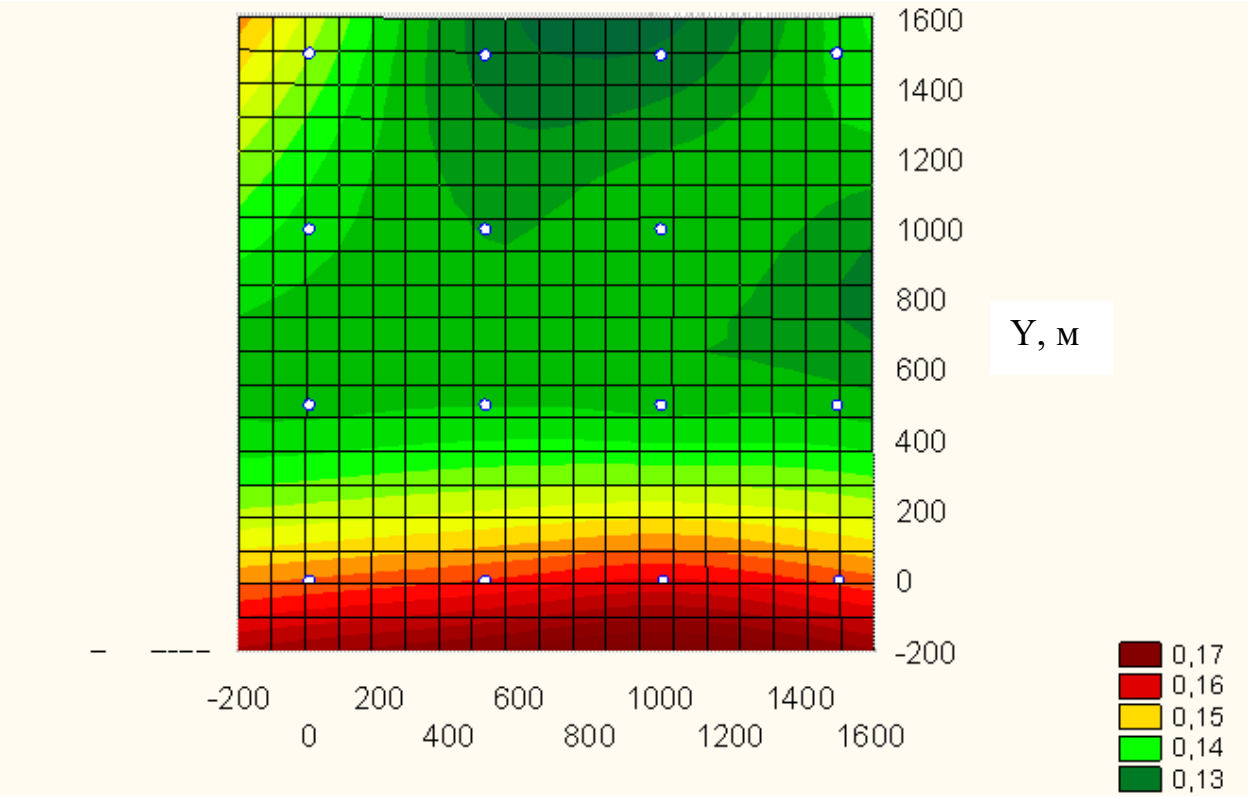


Рис. 28. Радіаційний фон станом на 27.02.2020 р.

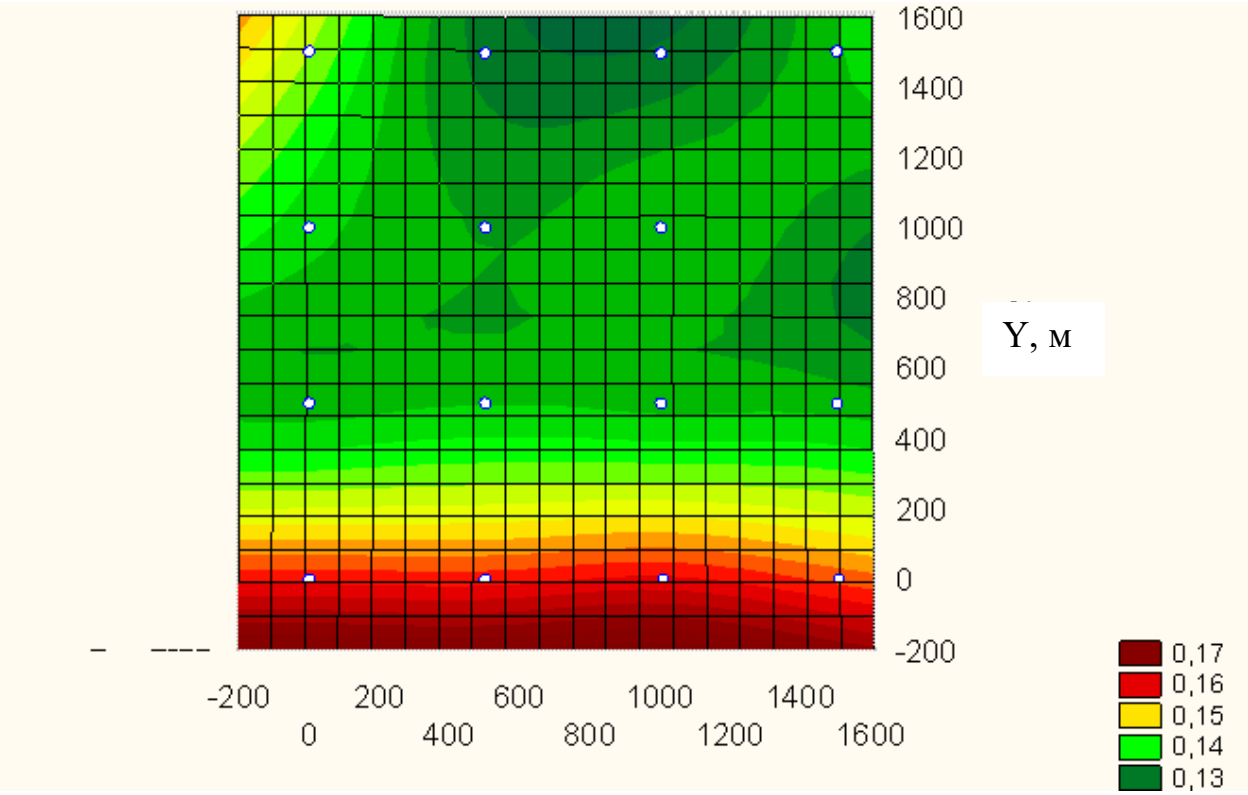


Рис. 29. Радіаційний фон станом на 28.02.2020 р.

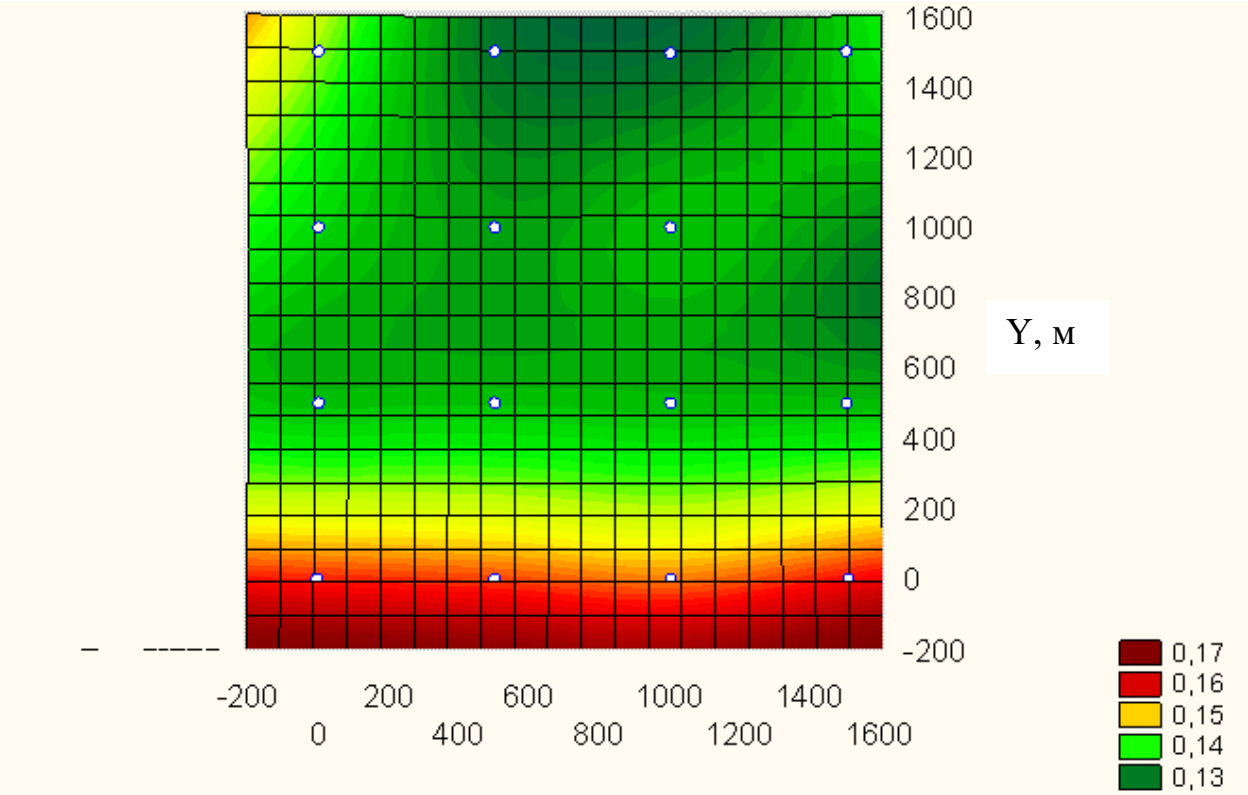


Рис. 30. Радіаційний фон станом на 29.02.2020 р.

Ці рисунки свідчать про високу варіабельність радіаційного фону від однієї контрольної точки до іншої, але слабку мінливість з часом проведення спостережень – на це вказували і результати дисперсійного аналізу.

Далі досліджувалася статистична залежність потужності дози в кожній контрольній точці вимірювань від метеоумов під час проведення спостережень, а саме: середньої швидкості вітру; напрямку вітру; хмарності; температури та вологості повітрі.

Для цього за допомогою інструменту «Кореляція» з пакету «Аналіз даних» програми MS Excel була розрахована відповідна кореляційна матриця, яка наведена в таблиці 3.

Кореляційна матриця свідчить про те, що між потужністю дози випромінювання в усіх точках спостережень та швидкістю вітру кореляційний зв’язок слабкий і дуже слабкий. Це ж слушно і для зв’язку потужності дози з напрямком вітру. Лише в 12-ій контрольній точці існує висока кореляція з температурою та вологістю повітря.

Таблиця 3.

Кореляційна матриця

№ точки	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*
1	1,00															
2	-0,26	1,00														
3	-0,22	-0,22	1,00													
4	-0,47	0,18	-0,05	1,00												
5	0,34	-0,01	0,00	-0,06	1,00											
6	-0,16	0,17	0,14	-0,26	-0,22	1,00										
7	-0,16	0,09	-0,05	0,21	0,12	0,15	1,00									
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00								
9	-0,30	0,09	0,37	0,00	0,10	0,05	-0,11	0,00	1,00							
10	0,04	-0,32	0,02	0,21	-0,09	-0,16	0,26	0,00	-0,51	1,00						
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00					
12	-0,24	0,27	-0,41	0,00	-0,15	0,09	-0,14	0,00	-0,04	-0,56	0,00	1,00				
13	0,38	-0,15	0,13	-0,07	0,46	-0,16	0,02	0,00	0,07	0,25	0,00	-0,56	1,00			
14	0,24	0,08	-0,05	-0,18	0,15	-0,09	-0,26	0,00	0,04	-0,07	0,00	0,04	0,56	1,00		
15	0,16	-0,06	-0,15	0,06	0,46	-0,09	0,14	0,00	0,04	-0,07	0,00	0,04	0,56	-0,04	1,00	
16	0,01	0,15	0,09	0,01	0,32	-0,29	0,05	0,00	0,04	-0,10	0,00	0,08	0,07	0,01	0,19	1,00
Хмарність, бали	0,30	-0,17	0,25	-0,15	0,24	-0,09	0,15	0,00	0,18	0,08	0,00	-0,45	0,45	0,04	0,25	0,10
Напрямок вітру, град.	-0,03	0,26	-0,12	0,01	-0,09	0,10	-0,39	0,00	-0,16	-0,30	0,00	0,33	-0,06	0,06	0,16	0,15
Швидкість вітру, м/с	0,16	-0,37	0,08	-0,16	0,03	-0,25	-0,22	0,00	-0,05	-0,11	0,00	-0,10	0,16	0,05	0,11	-0,26
Температура, ^{o}C	-0,21	0,17	-0,34	-0,03	-0,07	0,13	-0,20	0,00	-0,11	-0,40	0,00	0,90	-0,42	0,04	0,16	0,04
Вологість, %	0,11	-0,12	0,39	0,08	0,08	-0,02	0,21	0,00	0,02	0,56	0,00	-0,93	0,48	-0,07	-0,05	-0,01

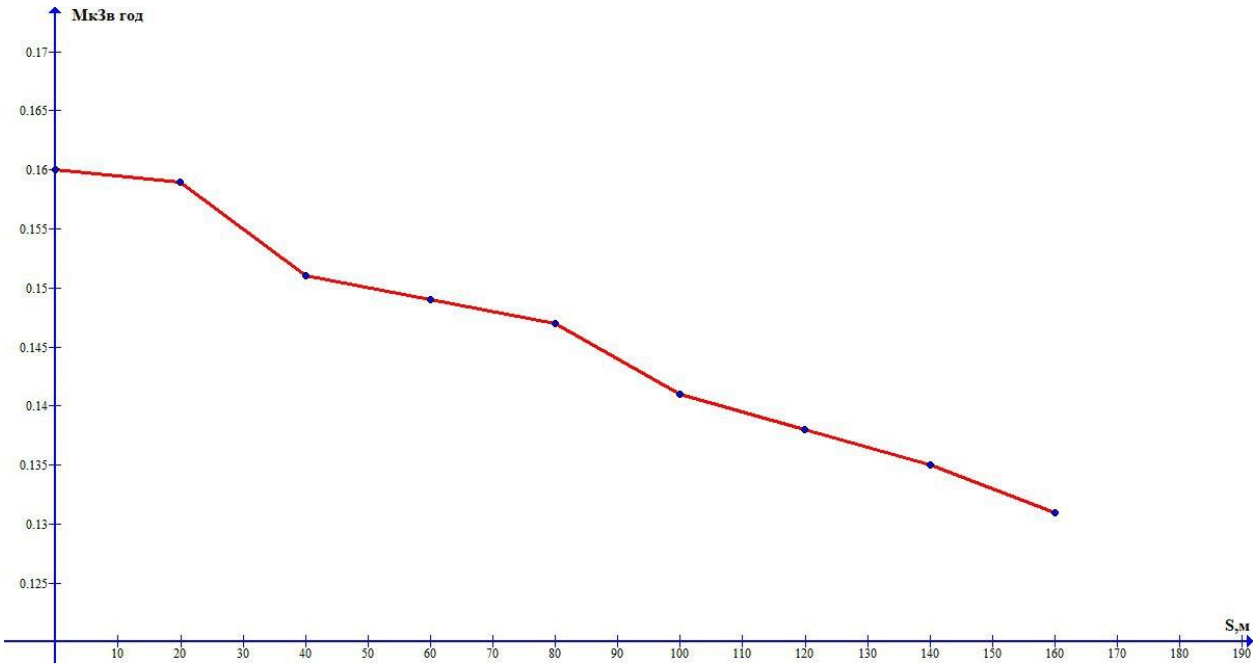


Рис. 30. Графік зменшення радіаційного фону із збільшенням відстані від ЗПС

Висновки

1. Таким чином, в період з 2 лютого 2020 р. по 29 лютого 2020 р. в селищі Федірці, міста Харкова, Харківської області були виконані вимірювання амбієнтного еквіваленту потужності експозиційної дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання за допомогою дозиметру МКС-05 «ТЕРРА».

2. Одержані значення потужності дози знаходяться в межах норми (30 мкЗв/год) та добре узгоджуються з результатами моніторингових досліджень, які були проведені Харківським Обласним Лабораторним Центром ДСЕСУ в той ж самий період.

3. Для обробки результатів вимірювань було застосовано спосіб адаптивного вирівнювання за допомогою програми SPS Statistica-11 та на його основі були побудовані карти радіаційного фону на кожну добу вимірювань.

4. Результати вимірювань довели високу варіабельність радіаційного фону всередині контрольованої зони від однієї контрольної точки до іншої, але слабку мінливість зі зміною дати проведення спостережень, при цьому потужність дози ніколи не перевищувала норми в 0,30 мкЗв/год.

5. Була виявлена в цілому слабка та дуже слабка кореляційна залежність між потужністю дози неперервного рентгенівського та гамма-випромінювання і метеумовами під час проведення досліджень, а саме: швидкістю вітру; напрямком вітру; хмарністю; температурою та вологістю повітря.

Література

1. Operative information on radiation situation. Posted on February, 07, 2020; on February, 14, 2020; on February, 21, 2020. URL: http://labcenter.kh.ua /. (date last accessed: 01/04/2020). [In Ukrainian].
2. Некос В. Ю., Пеліхатий М. М., Юшманова І. П. Методи і алгоритми визначення радіаційного стану довкілля / Журнал наукових праць: Людина і довкілля. Проблеми неоекології, № 1–2, Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2008. – с. 90 – 98.
3. Некос В. Е., Гетманец О. М., Пеліхатий М. М., Чуенко А. В., Дроздов А. А., Кривицька І. А. Алгоритми радіаційного моніторинга місцевості у режимі реального часу / Журнал наукових праць: Людина і довкілля. Проблеми неоекології, № 2 (13) , Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. – С. 7 – 13.
4. Спосіб радіаційного моніторингу місцевості у режимі реального часу / Патент України на корисну модель № 50154 / Гетманец О. М., Гордієнко В. Г., Дроздов О. О., Пеліхатий М. М. / Заявл.11.12.2009; опубл. 25.05.2010. Бюл. № 10. – 4 с.
5. Гетманец О. М., Пеліхатий М. М., Дроздов А. А., Некос В. Е., Кучеров К. И. Алгоритми радіаційного моніторинга місцевості у режимі реального часу./ Журнал наукових праць: Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. – № 2 (15). – С. 31 – 33.
6. Гетманец О. М., Пеліхатий М. М. Розробка алгоритма побудови поля радіаційного фону / Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія : Екологія, вип. 14, Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2016. – С. 41 – 45.
7. Neter J. Applied linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs // J. Neter, W. Wasserman, M. H. Kutner / Publisher R. D. Irwin, 1985. – 1127 p.
8. Hill T. Statistics: Methods and Applications : A Comprehensive Reference for Science, Industry and Data Mining // T. Hill, P. Lewicki, P. Lewicki / Stat Soft, Inc., 2006. – 832 p.