

## ДИНАМІКА ГУМУСОВОГО СТАНУ ТЕМНО-КАШТАНОВИХ ҐРУНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕРІАЛІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ.

*Викладено результати досліджень використання супутника Landsat 7 для моніторингу гумусового стану темно-каштанових ґрунтів. Проведено аналіз змін вмісту гумусу за десятирічний період, з використанням даних дистанційного зондування.*

**Ключові слова:** гумус, супутникові знімки, червоний спектр, ближній інфрачервоний спектр.

*Изложены результаты исследований использования спутника Landsat 7 для мониторинга гумусового состояния темно-каштановых почв. Проведен анализ изменений содержания гумуса за десятилетний период, с использованием данных дистанционного зондирования.*

**Ключевые слова:** гумус, спутниковые снимки, красный спектр, ближний инфракрасный спектр.

*The results of studies using Landsat 7 for monitoring of soil humus of dark chestnut soils was showed. Analysis of changes in humus content over a ten year period, using remote sensing data.*

**Key words:** humus, satellite images, the red spectrum, near-infrared spectrum.

**Вступ та огляд літератури.** Збереження гумусу, як одного з найважливіших показників родючості ґрунтів, повинно бути пріоритетним напрямком розвитку сільського господарства України. З цією метою необхідно проводити регулярний моніторинг гумусового стану ґрунтів. Але традиційні польові дослідження надзвичайно трудомісткі, коштовні та займають багато часу. Використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для моніторингу, здатне суттєво зменшити затрати часу і коштів. До того ж, більшість космічних знімків можна отримувати з гарною періодичністю, яка дозволяє оперативно відстежувати зміни вмісту гумусу на дуже великих площах.

Для моніторингу гумусу найчастіше використовуються значення яскравості в червоному та інфрачервоному спектрі. Зокрема згідно з роботою Ачасова А. Б. та Бідолах Д. І. [1] вміст гумусу найбільш тісно пов'язаний зі значеннями яскравості в червоній частині спектру знімка отриманого камерою КФА-1000 супутника «Ресурс Ф1». Коефіцієнт кореляції дорівнював 0.74. Шатохин А. В. та Линдін М. А. [2], які об'єктом дослідження вибрали чорноземи звичайні Донбасу, використовуючи архівні дані багатоспектрального сканування космічного апарату SPOT, встановили, що між вмістом гумусу та яскравістю в ближньому інфрачервоному спектрі існує досить тісна залежність ( $r = 0.94$ ). Сахацький О. І.

[3] наводить результати досліджень стосовно оцінки вмісту гумусу, за даними космічної зйомки Landsat 7 в межах тестових ділянок у Чернігівській та Хмельницькій областях. Статистична обробка даних показала на лінійну кореляційну залежність між спектральними характеристиками Landsat-7 у червоному спектрі ( $r = 0.95$ ) та ближньому інфрачервоному спектрі ( $r = 0.85$ ) з середнім вмістом гумусу. Трускавецький С. Р. [4] проводив дослідження на полях Житомирського Полісся з використанням багатоспектрального сканування поверхні ґрунту супутником SPOT. Встановлено, що є тісний зв'язок між спектральною яскравістю і вмістом гумусу у ґрунті:  $r = -0.88$  (зелений спектр),  $r = -0.88$  (червоний спектр),  $r = -0.90$  (ближній інфрачервоний спектр).

Отже, огляд літератури показує, що найчастіше існує зв'язок між вмістом гумусу та яскравістю поверхні ґрунту в червоному та (або) ближньому інфрачервоному спектрі.

**Об'єкти та методи досліджень.** Дослідження проводили на полігоні «Тузла», яке знаходиться біля однойменного села в Березанському районі Миколаївської області в зоні Сухого степу України. Ґрунтовий покрив поля представлений темно-каштановими важкосуглинковими ґрунтами різного ступеня еродованості. Полігон у просторі представляє собою умовний квадрат  $450 \times 450$  м (координати – верхній лівий кут:  $46^\circ 42' 54,64''$  П. Ш.,  $31^\circ 19' 54,11''$  С. Д.; нижній

правий кут: 46° 41' 18,53" П. Ш., 31° 22' 16,9" С. Д.), який у свою чергу поділявся ще на 25 квадратів розміром 90×90 м.

Актуальні знімки (2012 року) та архівні (2001-2002 роки) супутника Landsat-7 завантажувалися з серверу USGS, але використовувалися лише 2 з 7 спектральних каналів – 3-й (червоний) з довжиною хвиль 0,63-0,69 мкм та 4-й (ближній інфрачервоний) з довжиною хвиль 0,78-0,90 мкм. Роздільна здатність зйомки складає 30 м.

Була розроблена оригінальна методика щодо використання знімків Landsat-7 для гумусового моніторингу, яка складається з:

- визначення за допомогою GPS координат вузлів квадратів (90×90 м);

- визначення за допомогою спеціального ПЗ (ENVI 4.8) значень яскравості пікселів у вузлах квадратів, у червоному та ближньому інфрачервоному спектральних каналах;

- розрахунку величин вегетаційного індексу NDVI, з метою визначення наявності рослинності на поверхні (значення NDVI не повинно перевищувати 0,15 [3]);

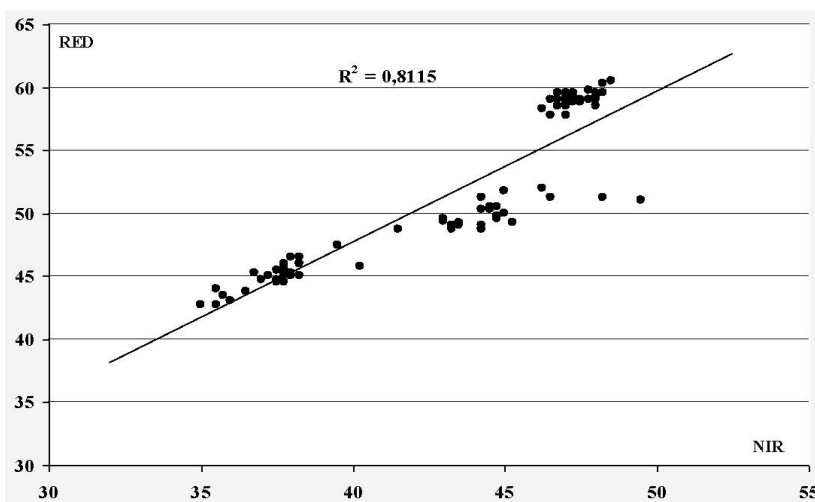
- проведення польових досліджень з відбору зразків ґрунту з поверхневого шару та провести аналіз зразків ґрунту на вміст гумусу [5] (в п'ятикратній повторності);

**Результати досліджень та їх обговорення.** Отже, за допомогою вище описаної методики були визначені яскравості червоного та ближнього інфрачервоного спектрів знімків Landsat-7 для вузлів полігону «Тузла» за три терміни (13.03.2012,

29.03.2012, 31.04.2012). Також були визначені яскравості архівних знімків за три терміни (31.03.2001, 02.05.2001, 05.05.2002). Спектральна яскравість визначена як середнє арифметичне яскравості чотирьох пікселів навколо вузла. А потім розраховували середнє арифметичне значення яскравості по вузлам по кожному із трьох знімків. Тобто загальна повторність визначення яскравості була дванадцятикратною.

Відомим недоліком знімків Landsat-7 є наявність періодичних чорних смуг, які утворилися в результаті неполадок у роботі скануючих пристроїв супутника, а тому при попаданні цих смуг у вузли полігону визначити яскравість неможливо. Наслідком цього є те, що в деяких випадках по кожному вузлу була визначена яскравість в червоному та ближньому інфрачервоному спектрі лише у восьмикратній повторності.

Аналіз літературних даних показує, що між значеннями яскравостей у червоному та ближньому інфрачервоному існує певна залежність. А тому інколи для гумусового моніторингу використовують дані лише з одного каналу – в червоному або ближньому інфрачервоному діапазоні. Але статистичний аналіз наших даних показав, що зв'язок між значеннями цих яскравостей не є повним (рис. 1). Коефіцієнт детермінації дорівнює 0,81. Тобто взаємна обумовленість досягає близько 80 %. Але ще 20 % визначається іншими факторами, а тому, на наш погляд, для пошуків залежності між вмістом гумусу та значеннями яскравості в червоному або і ближньому інфрачервоному діапазоні слід використовувати значення обох діапазонів.



**Рис. 1.** Залежність між яскравостями в червоній (RED) та ближній червоній (NIR) частині спектра за вузлами полігону «Тузли»

Враховуючи існуючі підходи до цієї проблеми [6], комплексним показником, який повинен найбільш повно характеризувати зв'язок між вмістом гумусу ( $H$ ) у верхньому шарі темно-каштанового ґрунту та оптичними характеристиками його поверхні, може бути співвідношення між значеннями яскравості в

червоному діапазоні до значень яскравості в ближньому інфрачервоному ( $RED/NIR$ ) (табл. 1). Регресійний аналіз показав, що існує параболічна залежність такого виду (рис. 2):

$$H = 50.02 \cdot (RED/NIR)^2 - 131.44 \cdot (RED/NIR) + 89.12.$$

Співвідношення значень яскравості червоної частини спектра на супутникових знімках «Landsat-7» до ближнього інфрачервоного за вузлами полігону «Тузла» за 2001-2002 та 2012 рік

№	Терміни визначення					
	13.03.2012	29.03.2012	30.04.2012	31.03.2001	02.05.2001	05.05.2002
1	1,19	1,23	1,15	1,11	0,96	1,61
2	1,21	1,24	-	1,08	0,97	1,58
3	1,19	1,24	-	1,10	1,01	1,58
4	1,21	1,25	1,14	1,11	1,02	1,59
5	-	1,27	1,13	1,14	1,01	1,60
6	-	1,25	1,13	1,13	1,06	1,57
7	1,19	-	1,16	1,09	0,96	1,63
8	1,21	1,24	-	1,09	0,91	1,62
9	1,19	1,27	0	1,15	0,95	1,59
10	1,20	1,23	1,15	1,15	1,09	1,59
11	-	1,24	1,13	1,12	1,08	1,59
12	-	1,27	1,11	1,12	1,06	1,54
13	1,21	-	1,15	1,11	0,96	1,62
14	1,22	1,27	-	1,13	0,98	1,61
15	1,22	1,25	-	1,12	1,05	1,58
16	1,22	1,24	1,13	1,11	1,06	1,59
17	1,24	1,25	1,11	1,12	1,07	1,58
18	-	1,26	1,13	1,10	1,04	1,57
19	1,22	-	1,13	1,08	0,87	1,57
20	1,21	1,26	1,13	1,10	0,96	1,56
21	1,23	1,27	-	1,10	1,04	1,58
22	1,20	1,26	-	1,12	1,00	1,55
23	1,19	1,26	1,11	1,10	1,03	1,59
24	-	1,26	1,11	1,10	0,94	1,56
25	1,14	-	1,12	1,04	-	1,55
26	1,19	1,26	1,11	1,07	0,97	1,58
27	1,22	1,23	-	1,06	0,87	1,56
28	1,20	1,24	-	1,05	0,88	1,56
29	1,18	1,24	1,10	1,05	0,88	1,58
30	-	1,23	1,09	1,05	-	1,53
31	1,17	-	1,06	0,97	-	1,34
32	1,20	-	1,10	1,06	0,81	1,54
33	1,19	1,22	-	1,04	0,80	1,54
34	1,18	1,24	-	1,06	-	1,54
35	1,18	1,25	1,18	1,06	0,78	1,58
36	-	1,25	1,03	0,98	-	1,41

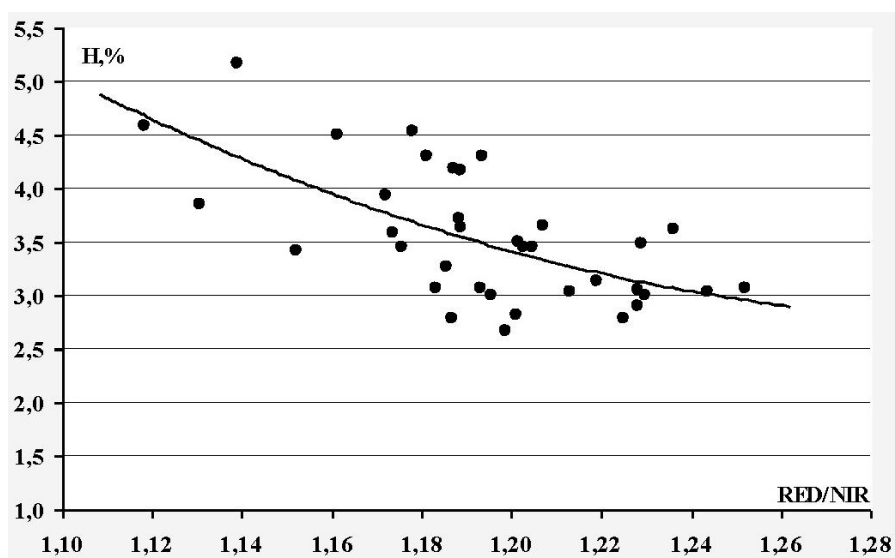


Рис. 2. Залежність між вмістом гумусу (H) в шарі 0-10 см та співвідношенням RED/NIR за 2012 рік

Коефіцієнт кореляції рівняння складає  $r = 0,63$ , коефіцієнт детермінації  $r^2 = 0,40$ , стандартна помилка – 0,02.

Далі, для полігону була визначена маса ґрунту у шарі 0-10 см (щільність ґрунту  $1,2 \text{ г/см}^3$ ), що склала 24300 т. Оскільки полігон розбитий на 25 квадратів, то маса десятисантиметрового шару для кожного з них склала  $24300/25 = 972$  т. Середньозважений вміст гумусу для кожного квадрата визначили як середнє арифметичне вмісту гумусу чотирьох вузлів, що

складають його кути, і розрахували масу в шарі 0-10 см як відсотки від 972 т. Підсумувавши значення маси гумусу всіх 25 квадратів, отримали 831.52 т.

Використовуючи отриману параболічну залежність та співвідношення  $RED/NIR$  десятирічної давнини, було розраховано вміст гумусу у ґрунті полігону «Тузли» у 2001-2002 роках та порівняно з 2012 роком (табл. 2). Розрахунок вмісту гумусу у тоннах проведений аналогічно до даних 2012 року. У результаті отримали 795.76 т.

Таблиця 2

### Зміни вмісту гумусу у ґрунті полігону «Тузла» за десятирічний період

№	Вміст гумусу, %	
	2012р.	2001-2002рр.
1	4,17	3,18
2	2,79	3,30
3	3,03	3,11
4	2,67	3,03
5	3,45	2,99
6	3,72	2,97
7	3,45	3,14
8	2,90	3,36
9	3,48	3,13
10	4,30	2,84
11	4,19	2,90
12	3,63	3,05
13	4,53	3,13
14	3,03	3,04
15	3,61	2,99
16	3,06	2,95
17	3,49	2,94
18	3,01	3,05
19	3,94	3,74
20	2,82	3,33
21	3,06	3,05
22	3,00	3,17
23	2,79	3,05
24	3,07	3,41
25	3,85	2,79
26	3,27	3,36
27	3,05	3,87
28	3,13	3,91
29	3,58	3,85
30	4,51	2,80
31	4,58	4,01
32	3,41	4,34
33	3,45	4,51
34	3,64	2,78
35	4,31	4,31
36	5,17	3,48

Отже, за десять років вміст гумусу у ґрунті полігону збільшився на 35.76 т. Враховуючи рельєф поля, на якому розташований полігон, можна з впевненістю сказати, що це результат вимивання ґрунту з ділянки поля розташованої вище, і накопичення його на досліджуваній ділянці.

**Висновки.** Запропоновано нові методичні підходи щодо використання супутникових знімків Landsat-7 в моніторингу гумусного стану ґрунтів. Дослідження показали на наявність певних статистичних зв'язків між значеннями яскравостей червоному та ближньому інфрачервоному діапазоні та вмістом гумусу у верхньому шарі темно-каштанового ґрунту.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ачасов А. Б., Использование материалов космической и наземной цифровой фотосъемок для определения содержания гумуса в почвах / Ачасов А. Б., Бидолах Д. И. // Почвоведение. – 2008. – № 3. – С. 280–286.
2. Шатохин А. В. Сопряженное изучение черноземов Донбасса наземными и дистанционными методами / Шатохин А. В., Лындин М. А. // Почвоведение. – 2001. – № 9. – С. 1037–1044.
3. Сахацький О. І. Досвід використання супутникових даних для оцінки стану ґрунтів з метою розв'язання природо-ресурсних задач / Сахацький О. І. // Доповіді Національної академії наук України. – 2008. – № 3. – С. 109–115.
4. Трускавецький С. Р. Використання багатоспектрального космічного сканування та геоінформаційних систем у дослідженні ґрунтового покриву Полісся України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.18 «ґрунтознавство»/ Трускавецький С. Р. – Х., 2006. – 24 с.
5. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини : ДСТУ 4289:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с. – (Національний стандарт України).
6. Терехов А. Г. Методика оценки содержания гумуса в пахотных землях Северного Казахстана на основе спутниковых данных / А. Г. Терехов, А. М. Кауазов // Институт космических исследований ЦАФИ МОН. – Алматы : 2006. – С. 358–364.

**Рецензенти:** Чорний С. Г., д.с.-г.н., професор;  
Трускавецький С. Р., к.б.н.

© Абрамов Д. А., 2012

*Дата надходження статті до редколегії 01.04.2012 р.*

**АБРАМОВ Д. А.** – аспірант кафедри ґрунтознавства та агрохімії Миколаївського національного аграрного університету.