

# Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.45  
© 2010

*В.В. Медведєв,  
академік УААН*

*Національний науковий  
центр «Інститут  
грунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського»*

## **ІМОВІРНІСНА ПРИРОДА ҐРУНТОУТВОРЕННЯ І ЇЇ НАСЛІДКИ ДЛЯ ҐРУНТОВО-ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ ПРАКТИКИ**

***Визначено розмах коливань, коефіцієнти варіації та імовірність типових (середніх) і нетипових (що відхиляються від середніх) параметрів рН, умісту гумусу та рухомих форм фосфору і калію в орних ґрунтах різних природних зон. Через значну просторову неоднорідність параметрів зроблено висновок про необхідність обов'язкового її врахування в дослідженнях і землеробській практиці.***

У ґрунтознавстві стало традиційним розглядати процес ґрунтоутворення і формування властивостей ґрунтів у суворій відповідності чинникам середовища. Класики ґрунтознавства від В.В. Докучаєва та багатьох його послідовників залишили нам у спадок формулу для опису цієї закономірності — «фактори — процеси — властивості». Важливо підкреслити, що такі закономірності справедливі лише для усереднених (до певної міри ідеальних) значень. А вже відомо, що властивості ґрунтів, навіть у межах одного розрізу, змінюються. Тобто, у дійсності залежність властивостей від чинників ґрунтоутворення не має суворого детермінованого характеру. Одним із перших на цю обставину звернув увагу Л.Г. Раменський, який писав про можливість множинності типів ґрунтового профілю за незмінності чинників ґрунтоутворення [4]. Цей дослідник констатував різноякісність характеристик ґрунту і неузгодженість між окремими властивостями ґрунту за профілем. Наприклад, профілі вмісту гумусу, потенціалу ґрунтової вологи та твердості могли не корелювати з морфологічною будовою ґрунту. Тому одному морфологічному профілю відповідають різні профілі інших властивостей ґрунту. Ці твердження Л.Г. Раменського дуже співзвучні сучасним уявленням, які можна знайти в роботах відомих дослідників (Ю.А. Ліверовський, М.А. Глазовська, І.А. Соколов, В.О. Таргульян) і, особливо, в роботах, присвячених сучасним

педометричним дослідженням (Ф.І. Козловський, Л.О. Карпачевський, Є.А. Дмитрієв, В.П. Самсонова, Є.І. Міхеєва та інші). У В.Р. Волобуєва, який будував координатні сітки залежностей між чинниками ґрунтоутворення і властивостями ґрунтів, чітко фіксованим кліматичним параметром завжди відповідав діапазон («хмара») значень гумусоакумулятивної властивості ґрунту [1]. Нині не викликає сумнівів те, що залежність властивостей від чинників ґрунтоутворення носить не жорсткий функціональний, а більш м'який імовірно-статистичний характер. Це означає, що кожному комплексу ґрунтоутворювачів відповідає не константа, а діапазон параметрів властивостей ґрунтів. У просторі земельної ділянки, де більшість ґрунтоутворювачів змінюється слабо, на провідні позиції у формуванні неоднорідності виходять рельєф (точніше, мезо- і мікрорельєф), зволоження як наслідок змін рельєфу, різна глибина залягання підґрунтових вод, а також рослинні угруповання, ґрунтові тварини, мікроклімат тощо. Це чинники, які діють постійно протягом усього періоду ґрунтоутворення і зараз, тобто це водночас і реліктові і рецентні фактори.

**Мета статті** — визначити реальні параметри основних властивостей ґрунтів кількох полів у Поліссі, Лісостепу і Степу, діапазон їхніх коливань, розрахувати імовірність появи типових і нетипових ознак у зональних ґрунтах і проаналізувати причини їх виникнення, а також окрес-

1. Варіабельність деяких властивостей ґрунтів досліджених об'єктів та імовірність появи у ґрунтовому покритті полів (горний шар) типових і нетипових характеристик

Статистична оцінка	Романів				Колки				Ведильці				Коротич				Комунар				Донецьк			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Середнє	2,14	6,25	12,3	11,8	3,31	4,23	3,9	4,2	1,49	5,16	19,8	10,3	2,75	5,55	15,6	20,0	4,86	6,42	26,6	19,6	4,46	7,6	12,8	11,4
Розмах коливань	3,58	3,50	34,1	22,9	4,26	0,70	14,7	11,8	2,27	3,30	13,71	21,0	0,93	2,25	62,4	55,6	2,14	2,10	54,6	107,0	2,10	1,0	65,5	17,0
Коефіцієнт варіації	0,44	0,15	0,57	0,15	0,37	0,05	0,60	0,47	0,19	0,11	0,56	0,48	0,08	0,11	0,81	0,59	0,12	0,11	0,56	1,16	0,10	0,03	0,70	0,23
Імовірність типових (середніх) значень, %	30,6	23,8	2,2	38,7	16,6	24,1	50,4	23,2	58,1	26,3	46,9	23,8	47,7	15,3	12,9	61,5	62,0	7,5	23,0	73,2	39,2	—	18,3	68,4
Імовірність нетипових (менших і більших за середнє) значень, %	69,4	76,2	97,8	61,3	83,4	75,9	49,6	76,8	41,9	73,7	53,1	76,2	52,3	84,7	87,1	38,5	38,0	92,5	77,0	26,8	60,8	—	81,7	31,6

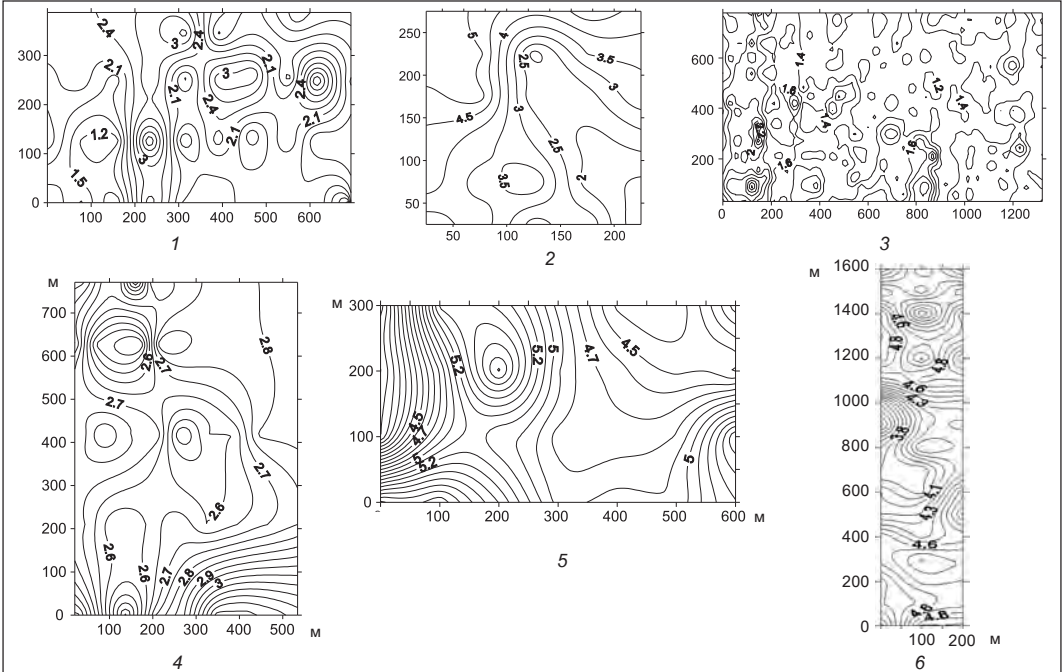
Примітка: \* 1 — гумус, %; 2 — рН; 3 — P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, мг/100 г; 4 — K<sub>2</sub>O, мг/100 г

лити значимість неоднорідності для більш об'єктивного вивчення ґрунтового покриття і землеробської практики.

**Об'єкти і методи досліджень.** У статті використано матеріали з вивчення просторової неоднорідності 6 полів ріллі у Волинській (об'єкти Романів і Колки), Чернігівській (Ведильці), Харківській (Коротич і Комунар) і Донецькій (Донецьк) областях, що здійснено за широкого набору показників — морфологічних, фізичних, фізико-хімічних і хімічних властивостей. Дослідження проведено за участі Волинського і Чернігівського обласних виробничих центрів з охорони родючості ґрунтів. Аналітичні дослідження виконано стандартними методами в атестованих лабораторіях обласних центрів.

Ґрунтовий покрив земельних ділянок у Поліссі переважно складався з дерново-підзолистих різною мірою оглеєних ґрунтів, Лісостепу — з чорнозему типового і темно-сірого опідзоленого ґрунту, а у Степу — чорнозему звичайного. Відбір зразків здійснювали з елементарних ділянок 5×5 м, закладених за регулярної сітки. На 1 га припадало по 1—2 ділянки, усього від 27 до 51 ділянки. Площа полів — від 11 до 105 га. Визначено основні статистичні і геостатистичні параметри. Обробку даних вели за стандартними програмами Statistica, Surfer і MapInfo.

**Результати та їх обговорення.** У табл. 1 наведено середні значення, розмах коливань і коефіцієнти варіації параметрів рН, вмісту гумусу і рухомих форм фосфору і калію для досліджених полів. На підставі статистичних оцінок і обробки 2-D-діаграм (рисунок, табл. 2) розраховано імовірність появи площ з типовими (середніми) і нетиповими (меншими і більшими за середні) параметрами. Імовірність появи типового параметру фактично означає сумарну площу, на якій параметр вимірюваного показника дорівнює середньому значенню. Відповідно, імовірність нетипового параметра означає сумарну площу поля, на якій значення вимірюваного показника у той чи інший бік відхиляються від середнього. Зрозуміла умовність такого підходу, але ми виходимо з того, що об'єктом дослідження було поле як цілісна агропромислова одиниця. Ніяких окремих робочих ділянок (і, відповідно, диференціації агрозаходів) на досліджених полях не передбачено. На картосхемах (агрохімічних, землекористувальних, агро-меліоративних) і в аналітичних матеріалах оперують винятково середніми параметрами для поля. Більше того, аналітична стратегія домінує в Україні. І якщо на полях, де просторову мінливість показників не виражено, такий підхід виправданий, то на полях з очевидною просторовою строкатістю — абсолютно неприйнятний.



**2-D-діаграми просторової неоднорідності умісту загального гумусу в орному шарі ґрунту досліджених полів: 1 – Романів; 2 – Колки; 3 – Ведильці; 4 – Коротич; 5 – Комунар; 6 – Донецьк**

Відзначимо, що імовірність появи на досліджених полях площі із середнім (типovým) значенням показників найчастіше не перевищує 50%. В одному випадку (за значного коефіцієнта варіації умісту фосфору на об'єкті Романів) імовірність знижується до 2,2%. Тому використання середнього параметра для характеристики мінливого у просторі ґрунтового покриву показника створює хибне уявлення про властивості ґрунтів. Фактично, це віртуальні, а не реальні параметри. Оцінювання властивостей ґрунтів за середніми показниками неминуче призводить до втрати значної частки інформації.

Чим вище коефіцієнт варіації показника, тим менша імовірність появи на полі типових (середніх) і більша імовірність його нетипових значень. На фоні високих ( $>0,25$ ), середніх ( $0,25—0,10$ ) і навіть невисоких ( $<0,10$ ) коефіцієнтів варіації наявність неоднорідності підтверджувалася достовірною автокореляційною функцією, спектральною щільністю з явними піками коливань і, в окремих випадках, нагет-ефектом [6].

Дуже висока імовірність появи на полі параметрів властивостей, які значно відхиляються від середніх, що ускладнює вирішення багатьох теоретичних і прикладних проблем. Уявимо, наприклад, таку ситуацію, коли, спираючись на

середній параметр рН поля, який дорівнює 6,25, природно не планують вапнування. Але на тому самому полі є контур з рН менше 5,0 площею 1,1 га, де ґрунт потребує хоча б помірного внесення хімічних меліорантів і без цього недобір урожаю неминучий. Підкреслимо: мова у даному випадку не йде про довільний приклад, а про конкретне досліджуване поле об'єкта Романів.

Важливо враховувати реальний діапазон показників на полі і для науково обґрунтованого вирішення інших агротехнологічних проблем — розрахунків потреби у волозі для зрошення, вибору способів і інтенсивності обробки, ґрунтозахисних заходів тощо. Наприклад, неприпустимо високі параметри брилистості на полі об'єкта Романів встановлювати лише на 43 га із загальної площі поля в 63 га. Тобто, лише на 43 га потрібний додатковий передпосівний обробіток. Відповідно, на полі об'єкта Ведильці вапнувати треба тільки 41 га зі 105 га, а в Коротичі — тільки 6 га з 31 га загальної площі поля. Ці і подібні приклади свідчать, що планувати агротехнологічні заходи обов'язково треба спираючись на конкретний діапазон показників, а не на усереднені дані.

Аналогічна невідповідність виникає і під час визначення класифікаційного статусу ґрунту.

## 2. Площі з різним умістом загального гумусу в орному шарі ґрунту в досліджених полях

Романів			Колки			Ведильці		
Уміст гумусу, %	Площа		Уміст гумусу, %	Площа		Уміст гумусу, %	Площа	
	%	га		%	га		%	га
<1,0	0,5	0,1	<1,5	1,5	0,1	<1,2	4,2	4,4
1,0—1,5	13,1	3,5	1,5—2,0	8,4	0,6	1,2—1,5	58,1	61,0
1,5—2,0	35,0	9,3	2,0—2,5	16,2	1,2	1,5—1,8	28,1	29,5
2,0—2,5	30,6	8,1	2,5—3,0	12,6	0,9	1,8—2,1	7,2	7,6
2,5—3,0	16,0	4,2	3,0—3,5	16,6	1,2	2,1—2,4	2,0	2,1
3,0—3,5	4,3	1,1	3,5—4,0	17,9	1,3	2,4—2,7	0,4	0,4
3,5—4,0	0,6	0,2	4,0—4,5	10,9	0,8	>2,7	0,1	0,1
>4,0	0,03	0,01	4,5—5,0	6,5	0,5			
			>5,0	9,4	0,7			

Коротич			Комунар			Донецьк		
Уміст гумусу, %	Площа		Уміст гумусу, %	Площа		Уміст гумусу, %	Площа	
	%	га		%	га		%	га
<2,5	2,4	0,8	<4	0,9	0,3	<4,0	12,0	6,0
2,5—2,7	42,5	12,2	4—4,5	7,1	2,1	4,0—4,5	39,2	19,6
2,7—2,9	47,7	14,9	4,5—5	62,0	18,6	4,5—5,0	48,2	24,1
2,9—2,1	4,5	1,4	5—5,5	27,0	8,1	>5,0	0,6	0,3
>2,1	2,8	0,9	>5,5	3,0	0,9			

Це помітно майже на кожному з досліджених об'єктів, якщо взяти до уваги хоча б одну визначальну ознаку — уміст гумусу. Зважаючи на значну просторову неоднорідність генетично важливих ознак ґрунту (наприклад, того самого загального гумусу) за подібних чинників ґрунтоутворення, слід дуже критично відноситися до екологічних класифікацій і віддавати безперечну перевагу так званій субстантивній (за властивостями) класифікації, у якій було б враховано реальний діапазон параметрів властивостей, а не середні величини.

Просторова неоднорідність значно ускладнює картографування ґрунтового покриву. Відповідно до загальноприйнятої процедури виокремлення контурів здійснюють за даними обмеження типових розрізів (в основному, за гранскладом, умістом гумусу, рН, ємністю катіонного обміну тощо), а границі між контурами уточнюють за рельєфом. У результаті отримуємо штучне уявлення про ґрунтовий покрив контуру як дискретного об'єкта. За новою формальною методологією картографування (крігінгова обробка даних, здобутих у мережі рівномірної сітки розрізів) уявлення про географо-генетичні принципи ігнорується, а утверджується уявлення про ґрунтовий покрив контуру як континуальний простір. Оскільки контури карт, створених на різних принципах, не співпадають, то виникає конфлікт між традиційним і

парціальним ґрунтознавством [2]. Упевнені, що обидва підходи не суперечать один одному і мають рівне право на існування. Перший із них формує цілісне уявлення про ґрунт як природний об'єкт, другий — як об'єкт господарювання. Переконані, що агротехнології треба будувати на конкретних даних, виміряних у просторі, а не на усереднених даних, здобутих в окремих розрізах.

Отже, здається цілком обґрунтованою ідея: будь-які обстеження ґрунтового покриву необхідно супроводжувати щонайменше вимірюванням діапазону коливань і коефіцієнта варіації параметрів у межах досліджуваного простору. Тільки такий підхід дасть можливість здобути реальну характеристику ґрунтового покриву. Вважаємо, слід уникати усереднення параметрів показників у дослідженнях ґрунтового покриву і побудові на підставі цих даних генетико-виробничих висновків та рекомендацій.

Останніми роками, з розвитком геостатистики, яка не ігнорує подібно звичайним статистичним методам, варіювання ознак, з'явилася реальна можливість ефективно вивчати властивості ґрунтів у просторі. Геостатистика не передбачає застосування таких заходів як відбирання змішаних зразків, аналіз середніх проб, рендомізоване розташування ділянок, тобто, спроб штучно зменшити варіювання у просторі. Геостатистика пропонує спеціальний апарат для

опрацювання просторово розподіленої інформації. Для коректного вивчення такої багатофакторної, поліфункціональної, а відтак, і імовірнісної системи, якою є ґрунт, потрібні імовірнісно-статистичні методи і, взагалі, імовірнісне мислення. Ґрунт не може бути математичною лінійною функцією чинників ґрунтоутворення, як це собі уявляв Г. Іенні [3]. Взаємодії в системі «фактори — процеси — властивості» зумовлюють ненадійність будь-яких моделей, що описують ці зв'язки, а тим більше лінійних (функціональних) моделей. На жаль, через недостатню математичну підготовку ґрунтознавців у цій науці панують саме такі лінійні моделі, які формують спрощене, викривлене уявлення про закономірності утворення властивостей під дією чинників ґрунтоутворення.

Формула В.В. Докучаєва «ґрунт — дзеркало ландшафту» видається вірною лише на макроієрархічному рівні (глобальному, континентальному, регіональному, ландшафтному і катенному) і не може так само діяти на мезо- (рівень ґрунтового покриву або поліпедону) і мікро- (рівень профілю, горизонту, агрегату) ієрархічних рівнях. Причина — неоднорідність і анізотропність властивостей ґрунту через складність (неізометричність) порового простору, агрегатних і текстурних компонентів, різна інтенсивність ґрунтоутворювального процесу за горизонтальним і вертикальним векторами (хоча б згідно з дією закону Дарсі). Крім того, важко уявити, щоб чинники ґрунтоутворення, особливо волога, тепло і численні біологічні чинники діяли односпрямовано. Варто нагадати, які складні і суперечливі взаємозв'язки утворюються між рослинністю, ґрунтом і кліматом і вони не можуть не підсилювати неоднорідність ґрунту [4].

Викладене має винятково високу значимість для диференціювання агротехнологій у відповідності до реальних параметрів ґрунту поля, що обробляється. Якби властивості поля, що

визначають зміст агротехнологій (щільність будови, уміст поживних елементів тощо), не мали вираженої строкатості, то можна було б зневажити строкатість і обробляти поле та вносити добрива однаково на усьому його просторі. На жаль, однорідність, зазвичай, відсутня. Накопичується все більше даних про помірну і високу неоднорідність полів незалежно від генезису і рівня окультуреності ґрунтів [5]. Неоднорідність характерна для більшості індикаторних властивостей ґрунту, на підставі яких обирають способи і інтенсивність обробітку, внесення добрив, фіто- і ґрунтозахисні заходи. Неоднорідність зберігається навіть у полі, де протягом майже 150 років застосовували високі дози органічних і мінеральних добрив [7]. Такий факт може бути наслідком існування постійно діючого механізму підтримання неоднорідності. Спеціальні дослідження (побудова детальних карт топографії місцевості сумісних з картами вмісту поживних речовин, гумусу, рН та інших властивостей за допомогою кокригінгу) довели, що саме мезорельєф і є тим самим механізмом, що відтворює неоднорідність у часі. Це дало нам підстави говорити про неоднорідність як про властивість, що іманентно (обов'язково) притаманна оброблюваним ґрунтам у просторі і часі [6].

Отже, ґрунтоутворення є імовірнісним процесом формування властивостей ґрунту. На користь цього свідчить діапазон коливань параметрів досліджених властивостей, який значно перевищує помилку їх визначення. На відміну від детермінованого (функціонального), імовірнісно-статистичний процес формує неоднорідність ґрунтового покриву на рівні поля і потребує обов'язкового врахування його наслідків у дослідженнях, оцінюванні, класифікації ґрунтів і, особливо, диференціюванні агротехнологій. Геостатистичний метод дослідження просторово розподіленої інформації має знайти широке розповсюдження в ґрунтознавстві.

## Бібліографія

1. Волобуев В.Р. Экология почв. — Баку: Элм, 1963. — 260 с.
2. Горячкин С.В. Проблема приоритетов в современных исследованиях почвенного покрова: структурно-функционально-информационный подход или парциальный анализ//Науч. труды «Современные естественные и антропогенные процессы в почвах и геосистемах». — М., 2006. — С. 53—80.
3. Иенни Г. Факторы почвообразования. — М.: Иностр. лит-ра, 1948. — 347 с.
4. Карпачевский Л.О. Некоторые методические аспекты учета пространственной неоднородности

- в почвоведении//Масштабные эффекты при исследовании почв. — М.: МГУ, 2001. — С. 39—46.
5. Медведев В.В. Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. 1. Введение в проблему. — Харьков: 13 типография, 2007. — 296 с.
6. Медведев В.В. (отв. ред.). Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. 2. Результаты исследований. — Харьков: КП «Городская типография», 2009. — 260 с.
7. Godwin R.J., Earl R., Taylor C., Wood G.A. et al. Precision farming of cereals. Practical guidelines and crop rotation/Project Report 267, Home-Grown Cereals Authority. — London, 2002. — P. 8.