

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ВІДБОРУ ПРОБ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРИ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

Т.Ю. Биндич

ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» НААН,
61024, м.Харків, вул. Чайковського ,4, tanyabyndych@mail.ru

Представлено результати експериментальної перевірки застосування різних систем відбору проб ґрунту для вивчення структури ґрунтового покриву за матеріалами космічної зйомки. Використання помилки середньої окремих показників ґрунту під час статистичного аналізу даних польового обстеження дозволило розрахувати показник ефективності систем випробування. На основі аналізу його кількісних значень встановлено, що оптимальною є регулярна мережа розташування точок відбору проб ґрунту.

Ключові слова: багатоспектральне космічне сканування, картографування ґрунтів, ґрунтові виділи, дешифрування, система випробування ґрунтів.

Вступ. Підвищення конкурентоздатності національного сільськогосподарського виробництва потребує розробки та впровадження сучасних інформаційних технологій, принципово нових методів і систем контролю стану та оцінки агроресурсів [1]. Чинна система науково-інформаційного забезпечення агровиробництва потребує залучення сучасних засобів дистанційного зондування (ДЗ), які широко використовуються у світовій практиці. Співробітники лабораторії ДЗ ґрунтового покриву ННЦ „ІГА імені О.Н. Соколовського” НААН більш ніж десятиріччя займаються розробкою окремих питань та сучасних методик використання різних методів ДЗ для вирішення ґрунтознавчих завдань – наприклад, для моніторингу гумусового стану ґрунтів, електронного картографування ґрунтового покриву [2-4] та кількісної оцінки ступеня його неоднорідності [5-6]. Розроблені алгоритми, в основному, базуються на тісному зв'язку даних різних діапазонів сканування з оптичними властивостями ґрунтової поверхні, які визначаються насамперед генезисом ґрунтів (гумус, гранулометричний склад тощо). Згідно з цими розробками, використання космічних знімків високої роздільної здатності в декількох діапазонах сканування забезпечує необхідну кількість чисельної інформації для вірного розпізнавання контурів ґрунтів та побудови картограм їх окремих показників. Автоматизований характер обробки даних космічного знімку, застосування методів аналізу багатомірних даних, а також приладів глобального позиціонування (GPS) під час польового етапу робіт значно об'єктивізує визначення ґрунтових контурів порівняно з традиційною методикою великомасштабного обстеження та картографування ґрунтів.

Однак, слід визнати, що для широкого впровадження дистанційних методів в практику ґрунтознавства необхідні дослідження щодо деталізації окремих етапів та процедур обробки та дешифрування їх матеріалів. Так, особливої уваги потребує обґрунтування та дослідження ефективності різних систем випробування ґрунтів (або відбирання проб), на підставі яких здійснюється статистична обробка даних польового обстеження та змістовна інтерпретація результатів числової таксономії даних ДЗ. В багатьох наукових роботах, які присвячено проведенню польових та аналітичних досліджень ґрунтів, практично ігнорується питання методики відбору проб ґрунту, які найчастіше є основним джерелом похибок результатів вибіркового спостереження, в тому числі для цілей ґрунтового дешифрування матеріалів ДЗ.

Загальновідомими є два основних підходи до збору даних для картографування та аналізу просторово розподілених об'єктів та явищ: відбір проб за регулярною мережею та типологічний. Відбір проб за регулярною мережею дозволяє із застосуванням геоінформаційних систем (ГІС) побудувати карти та проводити просторовий аналіз явища з достатньо високою точністю. Однак, під час деталізації мережі, кількість проб підвищується зворотно пропорційно її кроку. Тому найчастіше ґрунтознавці використовують типологічний підхід, який полягає в тому, що точки відбору проб обираються таким чином, щоб охарактеризувати кожний виділ ґрунту та/або ландшафтні умови й, загалом, зменшує об'єм працездатних польових робіт.

У зв'язку з цим, метою досліджень є експериментальна перевірка використання різних систем відбору проб ґрунту та визначення їх ефек-

тивності для вивчення структури ґрунтового покриття за матеріалами космічної зйомки.

Матеріали, об'єкти і методи досліджень.

Поставлена мета досягалась шляхом співставлення результатів дискретизації космічного зображення ґрунтової поверхні для окремого дослідного полігону (за методом К – середніх кластерного аналізу), з результатами його польового обстеження, яке проведено за різними системами відбору проб ґрунту.

Територіальним об'єктом досліджень обрано полігон «Тишки», який розташований в Харківському районі Харківської області. Згідно з чинною схемою ґрунтово-географічного районування, полігон відноситься до Полтавського округу Лівобережно-Дніпровської провінції Лісостепу, для якого характерні ерозійно-деревоподібні сполучення чорноземів типових глибоких середньогумусних та висотно-впорядкованих сполучень темно сірих лісових ґрунтів і чорноземів опідзолених [7]. Загальна площа полігону складає близько 81 га. Картографування ґрунтів полігону проводили на основі знімку космічного апарату (КА) Landsat, сканери якого проводять зйомку в оптичному та ближньому інфрачервоному діапазонах з роздільною здатністю 28 м. Використано фрагмент космічного знімку¹ полігону (біля 45 га), який відзнято в оптимальному стані ґрунтової поверхні, тобто за відсутності сільськогосподарської рослинності та у термін, коли поверхня ґрунту перебувала у повітряно-сухому стані.

Для вирішення поставлених задач використовувалися статистичні методи і методи геоінформаційної обробки даних. Так, для географічної прив'язки, обліку яскравостей елементів зображення у різних діапазонах спектру, загального аналізу, числової таксономії космічного зображення та створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) полігону використовували ГІС TNT. За результатами дешифрування цифрових зображень полігону у трьох, найбільш інформативних, діапазонах спектру (К2 – 0,52-0,61 мкм, К3 – 0,63-0,69 мкм, К4 – 0,75-0,90 мкм), отримано декілька варіантів карт ґрунтів. Ці електронні карти порівнювали з даними польового обстеження полігону, яке проводили відповідно до чинної методики великомасштабного картографування: з морфологічним описом ґрунтових розрізів та прикопок [8], аналітичним дослідженням проб ґрунту, які відібрано з використанням приладів GPS та ЦМР полігону. Загалом, на полігоні закладено 26 ґрунтових розрізів, що

дозволило здійснити морфологічний опис ґрунтових відмінностей полігону та відібрати проби з кожного генетичного горизонту, також відібрано 350 проб з поверхневого шару ґрунту (0-10 см): 78 проб – за регулярною системою відбору (через 100 м), 272 – за інформаційною сіткою геосистемної оцінки ерозійної небезпеки земель [9]. В пробах ґрунту визначали загальний вміст гумусу за методом Тюріна, гранулометричний та мікроагрегатний склад за Качинським [10]. Результати аналітичного дослідження проб ґрунту оброблені в пакеті програм Statistica.

Результати та їх обговорення. Раніше на прикладі даного полігону нами детально досліджено низку практично значущих питань електронного картографування ґрунтового покриття за даними космічної зйомки. Так, для об'єктивного обґрунтування місць закладки ґрунтових розрізів та точок відбору зразків з поверхні для різномасштабних обстежень ґрунтового покриття раніше нами запропоновано та опрацьовано використання моделі геосистемної оцінки ерозійної небезпеки земель [11]. Нагадаємо, що достоїнством даної моделі для ґрунтознавців, поперше, є детальне врахування особливостей мікрорельєфу як важливого індикатора елементарних ґрунтових ареалів. По-друге, створення моделі здійснюється точними математичними методами з використанням ГІС-технологій. Ця модель є просторовою дискретною моделлю схилених земель та складається з векторних трубок літодинамічного потоку, яка створюється на топографічній основі високої якості та її елементами є чарунки – чотирикутники, які обмежені лініями стоку та відрізками горизонталей [9].

Також для полігону «Тишки» під час дешифрування матеріалів космічного сканування, із застосуванням відомого в ґрунтознавстві статистико - картографічного аналізу, обрано варіант кластерної карти як найкращої картографічної моделі ґрунтового покриття полігону [12], яка коректно відображає особливості закономірного розподілу ґрунтів в межах даної схилової системи та приуроченість ґрунтових контурів до окремих елементів мікрорельєфу та схилів з різною солярною експозицією та крутістю (рис.1).

Морфологічний опис ґрунтових розрізів показав, що в будові більшості профілів визначено гумусовий (Н), верхній перехідний (Нр або Нрк), нижній перехідний (РН або РНк + Нhk) та Рк (материнська порода) горизонти. Основні відмінності між ними відмічено на родовому та видовому рівні за глибиною скипання від НС1, потужністю профілю та вмістом гумусу. Так, найбільший контур (рис. 2) з 90% вірогідністю представляє ареал розподілу чорнозему типово-

¹ Космічні знімки люб'язно надані ТОВ «Сканекс» (м. Москва, Росія).

го середньоглибокого слабкогумусного з потужністю гумусованого профілю від 67 до 80 см, для якого коефіцієнт варіації цього показнику складав 7,4 %. Так, найбільший контур (рис. 2) з 90% вірогідністю представляє ареал розподілу чорнозему типового середньоглибокого слабкогумусного з потужністю гумусованого профілю від 67 до 80 см, для якого коефіцієнт варіації

цього показнику складав 7,4 %. Другий за розміром ареал (рис. 2) характеризується достатньо низькими значеннями коефіцієнту варіації розглянутих показників та з 84% вірогідністю представляє ареал чорнозему типового глибокого малогумусного з потужністю гумусованого профілю від 80 до 100 см та вмістом гумусу до 4,31% [12].

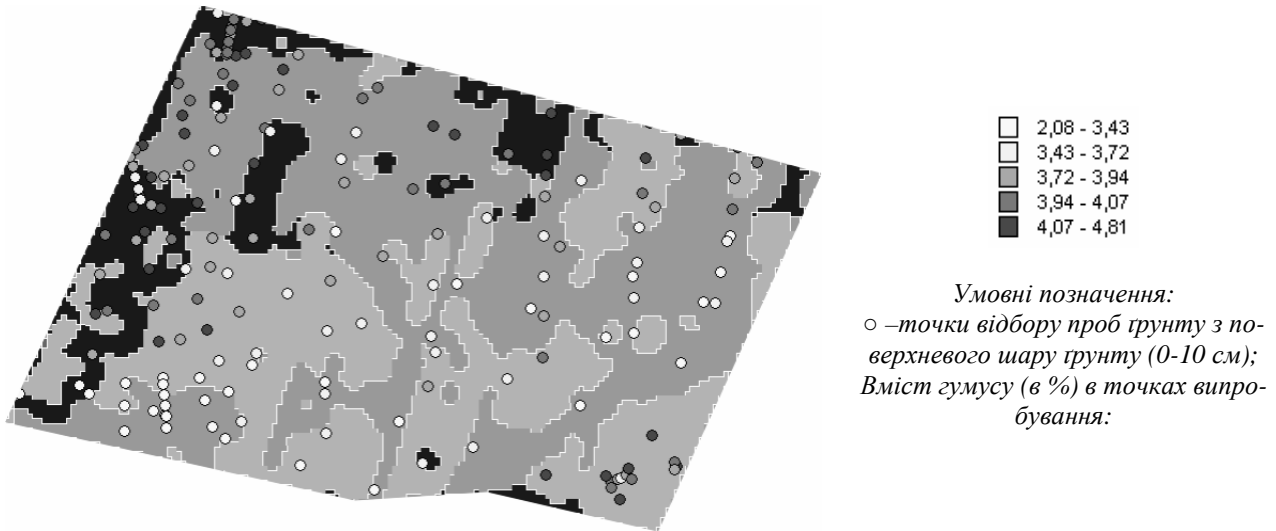


Рис.1. Картохема ґрунтового покриття полігону «Тишки», яку отримано за кластерним аналізом фрагменту космічного знімку Landsat

Найменший ареал (7% площі фрагменту зображення) представлений лише одним розрізом, що не дозволило провести повну статистичну обробку. Тому, на підставі аналізу його розташування (добре дренований вододіл та верхня частина його схилу) та за описом профілю ґрунту, зроблено висновок, що даний ареал, найвірогідніше, представлено чорноземом опідзоленим з грубизною профілю 70-80 см та вмістом гумусу від 2,98 до 4,8%, з дуже слабкими проявами опідзолення процесу.

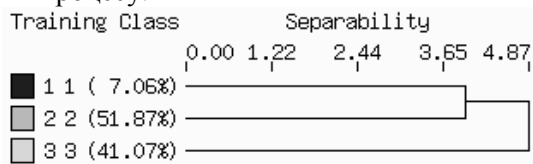


Рис. 2. Дендрограма результатів кластерного аналізу космічного зображення полігону за методом К-середніх з використанням показнику евклідової відстані

Отже, побудована картографічна модель за даними ДЗ, в цілому, вдало відображає сполучення чорноземів опідзолених та типових для полігону та узгоджується з провінціальними особливостями даної території згідно схеми ґрунтового-географічного районування [7].

Аналіз ефективності опрацьованих систем відбору проб ґрунту для вивчення структури ґрунтового покриття здійснювався на основі способу, в якому показником ефективності є процентне відношення помилки середнього даних найбільш повного обстеження до відповідної помилки тієї або іншої системи відбору зразків [13]. В нашому випадку, повна система відбору представляє загальну базу даних для дослідного полігону, яка складається з даних регулярної мережі відбору та за інформаційною мережею геосистемної оцінки. Оскільки досліджені системи відбору дуже відрізнялися між собою за кількістю проб, то для порівняння їх ефективності введено додатковий варіант системи випробування, який представляє проріджену мережу геосистемної оцінки (зменшення кількості проб в два рази за однаковим правилом вилучення). При цьому, окремо для кожного з ареалів, які визначено під час дешифрування, розраховано помилки середнього для таких показників ґрунту як загальний вміст гумусу та вміст фракції фізичної глини гранулометричного складу (табл.1). Якщо репрезентативність повної системи відбору прийняти за 100%, то з використанням помилки середньої цих показників розраховується ефективність інших систем відбору проб (табл.2).

Таблиця 1

Вплив різних систем відбору проб на величину помилки середнього для визначення показників ґрунту

№	Система відбору проб (індекс)	Кількість зразків	Величина помилки середнього			
			Загальна	Ареал 1	Ареал 2	Ареал 3
Загальний вміст гумусу, %						
1	Повна (I + II)	136	0,04	0,06 (31)	0,05 (62)	0,05 (43)
2	Регулярна мережа (II)	48	0,06	0,08 (4)	0,10 (25)	0,08 (19)
3	Інформаційна мережа геосистемної оцінки (I)	88	0,04	0,07 (27)	0,06 (37)	0,06 (24)
4	Проріджена мережа I (1/2)	47	0,40	0,28 (16)	0,37 (20)	0,33 (11)
Вміст фізичної глини гранулометричного складу ґрунту, %						
1	Повна (I + II)*	136	0,60	1,39 (31)	0,87 (62)	0,99 (42)
2	Регулярна мережа (II)	48	0,64	2,41 (4)	0,76 (25)	1,16 (19)
3	Інформаційна мережа геосистемної оцінки (I)	88	0,80	1,54 (27)	1,15 (37)	1,26 (24)
4	Проріджена мережа I (1/2)	47	7,87	9,16 (6)	7,46 (20)	6,14 (11)

Примітки: *- з обробки виключено карбонатний зразок; в дужках – кількість точок випробування.

Таблиця 2

Ефективність різних систем відбору проб для картографування ґрунтового покриття за даними космічної зйомки, в %

№	Система відбору проб (індекс)	Кількість зразків	Ефективність системи відбору, %			
			Загальна	Ареал 1	Ареал 2	Ареал 3
Загальний вміст гумусу, %						
1	Повна (I + II)	136	100	100	100	100
2	Регулярна мережа (II)	48	66	75	50	63
3	Інформаційна мережа геосистемної оцінки (I)	88	100	86	83	83
4	Проріджена мережа I (1/2)	47	10	21	14	15
Вміст фізичної глини гранулометричного складу ґрунту, %						
1	Повна (I + II)	136	100	100	100	100
2	Регулярна мережа (II)	48	93	58	115	85
3	Інформаційна мережа геосистемної оцінки (I)	88	75	90	76	79
4	Проріджена мережа I (1/2)	47	8	15	12	16

Результати розрахунків показали, що ефективність розглянутих систем відбору проб значно відрізняється для окремих показників ґрунту. Так, регулярна мережа відбору характеризувалась більшою загальною ефективністю для визначення гранулометричного складу ґрунту, ніж для визначення загального вмісту гумусу. В той же час, відбір проб за інформаційною мережею геосистемної оцінки показав значну як загальну ефективність для визначення вмісту гумусу (100%), так і для всіх ареалів (на рівні 83-86%). Варіант відбору проб за прорідженою інформаційною мережею геосистемної оцінки виявився зовсім не ефективним для визначення обох розглянутих показників ґрунту, де значення ефективності, як загальної так й для кожного з ареалів, змінювалось від 8 до 20%. Проведено аналіз щодо особливостей ефективності систем для опису ареалів більших та менших площ. Так, відбір проб за інформаційною мережею визна-

чився більш ефективним для статистичного опису ареалів незначної площі у порівнянні з регулярною сіткою, що пояснюється детальним врахуванням особливостей рельєфу території для її побудови. Однак, якщо враховувати загальну кількість відібраних проб та, як наслідок, об'єм проведених аналітичних робіт, регулярна мережа все ж таки виявляється поки більш оптимальною для опису структур ґрунтового покриття за даними ДЗ.

Висновки. На прикладі одного з дослідних полігонів Лівобережно-Дніпровської провінції Лісостепу опрацьовано повну послідовність дій щодо оцінки ефективності різних систем відбору проб для опису структур ґрунтового покриття за даними ДЗ. Використання помилки середньої окремих показників ґрунту під час статистичного аналізу даних польового обстеження дозволило розрахувати показник ефективності та ви-

значити, що найбільш оптимальною системою випробування є регулярна мережа (з кроком 100 метрів). Сучасна практика ґрунтознавства потребує подальшого пошуку нових систем відбору проб, які детально враховують неоднорідність ґрунтового покриву.

Список літератури:

1. Концепція НТП «Агрокосмос». – Київ: Інститут агроекології УААН, 2009. – 29 с.
2. Шатохин А.В., Лындин М.А. Сопряженное изучение черноземов Донбасса наземными и дистанционными методами //Почвоведение. – 2001. - №9. – С.1034-1044.
3. Коригування ґрунтово-картографічних матеріалів за допомогою космічної зйомки: Методичні рекомендації. - Харків, 2005. – 20 с.
4. Картографування ерозійно небезпечних ґрунтів за допомогою космічної зйомки: Методичні рекомендації. – Харків, 2006. – 43 с.
5. Методика кількісної оцінки структури ґрунтового покриву за даними багатоспектральної космічної зйомки. – Харків, 2010. – 49 с.
6. Биндич Т.Ю. Використання даних космічної зйомки для вивчення структури ґрунтового покриву та кількісної оцінки його неоднорідності //Агрохімія і ґрунтознавство. – 2009. – Вип. 72. – С.47-51.
7. Черноземы СССР (Украина) / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И.Ленина. – М.: Колос, 1981. – 256 с.
8. Почвенная съемка. – М.: Изд-во АН СССР, 1951.- 563 с.
9. Куценко М.В. Організація бази даних для комп'ютерного картографування ерозійної небезпеки земель / Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2002. – Вип.№3.- Харків: Вид-во ХНУ, 2002. – С.55-59.
10. Методи аналізів ґрунтів і рослин: Методичний посібник / За ред. С.Ю. Булигіна, С.А.Балока, А.Д. Міхновської, Р.А. Розумної. – Харків, 1999. – 157 с.
11. Бындыч Т.Ю., Червоний В.Н. Применение информационной сетки геосистемной оценки эрозийной опасности земель в почвенных исследованиях // Вісник ХНАУ. – 2005. - №1. – С.74-78.
12. Биндич Т.Ю. Досвід аналізу результатів числової таксономії даних космічної зйомки для великомасштабного картографування ґрунтів // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2011. – Вип. 76. – С.80-89.
13. Доспехов Б.А., И.П.Васильев, Мазурина В.А., Доспехова Р.М., Потемкина З.Ф. Эффективность различных методов отбора проб в полевом опыте и статистическая обработка данных //Известия ТСХА. – 1970. – Вып. 2. – С.81-94.

DETERMINATION OF SOIL SAMPLING SYSTEMS EFFICIENCY FOR THE INVESTIGATION OF THE SOIL COVER STRUCTURE USING SPACE SURVEY DATA

T. Yu. Byndych

The results of experimental verification of application of the different systems of sampling soil are presented for the study of soil cover structure after materials of space survey. The using of error middle of soil separate indexes during the statistical analysis of data of the field inspection allowed expecting the index of efficiency of the test systems. On the basis of analysis of quantitative values are set that a regular network of location of soil sampling points is optimum.

Key words: space multispectral scanning, soils cartography, soil lies, decoding, system of soil sampling.

Одержано редколлегією 12.11.2011