

УДК 528.9:004.94.502.3/7

## ГЕОСТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Н. Лазоренко-Гевель**

Київський національний університет будівництва і архітектури

**Ключові слова:** агроекологічний моніторинг ґрунтів, геостатистика, кригінг, ГІС.

### Постановка проблеми у загальному вигляді

Інтенсивне господарювання (зростання темпів промислового і сільськогосподарського навантаження на природні комплекси, неправильна утилізація відходів) спричинює значне техногенне трансформування ґрунтового покриву, яке часом перевищує темпи ґрунтоутворювального процесу.

Моніторинг, здійснюваний для виявлення змін у ґрунтовому покриві та з'ясування небезпеки надмірного забруднення, – дорогий процес. Оцінювання ризику забруднення в місцях, де не проводилося відбору проб ґрунту, має важливе значення для розмежування екологічно чистих і забруднених територій. Однак точність оцінювання ризику залежить від багатьох факторів, зокрема й від використовуваної для цього методики. Тому геостатистичні методи успішно застосовувались для аналізу даних моніторингу ґрунтів з цією метою [7–11].

Геостатистика – це вид статистики, який використовується для аналізування та прогнозування просторових або просторово-часових явищ. Вона основана на теорії районованих змінних [9], які поширені в просторі (тобто мають просторові координати), і показує просторову автокореляцію так, що точки, близькі одна до одної в просторі, більше схожі між собою, ніж ті, які віддалені одна від одної.

Геостатистика надає сучасні методи, які полегшують кількісне оцінювання просторових особливостей параметрів ґрунту і дають змогу їх просторово інтерполювати [3, 6].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій, що стосуються вирішення цієї проблеми

Вивченням і застосуванням геостатистичних методів для моніторингу ґрунтів займалося багато зарубіжних вчених, зокрема Т.М. Бюргес, Р. Вебстер, А. Доберман, К. Карлон, Д. Макграс, А. Стейн, К.С. Чан та ін.

В Україні проблеми моніторингу, оцінювання стану, раціонального використання, охорони та відтворення ґрунтів вивчали: О.Ф. Балацький, Г.Д. Гуцуляк, А.С. Даниленко, Д.С. Добряк, С.М. Ляшенко, В.В. Медведєв, Л.Г. Мельник, Л.В. Мельник, В.Я. Месель-Веселяк, А.М. Третяк, М.М. Федоров, С.Д. Черьомушкін, А.В. Чупіс та ін.

Визначенням агрохімічних і фізико-хімічних параметрів, важких металів і мікроелементів ґрунтів на моніторингових контрольних ділянках в Україні займаються фахівці Державного науково-технологічного центру охорони родючості ґрунтів і якості продукції (Центрдержродючість), який підпорядкований Міністерству аграрної політики і продовольства України.

Вони визначають стан родючості ґрунтів та його зміни і розробляють агрозаходи із захисту ґрунтів від деградації.

### Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми

Глибокі дослідження питання застосування геоінформаційних та геостатистичних методів для моделювання моніторингу ґрунтового покриву на регіональному рівні в Україні не проводилися.

### Постановка завдання

Мета цієї статті – дослідження практичних методів застосування геостатистики в аналізі даних агроекологічного моніторингу ґрунтів, а *змістом* є побудова геостатистичних моделей засобами ГІС для оцінювання параметрів стану ґрунтів Київської області.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Оскільки одним із завдань агроекологічного моніторингу є дослідження змін показників ґрунту, доцільно застосувати геостатистичний аналіз і моделювання для їх відображення.

Для проведення геостатистичного моделювання стану ґрунтового покриву використано вхідні дані про мережу з 12 контрольних ділянок, яку створив Центрдержродючістю спеціально для проведення постійного агроекологічного моніторингу, та статистичні дані показників якості стану ґрунтів за п'ять років, зібраних на ній. Мережа покриває територію Київської області нерівномірно: вона охоплює, на жаль, не всі природно-економічні зони, типи ґрунтів, не враховує всі ландшафтні особливості місцевості, рівень деградаційних процесів та ступінь забруднення земель [2]. Цей фактор негативно впливає на побудову геостатистичної моделі та на її репрезентативність. Але про це далі при описі вхідних даних та інших етапів побудови геостатистичної моделі [3].

Контрольні ділянки мають форму квадрата розміром 100×100 м та прив'язку до місцевих орієнтирів і системи координат.

У 2006–2010 рр. досліджено зразки ґрунту на 12 ділянках. Обстеження проводилося в один етап або тур [1]. Визначалися такі показники якості ґрунтів:

- фізико-хімічні: рН сольової витяжки, обмінний кальцій, обмінний магній;
- агрохімічні: гумус, азот амонійний, рухомий фосфор, обмінний калій;
- мікроелементи: марганець, бор;
- радіоактивні та важкі метали, пестициди: цезій (Cs-137), стронцій (Sr-90), свинець (Pb), кадмій (Cd), мідь (Cu), цинк (Zn), ДДТ та ГХЦГ.

Геостатистичний аналіз та моделювання якості стану і змін ґрунтів виконано в середовищі ArcGis 9.2.

Продовження табл. 1

1	2	3
Рухомий фосфор, мг/кг	<20	1
	21–50	2
	51–100	3
	101–150	4
	151–200	5
	>200	6
РН сольової витяжки, ксі	<4,1	1
	4,1–4,5	2
	4,6–5,0	3
	5,1–5,5	4
	5,6–6,0	5
	6,1–7,0	6
	7,1–7,5	7
	7,6–8,0	8
	8,1–8,5	9
	>8,5	10
Марганець, мг/кг	<15	1
	15,01–20	2
	20,01–30	3
	30,1–45	4
	45,01–70	5
	>70	6
Бор, мг/кг	<0,15	1
	0,16–0,22	2
	0,23–0,33	3
	0,34–0,50	4
	0,51–0,70	5
	>0,70	6
Свинець, мг/кг	<0,2	1
	0,2–0,5	2
	0,5–1,5	3
	1,5–5,0	4
Кадмій, мг/кг	<0,02	1
	0,02–0,05	2
	0,05–0,1	3
	0,1–0,5	4
Цинк, мг/кг	<1	1
	1–2	2
	2–5	3
	5–20	4
Мідь, мг/кг	<0,2	1
	0,2–0,5	2
	0,5–2,0	3
	2,0–5,0	4
Цезій-137, кБк/км <sup>2</sup>	<37	1
	37–185	2
	185–555	3
	555–1480	4
	>1480	5
Стронцій-90, кБк/м <sup>2</sup>	<6	1
	6–111	2
	111–1480	3
	>1480	4

Дані про моніторинг ґрунтів та їх просторове розміщення надав Центрдержродючості у форматі табличного процесора Microsoft Excel, але в такому вигляді, що їх безпосередня інтеграція в ArcGis 9.2 була неможливою. Тому на основі наданої інформації було побудовано нову реляційну базу даних статистики спостережень ґрунтів з ключовим атрибутом “Номер контрольної ділянки” для її під’єднання до бази геопросторових даних моніторингу природних комплексів.

Для прикладу було досліджено зміну концентрації марганцю (бо саме цей елемент нормалізовано за допомогою перетворення Бокса-Кокса) в ґрунті за даними моніторингу 2009–2010 років [3].

Поверхні просторового поширення марганцю та зміни його концентрацій побудовано методом універсального кригінгу, оскільки він оптимально відображає цей випадок [5]. Це проілюстровано на рис. 1.

Геостатистичні методи дають змогу поєднувати різні результати спостережень за станом ґрунту для отримання інтегральних оцінок. Тому для аналізу агроекологічного стану ґрунтів Київської області доречно використовувати інтегральний показник, який об’єднує всі доступні показники стану ґрунту [4]. Інтегральний показник стану ґрунту обчислюється для кожної контрольної ділянки за комплексом вимірних показників. Результати вимірювань кількості речовин в ґрунті переведено в бали різними методами, розробленими ґрунтознавцями. Так, бали для оцінки рівня концентрації вимірних показників у ґрунті визначено за методами: Корнфільда для амонійного азоту, Тюріна для гумусу, Чірікова для калію тощо. Наприклад, згідно з методом Корнфільда, якщо амонійного азоту в ґрунті менше ніж 100 мг/кг, то результату вимірювання присвоюється 1 бал, від 100,01 до 150 мг/кг, то результату присвоюється значення 2, від 150,01 до 200 мг/кг – 3, і якщо значення вище за 200, то – 4. Аналогічно трансформовано результати інших вимірів. Залежність балів від значень концентрації конкретних компонентів ґрунту наведено в табл. 1. Результати трансформування наведено в табл. 2.

Таблиця 1

**Залежність балів від значень концентрації компонентів ґрунту**

Компонент/речовина ґрунту	Концентрація	Бал
1	2	3
Амонійний азот, мг/кг	<100	1
	100,01–150	2
	150,01–200	3
	>200	4
Гумус, мг/кг	<1,0	1
	1,01–2,0	2
	2,01–3,0	3
	3,01–4,0	4
	4,01–5,0	5
	>5,0	6
Обмінний калій, мг/кг	<20	1
	21–40	2
	41–80	3
	81–120	4
	121–180	5
	>180	6

Далі всі показники якості ґрунту були розбиті на групи, про які зазначено вище: фізико-хімічні показники (РН сольової витяжки), агрохімічні показники (гумус, амонійний азот, рухомий фосфор, обмінний калій), мікроелементи (марганець, бор) і важкі метали (цезій-137, стронцій-90, свинець, кадмій, мідь, цинк). За формулою середнього арифметичного для кожної групи показників знайдено середній бал, наведений у табл. 3.

Таблиця 2

## Перетворені показники вимірювань

Код району <sup>1</sup>	Код населеного пункту <sup>2</sup>	РН сольової витяжки	Гумус	Азот амонійний	Рухомий фосфор	Обмінний калій	Марганець	Бор	Цезій	Стронцій	Свинець	Кадмій	Мідь	Цинк
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2006														
1	1	6	4	3	3	3	6	6	1	1	4	3	4	3
2	2	6	4	3	5	5	4	6	1	1	4	3	4	3
3	3	6	4	2	6	6	6	5	1	1	4	3	4	4
4	4	6	4	3	6	6	5	6	1	1	4	4	4	4
5	5	6	2	2	4	4	6	4	1	1	4	3	4	4
6	6	7	2	1	6	5	6	4	1	1	4	4	4	3
7	7	6	4	2	5	6	6	4	1	1	4	4	4	3
8	8	5	3	2	4	5	6	4	1	1	4	3	4	3
9	9	6	2	1	6	3	5	1	1	1	4	4	4	3
10	10	5	2	1	3	5	5	1	1	1	4	3	4	3
11	11	6	2	1	3	2	6	1	1	1	4	3	4	3
12	12	3	2	1	2	2	5	4	1	1	4	4	4	3
2007														
1	1	6	4	3	4	4	6	6	1	1	4	4	3	3
2	2	6	4	2	4	5	5	6	1	1	4	4	4	3
3	3	6	3	2	6	4	4	4	1	1	4	3	3	3
4	4	7	3	2	6	6	5	6	1	1	4	4	4	4
5	5	5	2	2	6	6	6	6	1	1	4	4	4	3
6	6	6	2	1	5	4	6	4	1	1	4	4	4	3
7	7	4	3	2	6	5	4	4	1	1	4	4	4	3
8	8	6	3	2	4	4	5	4	1	1	4	3	4	3
9	9	6	2	1	6	3	5	6	1	1	4	4	4	3
10	10	4	4	2	3	2	5	4	1	1	4	3	3	3
11	11	5	2	1	2	3	6	2	1	1	4	3	4	3
12	12	2	2	1	2	2	4	3	1	1	4	3	4	2
2008														
1	1	6	4	3	6	5	4	6	1	1	4	3	4	3
2	2	5	4	3	5	4	4	6	1	1	4	4	4	3
3	3	5	4	2	6	4	3	6	1	1	4	3	3	3
4	4	6	4	2	6	6	5	6	1	1	4	3	4	4
5	5	3	2	1	5	4	5	6	1	1	4	3	4	3
6	6	6	3	1	6	5	6	6	1	1	4	3	4	3
7	7	5	4	2	6	4	5	6	1	1	4	4	4	3
8	8	5	3	2	6	3	4	6	1	1	4	3	4	3
9	9	5	2	2	6	4	5	5	1	1	4	3	4	3
10	10	3	4	2	3	2	4	5	1	1	4	3	3	3
11	11	3	2	1	1	1	4	5	1	1	4	3	3	2
12	12	2	2	1	2	2	3	5	1	1	4	3	3	3
2009														
1	1	6	4	3	6	5	4	6	1	1	4	3	4	3
2	2	5	4	3	5	4	4	6	1	1	4	4	4	3
3	3	5	4	2	6	4	3	6	1	1	4	3	3	3
4	4	6	4	2	6	6	5	6	1	1	4	3	4	4
5	5	3	2	1	5	4	5	6	1	1	4	3	4	3
6	6	6	3	1	6	5	6	6	1	1	4	3	4	3
7	7	5	4	2	6	4	5	6	1	1	4	4	4	3
8	8	5	3	2	6	3	4	6	1	1	4	3	4	3
9	9	5	2	2	6	4	5	5	1	1	4	3	4	3

<sup>1</sup> Коды районів: 1 – Білоцерківський; 2 – Володарський; 3 – Згурівський; 4 – Переяслав-Хмельницький; 5 – Ставищенський; 6 – Таращанський; 7 – Тетіївський; 8 – Баришівський; 9 – Броварський; 10 – Бородянський; 11 – Іванківський; 12 – Поліський.

<sup>2</sup> Коды населених пунктів: 1 – Глушки; 2 – Володарка; 3 – Згурівка; 4 – Жовтневе; 5 – Винарівка; 6 – Потоки; 7 – Тетіїв; 8 – Перемога; 9 – Красилівка; 10 – Загальці; 11 – Олива; 12 – Яблунька.

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	10	3	4	2	3	2	4	5	1	1	4	3	3	3
11	11	3	2	1	1	1	4	5	1	1	4	3	3	2
12	12	2	2	1	2	2	3	5	1	1	4	3	3	3
2010														
1	1	7	4	3	6	4	5	6	1	1	4	1	3	3
2	2	7	3	1	3	4	5	6	1	1	4	3	3	3
3	3	6	3	2	5	4	5	4	1	1	4	2	3	3
4	4	6	4	2	6	6	5	6	1	1	4	2	3	3
5	5	6	3	1	5	5	6	6	1	1	4	2	4	3
6	6	7	2	1	6	5	6	5	1	1	4	2	4	3
7	7	4	3	1	6	5	6	5	1	1	4	3	4	3
8	8	6	3	2	6	6	6	5	1	1	4	2	3	4
9	9	6	2	1	6	4	5	5	1	1	4	1	2	3
10	10	3	3	2	4	2	6	4	1	1	4	1	4	4
11	11	4	1	1	3	1	3	3	1	1	3	1	4	4
12	12	2	2	1	2	2	4	3	1	1	3	1	1	3

Таблиця 3

## Середні бали стану ґрунту за групами показників

Код району <sup>3</sup>	Код населеного пункту <sup>4</sup>	Фізико-хімічні показники	Агрохімічні показники	Мікро-елементи	Важкі метали
1	2	3	4	5	6
2006					
1	1	6	3,25	6	2,666667
2	2	6	4,25	5	2,666667
3	3	6	4,5	5,5	2,833333
4	4	6	4,75	5,5	3
5	5	6	3	5	2,833333
6	6	7	3,5	5	2,833333
7	7	6	4,25	5	2,833333
8	8	5	3,5	5	2,666667
9	9	6	3	3	2,833333
10	10	5	2,75	3	2,666667
11	11	6	2	3,5	2,666667
12	12	3	1,75	4,5	2,833333
2007					
1	1	6	3,75	6	2,666667
2	2	6	3,75	5,5	2,833333
3	3	6	3,75	4	2,5
4	4	7	4,25	5,5	3
5	5	5	4	6	2,833333
6	6	6	3	5	2,833333
7	7	4	4	4	2,833333
8	8	6	3,25	4,5	2,666667
9	9	6	3	5,5	2,833333
10	10	4	2,75	4,5	2,5
11	11	5	2	4	2,666667
12	12	2	1,75	3,5	2,5
2008					
1	1	6	4,5	5	2,666667
2	2	5	4	5	2,833333
3	3	5	4	4,5	2,5
4	4	6	4,5	5,5	2,833333

<sup>3</sup> Коды районів: 1 – Білоцерківський; 2 – Володарський; 3 – Згурівський; 4 – Переяслав-Хмельницький; 5 – Ставищенський; 6 – Таращанський; 7 – Тетіївський; 8 – Баришівський; 9 – Броварський; 10 – Бородянський; 11 – Іванківський; 12 – Поліський.

<sup>4</sup> Коды населених пунктів: 1 – Глушки; 2 – Володарка; 3 – Згурівка; 4 – Жовтневе; 5 – Винарівка; 6 – Потоки; 7 – Тетіїв; 8 – Перемога; 9 – Красилівка; 10 – Загальці; 11 – Олива; 12 – Яблунька.

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6
5	5	3	3	5,5	2,666667
6	6	6	3,75	6	2,666667
7	7	5	4	5,5	2,833333
8	8	5	3,5	5	2,666667
9	9	5	3,5	5	2,666667
10	10	3	2,75	4,5	2,5
11	11	3	1,25	4,5	2,333333
12	12	2	1,75	4	2,5
2009					
1	1	6,00	4,50	5,00	2,67
2	2	5,00	4,00	5,00	2,83
3	3	5,00	4,00	4,50	2,50
4	4	6,00	4,50	5,50	2,83
5	5	3,00	3,00	5,50	2,67
6	6	6,00	3,75	6,00	2,67
7	7	5,00	4,00	5,50	2,83
8	8	5,00	3,50	5,00	2,67
9	9	5,00	3,50	5,00	2,67
10	10	3,00	2,75	4,50	2,50
11	11	3,00	1,25	4,50	2,33
12	12	2,00	1,75	4,00	2,50
2010					
1	1	7	4,25	5,5	2,166667
2	2	7	2,75	5,5	2,5
3	3	6	3,5	4,5	2,333333
4	4	6	4,5	5,5	2,333333
5	5	6	3,5	6	2,5
6	6	7	3,5	5,5	2,5
7	7	4	3,75	5	2,666667
8	8	6	4,25	5,5	2,5
9	9	6	3,25	5	2
10	10	3	2,75	5	2,5
11	11	4	1,5	3	2,333333
12	12	2	1,75	3,5	1,666667

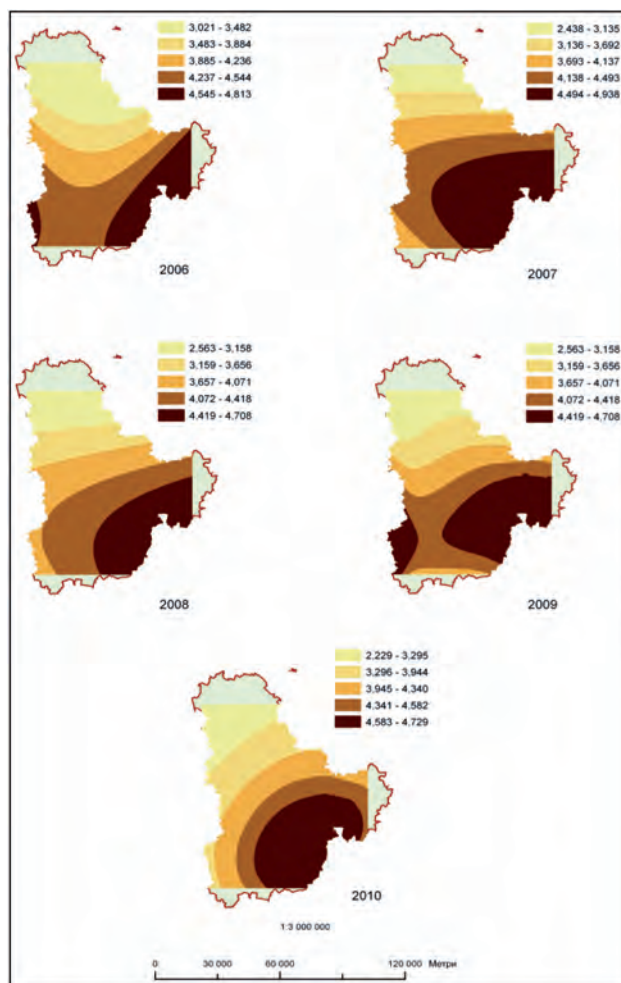


Рис. 2. Просторовий розподіл інтегрального показника агроекологічного стану ґрунтів Київської області

Інтегральний показник обчислено за формулою:

$$I_s = \frac{i_1 + i_2 + i_3 + i_4}{4}$$

де  $i_1$  – індекс фізико-хімічного складу;  $i_2$  – індекс агрохімічного складу;  $i_3$  – індекс мікроелементного складу;  $i_4$  – індекс забруднення важкими металами.

Результати розрахунку інтегрального показника наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Інтегральні показники агроекологічного стану ґрунтів за період 2006–2010 рр.

№ з/п	Населений пункт	Інтегральний показник				
		2006	2007	2008	2009	2010
1	Глушки	4,479	4,604	4,542	4,542	4,729
2	Володарка	4,479	4,521	4,208	4,208	4,438
3	Згурівка	4,708	4,063	4,000	4,000	4,083
4	Жовтневе	4,813	4,938	4,708	4,708	4,583
5	Винарівка	4,208	4,458	3,542	3,542	4,500
6	Потоки	4,583	4,208	4,604	4,604	4,625
7	Тетіїв	4,521	3,708	4,333	4,333	3,854
8	Перемога	4,042	4,104	4,042	4,042	4,563
9	Красилівка	3,708	4,333	4,042	4,042	4,063
10	Загальці	3,354	3,438	3,188	3,188	3,313
11	Олива	3,542	3,417	2,771	2,771	2,708
12	Яблунька	3,021	2,438	2,563	2,563	2,229

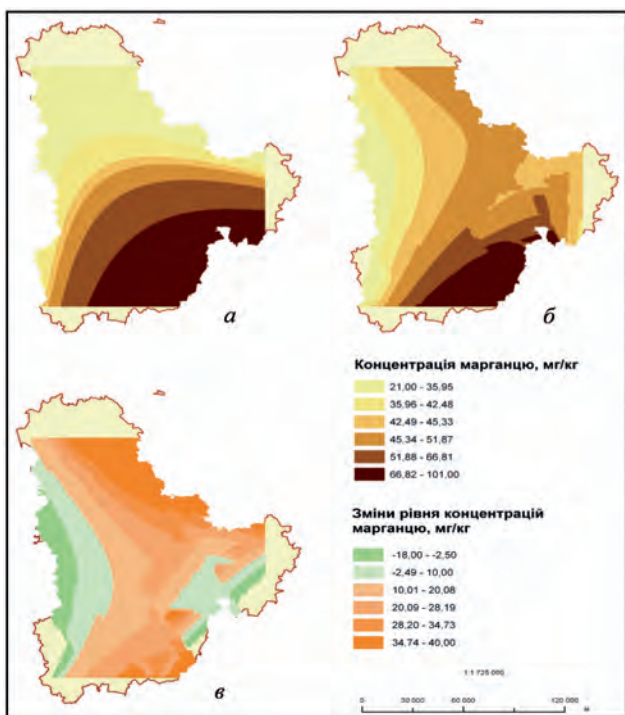


Рис. 1. Зміна концентрації марганцю в ґрунтах Київської області за даними агроекологічного моніторингу 2009–2010 рр.: концентрація марганцю у 2009 р. (а) та у 2010 р. (б), різниця між роками (в)

Результати геостатистичного моделювання інтегрального показника стану ґрунту Київської області наведено на рис. 2. Цей показник побудовано так, що менше його значення означає кращий стан ґрунту, а більше – гірший (табл. 5).

Таблиця 5

**Шкала для оцінки агроекологічного стану ґрунтів за інтегральним показником**

Бал	Інтегральний показник, бал	Агроекологічний стан
1	1,0–1,7	добрий
2	1,8–2,5	задовільний
3	2,6–3,3	незадовільний
4	3,4–4,2	критичний
5	4,3–5,0	кризовий

Отже, за результатами геостатистичного моделювання просторового розподілу інтегрального показника за п'ятирічний період (з 2006 до 2010 рр.) визначено, що агроекологічний стан ґрунтів характеризується певною стабільністю. Якість ґрунтового покриву змінюється від задовільного і незадовільного до кризового, відповідно в напрямку з півночі на південь і південний схід Київської області.

### Висновки

Геостатистичні методи аналізу значно полегшують процес оцінювання показників ґрунтів, які отримують в результаті агроекологічного моніторингу, оскільки вони оперують залежними змінними, які корелюються в просторі або часі, причому ступінь кореляції між точками (в цьому випадку між контрольними ділянками агроекологічного моніторингу ґрунтів) обернено пропорційно залежить від відстані між ними. Ці методи дають змогу не тільки інтерполювати значення в місцях, де не відібрано проб ґрунту, будувати поверхні просторового розподілу показників ґрунтового покриву, а й оцінювати похибку побудови геостатистичних моделей.

Моделювання просторового розподілу інтегрального показника агроекологічного стану ґрунту за даними спостережень з 2006 до 2010 рр. геоінформаційними та геостатистичними методами показало, що стан ґрунтового покриву змінюється в напрямку з півночі на південь і південний схід Київської області від задовільного і незадовільного до кризового.

Запропоновані в статті геостатистичні методи можна використовувати для моделювання і оцінювання стану та змін інших компонентів природних комплексів, розв'язуючи задачі екологічного моніторингу, а отриману в результаті інформацію використовувати в аналізі ризиків та прийнятті управлінських рішень.

### Література

1. Звіт Київського обласного державного проектно-технологічного центру охорони родючості ґрунтів і якості продукції про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2010 році / Л.В. Бойко, В.Д. Зосімов, М.І. Майстренко [та ін.]. – К.: КОДПТЦОРГІЯП, 2011. – 245 с.
2. Лазоренко-Гевель Н.Ю. Геоінформаційний аналіз структури мережі агроекологічного моніторингу ґрунтів / Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Містобудування і територіальне планування. – 2012. – Вип. 46. – С.323–336.
3. Лазоренко-Гевель Н.Ю. Геостатистичне моделювання агроекологічного моніторингу ґрунтів засобами ГІС / Н.Ю. Лазоренко-Гевель // Вісн. геод. та картогр. – 2013. – № 2. – С.36–40.
4. Ракоїд О.О. Агроекологічна оцінка земель сільськогосподарського призначення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с./г. наук: 03.00.16 / Ракоїд Олена Олександрівна; Інститут агроекології Української академії аграрних наук. – К., 2007. – 19 с.
5. Clark I. Practical Geostatistics 2000 / I. Clark, W.V. Harper. – Ecosse North America Llc, Columbus, Ohio, USA. – 2000. – 325 p.
6. Markus J. A review of the contamination of soil with lead II / J. Markus, A.B. McBratney // Spatial distribution and risk assessment of soil lead. Environment International. – 2001. – 27. – P.399–411.
7. McGratha D. Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silvermines area, Ireland / D. McGratha, C. Zhang, O.T. Carton // Environmental Pollution. – 127. – 2004. – P.239–248.
8. Matheron G. Principles of geostatistics. Econ. Geol. / G. Matheron. – 58. – 1963. – P.1246–1266.
9. Zhang C. S. Background contents of heavy metals in sediments of the Changjiang River system and their calculation methods / C.S. Zhang, S. Zhang, L.C. Zhang, L.J. Wang // Journal of Environmental Sciences 7. – 1995. – P.422–29.

### Геостатистичне моделювання результатів агроекологічного моніторингу ґрунтів Київської області

Н. Лазоренко-Гевель

Описано теорію і практику застосування геоінформаційних та геостатистичних методів для аналізу даних агроекологічного моніторингу ґрунтів Київської області. Зроблено висновок про те, що стан ґрунтів характеризується деякою стабільністю. Якість ґрунтів Київської області змінюється від задовільної (на півночі) до кризової (на півдні та південному сході).

### Геостатистическое моделирование результатов агроэкологического мониторинга почв Киевской области

Н. Лазоренко-Гевель

Описано теорию и практику применения геоинформационных и геостатистических методов для анализа данных об агроэкологическом мониторинге почв Киевской области. Сделан вывод о том, что состояние почв характеризуется некой стабильностью. Качество почв в Киевской области изменяется от удовлетворительного (на севере) до кризисного (на юге и юго-востоке).

### Geostatistical modelling of results of agroecological monitoring of soils of Kyiv region

N. Lazorenko-Gevel

The theory and the practice application of GIS and geostatistical methods is describes for data analysis of agroecological monitoring of soils of Kyiv region. As a result of geostatistical simulation concludes that the condition is characterized by a certain stability of soil. Soil quality of the Kyiv region ranges from satisfactory (in the north) to the crisis (in the south and south-east).