

МЕТОДОЛОГІЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ METHODOLOGY of REMOTE RESEARCH

УДК 631.42+528.855

Діагностика еродованих чорноземів південних за допомогою багатоспектральних супутникових зображень «Ландсат-8»

С.Г. Чорний*, Д.Ш. Садова

Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
<p>Отримано 09.02.2020 Отримано після доопрацювання 09.03.2020 Затверджено до друку 16.03.2020 Доступно онлайн 01.06.2020</p> <p><i>Ключові слова:</i></p> <p>багатоспектральне сканування; вегетаційні індекси; відбивна здатність; карта ґрунтів; GNDVI; NDVI; EVI.</p>	<p>Детальні карти ґрунтів, які використовуються для планування і проведення агротехнічних і меліоративних робіт та організації раціонального режиму використання території потребують оновлення. Сучасний етап картування ґрунтів може бути здійснено лише з використанням ГІС-технологій та дистанційних методів, за допомогою яких можливо максимально адекватно відобразити просторову структуру ґрунтового покриву, з виділенням меж окремих ґрунтових різновидів та ступеню еродованості. Незважаючи на існування прямих дистанційних методів дослідження оптичних характеристик поверхні ґрунтів за допомогою супутникових зображень, необхідно вивчати й стан сільськогосподарської рослинності, який віддзеркалює певні властивості ґрунту. Метою досліджень була розробка методичного підходу до ідентифікації еродованих чорноземів південних через оцінку відбивної здатності посівів соняшнику, який є найбільш поширеною сільськогосподарською культурою в регіоні. Попередніми підсупутниковими обстеженнями виділено на двох ключових ділянках контури еродованих ґрунтів і впродовж 2017-2019 рр., за результатами багатоспектрального сканування поверхонь агроландшафтів сканером OLI, який знаходиться на борту американського супутника Ландсат-8, були проведені дослідження відбивної здатності посівів соняшнику. За результатами аналізу відбивної здатності на етапах «початку бутонізації», «бутонізації» та «цвітіння» виявлено, що на еродованих ґрунтах (на схилах) величина вегетаційного індексу GNDVI суттєво менша ніж на нееродованих (на вододілах), що свідчить про дефіцит азоту. Це віддзеркалюється в обсягах фотосинтетично активної біомаси, що фіксується збільшеними значеннями вегетаційних індексів NDVI та EVI. Для дистанційної ідентифікації еродованих південних чорноземів з метою їх картування, рекомендовано використовувати зображення сканера OLI відбивної здатності посівів соняшнику в фазі наростання фотосинтетично активної біомаси з подальшим часовим та просторовим аналізом значень вегетаційних індексів GNDVI, NDVI та EVI.</p>

* E-mail: s.g.chorny@gmail.com

Форма цитування: Чорний С.Г., Садова Д.Ш. Діагностика еродованих південних чорноземів за допомогою багатоспектральних супутникових зображень «Ландсат-8». *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 89. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». 2020. С. 83-89. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-09>.

1. Вступ

Великомасштабні карти ґрунтів (1:5000, 1:10000, 1:25000) є основним видом карт, застосовуваних для планування і проведення агротехнічних і меліоративних робіт та організації раціонального режиму використання території. На цих картах зображують різні підтипи ґрунтів з урахуванням їх видів, варіантів та різновидів, що важливо для проведення землеустрою, грошової оцінки земель, розробки конкретних заходів щодо підвищення ґрунтової родючості. Карти ґрунтів, використовуваних зараз в Україні, здебільшого були створені на основі результатів великомасштабного ґрунтового обстеження 1957-1961 рр. і мають низьку інформативність та не відповідають вимогам сьогодення через застарілість даних та методичні недоліки. Сучасний етап картування ґрунтів не може бути здійсненим інакше, ніж із використанням ГІС-технологій та дистанційних методів, якими можливо максимально адекватно відобразити просторову структуру ґрунтового покриву, з виділенням меж окремих ґрунтових різновидів, ступеню еродованості, засолення, осолонцювання тощо [1, 2].

Основні підходи до використання ГІС-технологій та дистанційних методів для картування ґрунтів України викладено в роботах А. Ачасова та А. Ачасової [1], В. Петриченко та ін. [3], Т. Биндич та ін. [2]. У цих публікаціях декларуються прямі методи досліджень оптичних характеристик поверхні ґрунтів, визначення генетично обумовлених параметрів, зокрема, вмісту гумусу та гранулометричного складу. Обмеженість такого підходу пов'язана з тим, що в умовах сучасного інтенсивного використання ґрунтів поверхня ґрунту на сільськогосподарських угіддях тривалий час протягом року вкрита сільськогосподарською рослинністю, або її залишками. Причому, як правило, в кожній

природній зоні вирощується обмежений перелік сільськогосподарських культур. Наприклад, у Степовій зоні України, згідно з офіційною статистикою, під соняшник зайнято 30-35 % площі ріллі. А тому треба розробляти технології великомасштабного картування ґрунтів за допомогою вивчення актуального стану сільськогосподарської рослинності. Необхідно також відзначити, що використання даних дистанційного зондування (ДЗ) для обстеження угідь на значних площах і, особливо, в умовах недостатнього застосування інструментальних методів наземних досліджень, сприяє підвищенню достовірності та точності визначення елементів ґрунтового покриву (ГП), що веде до зниження вартості, трудомісткості і тривалості польових робіт [2].

Як правило, стан рослинності у дослідженнях дистанційними методами, зокрема, з використанням багатоспектральних супутникових зображень, характеризується набором вегетаційних індексів (VI), для розрахунку яких використовують значення яскравостей різних спектральних каналів та параметрів «лінії ґрунтів» [4-11].

Слід зазначити, що на тлі більш-менш однорідного гранулометричного складу еродовані ґрунти є важливим фактором неоднорідності ґрунтового покриву в Степовій зоні України. Площа сільськогосподарських угідь України, які зазнають згубного впливу водної ерозії, становить 13,4 млн га, у тому числі 10,6 млн га орних земель, вітрової ерозії – 6 млн га, а в роки з катастрофічними пиловими бурями – 20 млн га [12]. Очевидно, що ерозія ґрунту призводить до зменшення потужності профілю і глибини залягання карбонатів, зменшення кількості органічної речовини та зниження вмісту рухомих сполук азоту, фосфору, калію і мікроелементів. В еродованих ґрунтах мало корисних мікроорганізмів, які формують азотний режим ґрунту. А тому дистанційна ідентифікація еродованих ґрунтів для подальшого картування є непересічним й актуальним завданням. Для дистанційної ідентифікації еродованих ґрунтів, очевидно, необхідно використовувати кілька VI, які би враховували зменшення загальної біомаси на еродованих ґрунтах і вірогідний дефіцит азоту та віддзеркалювали оптичні характеристики поверхні ґрунтів, особливо, на перших етапах вегетації сільськогосподарських культур.

Метою досліджень була розробка методичного підходу до дистанційної ідентифікації еродованих ґрунтів Степової зони України через оцінку відбивної здатності посівів соняшнику, який є найбільш поширеною сільськогосподарською культурою в регіоні.

Для досягнення мети виконано декілька задач: вибір та дешифрування багатоспектральних супутникових зображень; просторова прив'язка зображень до ключових дослідних ділянок, де були проведені дослідження ґрунтів; підбір переліку VI, якими з різних позицій можна характеризувати стан сільськогосподарської культури за різних фенологічних фаз розвитку на еродованих і нееродованих ґрунтах; встановлення доведеної різниці між яскравостями.

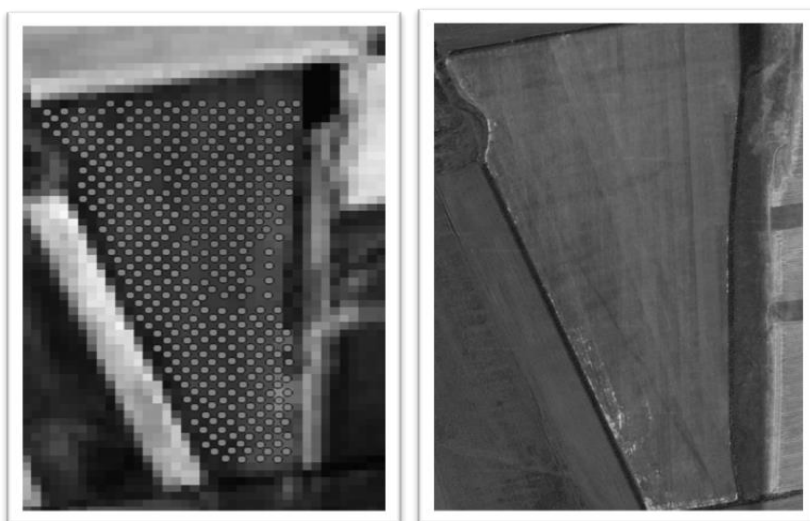
2. Об'єкти (матеріали) і методи досліджень

Об'єктами досліджень були дві дослідні ділянки: перша (ННПЦ) – поле №8 ННПЦ Миколаївського НАУ у Миколаївському районі Миколаївської області (координати середини ділянки – N 46°53'53", E 31°40'55,9"); друга (Б) – поле у фермерському господарстві «Воля» у Березнегуватському районі Миколаївської області (N 47°20'55,1", E 32°52'13,5"). Ґрунтовий покрив представлено чорноземом південним важкосуглинковим нееродованим та слабо- і середньоеродованим. Окрім польових досліджень для ідентифікації ґрунтів дослідних ділянок використовували також архівні матеріали ДП «Миколаївський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою».

Як вихідні дані дистанційного зондування використали супутникові зображення, що були отримані з періодичністю в 16 діб сканером OLI (Operational Land Imager), який знаходиться на борту американського супутника Ландсат-8. Зображення для восьми спектральних каналів мають просторову роздільну здатність в 30 м у пікселі.

Для ідентифікації еродованих ґрунтів використовували космічні багатоспектральні зображення американського супутника Landsat-8, з просторовою здатністю пікселя зображення у 30×30 метрів. Зображення завантажували із сервера Геологічної служби США (USGS) (www.glovis.usgs.gov). Для аналізу брали лише беззмарні зображення. Дослідження цих зображень було виконано за допомогою відкритої геоінформаційної системи QGIS 2.18 шляхом аналізу супутникових знімків та вилучення відбивної здатності (або яскравостей) поверхонь, яка міститься в синьому (B), зеленому (G), червоному (R) та близькому до інфрачервоного (NIR) спектральних каналах. Відбивну здатність вимірювали в безрозмірних одиницях від 0 до 1. Перед безпосереднім визначенням величини спектральної яскравості по складових спектру на основі метаданих, які були отримані разом із супутниковими знімками, проводили попередню обробку зображень, яка включала атмосферну та радіометричну корекцію цих даних. Для визначення

спектральних характеристик еродованих та нееродованих ґрунтів у контурах попиксельно визначали спектральну відбивну здатність посівів сільськогосподарських культур (Рис. 1).



Зліва – зображення сканера OLI супутника Ландсат-8 з мережею точок для визначення спектральних яскравостей, справа - фрагмент GoogleMaps. Координати середини ділянки: N 46°53'53", E 31°40'55,9".

Рис. 1. Поле №8 ННПЦ МНАУ Миколаївського району Миколаївської області

На першій дослідній ділянці (ННПЦ) на нееродованих ґрунтах досліджували 161 піксель, на еродованих – 258. На другій дослідній ділянці (Б) на нееродованих ґрунтах досліджували 128 пікселів, на еродованих – 161. За роки досліджень (2017-2019) на цих дослідних ділянках вирощували дві сільськогосподарські культури – озима пшениця та соняшник. У цій роботі мова буде йти лише про вплив еродованості ґрунтів на спектральні характеристики посівів соняшнику. Для ідентифікації еродованих ґрунтів через спектральну відбивну здатність посівів соняшнику використовували три вегетаційні індекси (ВІ) – NDVI, EVI, GNDVI.

Індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) розраховується таким чином:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

де NIR і R – значення спектральної відбивної здатності рослинного покриву у ближньому інфрачервоному та червоному частинах спектру відповідно. NDVI має високу чутливість до змін у рослинному покриві. Він є ефективною кількісною характеристикою фотосинтетично активної біомаси рослинності. Відомо, що висока фотосинтетична активність (пов'язана, як правило, з густою рослинністю) призводить до нижчої відбивної здатності рослинного покриву у червоній області спектра і вищої – в інфрачервоній [4, 14]. Відношення цих показників один до одного дозволяє чітко виокремлювати й аналізувати різні рослинні покриви. Недоліком NDVI є неможливість його ефективного використання для виявлення та кількісного опису рослинності у випадку негустої рослинності та явно вираженого змішаного характеру рослинного покриву. Особливо проблемним використання NDVI є тоді, коли (на ранніх стадіях вегетації) проєктивне покриття рослинністю ґрунту є істотно меншим від повного, і певний внесок у загальну спектральну відбивну здатність поверхні «рослинність-ґрунт» робить саме ґрунт.

Цього недоліку не має індекс EVI (Enhanced Vegetation Index). Це модифікований NDVI з коефіцієнтом коригування на ґрунт L і з двома коефіцієнтами C₁ і C₂, які описують використання даних синьої складової спектру для корекції значень червоного каналу. Цей ВІ має високу чутливість до обсягів тільки рослинної біомаси та не реагує на атмосферні впливи, зокрема, вміст аерозолі та відбивну здатність ґрунту [13].

Індекс EVI розраховується за формулою:

$$EVI = G \times \frac{NIR - R}{N + C_1 \times R - C_2 \times B + L}$$

де NIR, R та B – відбивна здатність рослинного покриву в ближній інфрачервоній, червоній та синій частинах спектра, відповідно. В роботі A. Huete et al. [13], коефіцієнти, які були прийнятими у розрахунку EVI, є такими: L=1; C₁=6; C₂=7,5; G=2,5.

Третім ВІ, який використовується для ідентифікації еродованих ґрунтів через стан посівів соняшнику, був GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index), так званий, «зелений» NDVI [6], який часто використовується для оцінки ступеню забезпеченості посівів сільськогосподарських культур азотом [15; 16].

Індекс GNDVI розраховується за формулою:

$$GNDVI = \frac{NIR - G}{NIR + G}$$

де NIR – відбивна здатність рослинного покриву в ближній інфрачервоній частині спектра, G – відбивна здатність рослинного покриву в зеленому діапазоні спектра.

Різниця між ВІ, що були отримані скануванням рослинних покривів на схилових еродованих ґрунтах і на вододілах з нееродованими ґрунтами перевірялась на суттєвість за критерієм Стьюдента.

3. Результати досліджень та їх обговорення

В таблиці наведено узагальнені середні значення ВІ NDVI, EVI та GNDVI по окремих фенологічних фазах росту і розвитку соняшника на двох дослідних ділянках – поле №8 ННПЦ МНАУ (ННПЦ) та поле в фермерському господарстві «Воля» (Б) за 2017-2019 рр. Відсутність у деяких випадках даних пов'язана з тим, що, або час супутникового сканування поверхонь агроландшафтів регіону не збігався з актуальними, заздалегідь визначеними, фенологічними фазами органогенезу рослин соняшника (які визначалися за ВВСН [17]), або з наявністю хмар над дослідними ділянками.

Різницю між ВІ NDVI, здобутого скануванням посівів соняшнику на схилових еродованих ґрунтах і нееродованих ґрунтах вододілів, перевіряли на істотність за критерієм Стьюдента. Цей аналіз показав, що у більшості випадків така різниця є доведеною на рівні значущості в 5 %. На перших і останніх етапах вегетації соняшника різниця значень NDVI між рослинним покривом на схилах та на вододілах була незначною або навіть значення NDVI на схилах було більшим ніж на вододілі. Але на етапах органогенезу «початок бутонізації», «бутонізація» та «цвітіння» («inflorescence emergence», «flowering emergence», згідно з ВВСН [17]), величина NDVI рослинного покриву вододілів значно перевищує величину NDVI рослинного покриву схилів з еродованими чорноземами, що підтверджується й оцінками різниці за допомогою критерію Стьюдента (таблиця). Це пояснюється тим відомим фактом, що в період швидкого зростання надземної і підземної біомаси швидко засвоюються приблизно 80 % від загальної кількості азоту, необхідного для повноцінного формування рослини. А тому очевидний дефіцит азоту в еродованих ґрунтах схилів відбивається на загальній кількості біомаси, яку характеризує NDVI.

Водночас, відомо, що важливим недоліком показника NDVI є його значення на перших етапах вегетації сільськогосподарських культур з проєктивним покриттям поверхні ґрунту менше ніж 30 %, коли на загальну величину спектральної відбивної здатності поверхні агроландшафтів у ближньому інфрачервоному та червоному діапазонах спектра впливає стан поверхні ґрунту, а саме, його вологість, забарвлення, текстура [18; 14]. А тому значення NDVI на перших етапах вегетації соняшника, коли тільки починається формування листового апарату, не можуть бути включені до аналізу впливу на цей показник загального стану рослинного покриву залежно від еродованості чорнозему південного. Треба також виключити із такого аналізу і значення NDVI, отримані в останні фази вегетації соняшника, коли настає стиглість і надземна біомаса перестає бути фотосинтетично активною. NDVI в ці терміни вже не реагує на обсяги надземної біомаси.

Вважається, що певною мірою вплив ґрунту усувається при застосуванні показника EVI. Але дані, наведені в таблиці показують, що загальна динаміка, яка була виявлена аналізом показника NDVI протягом вегетації, зберігається. В період максимального накопичення біомаси, тобто, на етапах «початок бутонізації», «бутонізація» та «цвітіння» спостерігається суттєва різниця між значеннями EVI поверхні посівів соняшнику на вододільних нееродованих та еродованих ґрунтах схилів, що вказує не тільки на більшу надземну біомасу, але й на більший загальний вміст хлорофілу в рослинному покриві [19].

«Зелений» NDVI - GNDVI, який часто використовують для оцінки ступеню забезпеченості посівів сільськогосподарських культур азотом, для оцінки доз і термінів азотного підживлення і навіть для прогнозу майбутньої урожайності [6; 15; 16], в наших дослідженнях продемонстрував (Табл.) найбільшу різницю на нееродованих та еродованих ґрунтах у ті самі етапи розвитку що й інші ВІ. Цей факт у більшості випадків підтверджується оцінками за допомогою критерію Стьюдента.

Таблиця
Динаміка вегетаційних індексів на посівах соняшнику

Рік і об'єкт	Веgetаційні індекси за фенологічними фазами соняшника																		
	(1) 2-3 пари листків (Principal growth stage 1: Leaf development, code -12-14)*			(2) Початок бутонізації (Principal growth stage 5: Inflorescence emergence, code - 51-55)*			(3) Бутонізація (Principal growth stage 5: Inflorescence emergence, code - 57-59)*			(4) Цвітіння (Principal growth stage 6: Flowering emergence, code - 61-69)*			(5) Побуріння кошиків (Principal growth stage 7: Development of fruit, code - 70-79)*			(6) Дозрівання насіння (Principal growth stage 8: Ripening, code - 80-89)*			
	NDVI	EVI	GNDVI	NDVI	EVI	GNDVI	NDVI	EVI	GNDVI	NDVI	EVI	GNDVI	NDVI	EVI	GNDVI	NDVI	EVI	GNDVI	
2017 (ННПЦ)	вододіл	0,359**	0,144**	0,504**	0,734	0,369**	0,729**												
	схил	0,380**	0,157**	0,515**	0,738	0,378**	0,733**												
2017 (Б)	вододіл	0,371	0,130	0,482	0,507**	0,251	0,553												
	схил	0,372	0,130	0,480	0,498**	0,249	0,543**												
2018 (Б)	вододіл				0,574**	0,259**	0,617**	0,759**	0,404**	0,720**						0,400**	0,136**	0,495	
	схил				0,522**	0,230**	0,580**	0,705**	0,351**	0,684**						0,410**	0,148**	0,493	
2019 (ННПЦ)	вододіл							0,580**	0,304**	0,606**	0,748	0,451	0,736**			0,380**	0,156**	0,508**	
	схил							0,603**	0,327**	0,621**	0,747	0,450	0,732**			0,400**	0,170**	0,514**	
Серед- не зна- чення	вододіл	0,365	0,137	0,493	0,605	0,293	0,633	0,670	0,354	0,663	0,698	0,369	0,698	0,499	0,197	0,568	0,390	0,146	0,502
	схил	0,376	0,144	0,498	0,586	0,285	0,619	0,654	0,339	0,653	0,669	0,353	0,679	0,507	0,200	0,574	0,405	0,159	0,503

*Фенологічні стадії росту за ВВСН (Lancashire et al., 1991 [17]).

**Доведена суттєва різниця за T_{st} між значеннями «вододіл»-«схил» при $\alpha=0,05$.

Швидше за все, саме показник GNDVI найбільш точно висвітлює «азотні» чинники впливу еродованості ґрунтів на обсяги накопичування біомаси. Це пов'язано з тим, що «зелений» NDVI (GNDVI), набагато більш чутливий до концентрації хлорофілу в листях, яка, своєю чергою, визначається азотним живленням рослини.

Спільний графік (Рис. 2) розподілу значень вегетаційних індексів NDVI, EVI та GNDVI протягом вегетаційного періоду соняшника (середні значення, виведені з даних на еродованих (схил) і нееродованих (вододіл) ґрунтах на обох об'єктах за 2017-2019 рр.) вказує на практично синхронну їх динаміку.

Максимальні значення спостерігаються у фенологічні фази 2 – «Початок бутонізації», 3 – «Бутонізація» і 4 – «Цвітіння» (Згідно з ВВСН [17], Principal growth stage – «Inflorescence emergence» і «Flowering emergence»). Мінімальні – у фенологічні фази 1 – «2-3 пари листків» («Leaf development»), 5 – «Побуріння кошиків» («Development of fruit») і 6 – «Достигання насіння» («Ripening»).

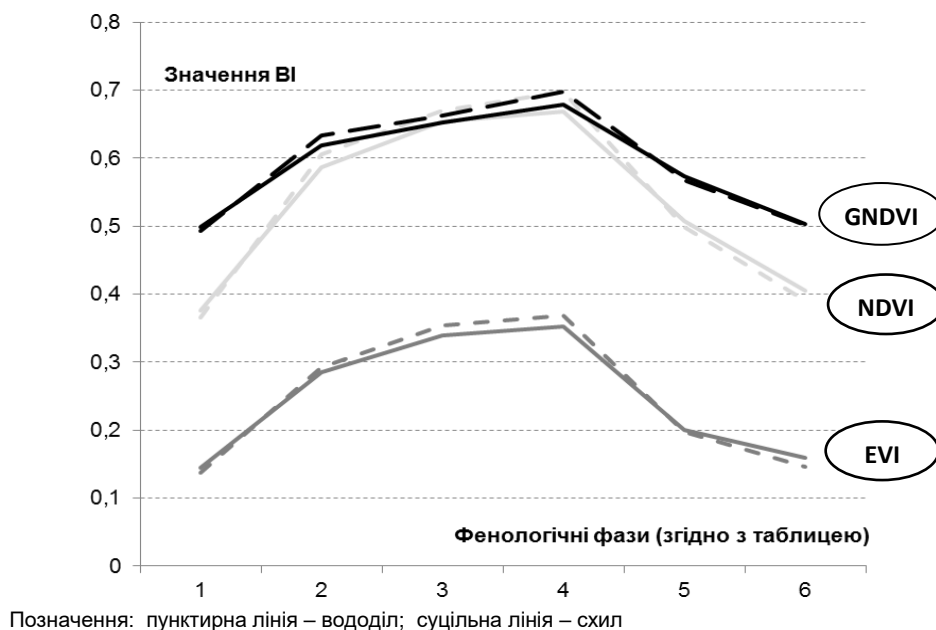


Рис. 2. Динаміка вегетаційних індексів (VI) на посівах соняшнику (середні значення для двох об'єктів у 2017- 2019 рр.)

4. Висновки

Кількісний аналіз відбивної здатності посівів соняшнику по ключових ділянках за результатами зондування сканера OLI, який знаходиться на борту американського супутника Ландсат-8, показав, що на схилових чорноземах південних еродованих величина вегетаційного індексу GNDVI на етапах «початок бутонізації», «бутонізація» та «цвітіння» суттєво менша ніж на нееродованих ґрунтах на вододілах, що свідчить про певний дефіцит азоту на цих ґрунтах. Своєю чергою це віддзеркалюється в обсягах фотосинтетично активної біомаси на цих етапах органогенезу, що фіксується збільшеними значеннями вегетаційних індексів NDVI та EVI.

Отже, для дистанційної ідентифікації еродованих південних ґрунтів з метою їх картування, можна використовувати зображення сканера OLI відбивної здатності посівів соняшнику в фази наростання фотосинтетично активної біомаси з подальшим часовим та просторовим аналізом значень вегетаційних індексів GNDVI, NDVI та EVI. Опрацьований методичний підхід дозволяє перед початком картографування дистанційно ідентифікувати наявність еродованих ґрунтів.

Список використаних джерел

1. Ачасов А.Б., Ачасова А.О. Методичні основи сучасного просторового моніторингу ґрунтів. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Сер.: Екологія*. 2011. 944 (6). С. 20-27. URL: <https://periodicals.karazin.ua/ecology/article/view/751/542>.
2. Бындыч Ю.Т., Коляда Л.П., Трускавецкий С.Р. Современные подходы к дистанционной фитоиндикации состояния почвенного покрова. *Почвоведение и агрохимия*. 2015. № 2(55). С. 30-37. URL: http://aw.belal.by/russian/science/soilandagro_pdf/55/55-3.pdf.
3. Великомасштабне дослідження ґрунтового покриття України – стратегічний захід ефективного збалансованого його використання./ Петриченко В.Ф., Заришняк А.С., Балюк С.А. [та ін.] *Вісник аграрної науки*. 2013. №5. С. 5-13. URL: www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/cgiiirbis_64.

4. Analysis of vegetation indices to determine nitrogen application and yield prediction in maize (*Zea mays* L.) from a standard UAV service./ A. Maresma, M. Ariza, E. Martinez [et al.]. *Remote Sensing*. 2016. 8. P. 973-987. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8120973>.
5. Estimating foliar nitrogen in eucalyptus using vegetation indexes / L.F.R. Oliveira, M.L.R. Oliveira, F.S. Gomes, R.C. Santana. *Scientia Agricola*. 2017. 74. P. 142-147. DOI:10.1590/1678-992X-2015-0477.
6. Proximal optical sensors for nitrogen management of vegetable crops: a review / F.M. Padilla, M. Gallardo, M.T. Pena-Fleitas, R. Souza [et al.]. *Sensors*. 2018. 18. P. 2083-2105. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18072083>.
7. Huete A.R. A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*. 1988. 25. P. 295-309. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X).
8. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices / A. Huete, K. Didan, T. Miura [et al.]. *Remote Sensing of Environment*. 2002. 83. P. 195-213. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2).
9. Broge N.H., Leblanc E. Comparing Prediction Power and Stability of Broadband and Hyper spectral Vegetation Indices for Estimation of Green Leaf Area Index and Canopy Chlorophyll Density. *Remote Sensing of Environment*. 2000. 76. P. 156-172. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00197-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00197-8).
10. Applicability of green-red vegetation index for remote sensing of vegetation phenology / T. Motohka, K.N. Nasahara, H. Oguma, S. Tsuchida. *Remote Sensing*. 2010. 2. P. 2369-2387. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs2102369>.
11. Vegetation indices: Advances made in biomass estimation and vegetation monitoring in the last 30 years / N.G. Silleos, T.K. Alexandridis, I.Z. Gitas, K. Perakis. *Geocarto Intern.* 2006. 21(4). P. 21-28. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106040608542399>
12. Екологічний стан ґрунтів України / С.А. Балюк, В.В. Медведєв, М.М. Мірошніченко [та ін.]. *Український географічний журнал*. 2012. 2. С. 38-42. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz>.
13. Huete A., Justice C., van Leeuwen W. MODIS Vegetation Index (MOD13) Algorithm Theoretical Basis Document. Version 3. 1999. 120 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/268745810_MODIS_vegetation_index_MOD13/link/569182f408aee91f69a51e8e/download.
14. Кохан С.С., Востоков А.Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи. Київ: Вища школа. 2009. С. 511. URL: https://scholar.google.com.ua/scholar?hl=en&as_sdt=0,5&cluster=10259588037180298716.
15. Дистанційний моніторинг стану посівів озимої пшениці впродовж весняно-літньої вегетації 2016 р. За вегетаційними індексами супутника Sentinel-2A (на прикладі Лісостепової зони України) / Г.М. Жолобак, О.М. Сибірцева, М.В. Ваколюк, Ю.В. Захарчук. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2017. 15. С. 23-30. URL: <https://ujrs.org.ua/ujrs/article/view/115>.
16. Agronomic and Economic Potential of Vegetation Indices for Rice N Recommendations under Organic and Mineral Fertilization in Mediterranean Regions / B. Moreno-García, M. Casterad, M. Guillén, D. Quílez. *Remote Sensing*. 2018. 10(12). P. 2-21. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10121908>.
17. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds / P.D. Lancashire, H. Bleiholder, P. Langeluddecke [et al.]. *Ann. Appl. Biol.* 1991. 119 (3). P. 561-601. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x>.
18. Montandon L.M., Small E.E. The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI. *Remote Sensing of Environment*. 2008. 112. P. 1835-1845. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.09.007>.
19. Wu C., Niu Z., Gao S. Nondestructive estimation of canopy chlorophyll content using Landsat TM and Hyperion image. *International Journal of Remote Sensing*. 2010. 31. P. 2159-2167. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161003614382>.

UDC 631.42+528.855

Diagnosis of chernozem southern eroded using of Landsat-8 multispectral satellite images

S.G. Chornyi*, D.Sh. Sadova**Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine*** E-mail: s.g.chornyy@gmail.com

Detailed maps of the soils that used for planning and carrying out of agrotechnical and amelioration and the rational use of the territory require immediate updates. The current stage mapping of soils can be carried out only with the use of GIS-technologies and remote methods, which most adequately reflect the spatial structure of the soil, highlighting the boundaries of the individual soil types and the diagnosis, in particular the degree of erosion. Despite the existence of direct methods for studies of the optical characteristics of the surface of the soil using satellite images, for distant learning, in particular, with the purpose of mapping, it is necessary to study the condition of agricultural vegetation, which reflects certain soil properties. The purpose of the research was to develop a methodological approach to the identification of eroded chernozems southern by assessing the reflectivity of sunflower crops, which is the most common crop in the region. Previous studies allowed to identify two key areas of the contours of eroded soils and, in 2017-2019, the results of multispectral surface scans of agro-landscapes by an OLI scanner aboard on the Board of the USA satellite Landsat-8, studies were conducted reflectivity of sunflower crops. Quantitative analysis of the reflectivity of sunflower crops showed that on the slopes with the eroded chernozem southern, the magnitude of the vegetative index GNDVI at the principal growth stage – «Inflorescence emergence» and «Flowering emergence» are significantly less than in watersheds with soils no eroded, indicating nitrogen deficiency in these soils. In turn, this reflected in the amounts of photosynthetic active biomass at these stages of organogenesis, which recorded increased values of vegetation indices NDVI and EVI. Therefore, for remote identification of eroded chernozem southern with the aim of mapping, it is possible to use the image scanner OLI reflectance of sunflower crops in the phase of increase of the photosynthetic active biomass with the subsequent temporal and spatial analysis of the values of the vegetation index GNDVI, NDVI and EVI.

Keywords: soil maps; multispectral scanning; crop reflectivity; vegetation indices; GNDVI; NDVI; EVI.

Citing: Chornyi S.G., Sadova D.Sh. 2020. Diagnosis of chernozem southern eroded using of Landsat-8 multispectral satellite images. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 89. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 83-89. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-09>.