

УДК 631.4:551.43

Визначення впливу водного режиму ґрунтів на ступінь їх деградації з використанням космічних знімків та даних наземної польової завірки

І. Ф. Романчук *

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України”, Київ, Україна

Застосовано польові та дистанційні методи визначення вологості у верхньому шарі ґрунтового покриву. співставлення даних польових вимірювань вологості ґрунту та результатів обробки знімків Sentinel-2 виявило їх кореляційну залежність. на основі даних про вміст води в ґрунтовому шарі виявлено типи деградації присутні на території спостереження, проаналізовано стан рослинності. дослідження проведено на території Барішівського району Київської області, околиці м. Березань.

Ключові слова: вологість ґрунту, прогноз родючості, родючість ґрунту, Sentinel, мікрозападнинні форми рельєфу, індекс NDVI, індекс NWI

© І. Ф. Романчук. 2018

Вступ

Родючість ґрунтів перш за все залежить від наявності гумусу. За висновками періодичної доповіді про стан родючості ґрунтів державної установи “Інститут охорони ґрунтів України”, ґрунти, що втрачають значну частку гумусу, стають менш родючими [4]. Нажаль, процес дегуміфікації є сталим процесом. За результатами агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення протягом останніх 4-х турів (1986–2005 рр.) вміст гумусу в ґрунтах України зменшився на 0.5 % (рис. 1).

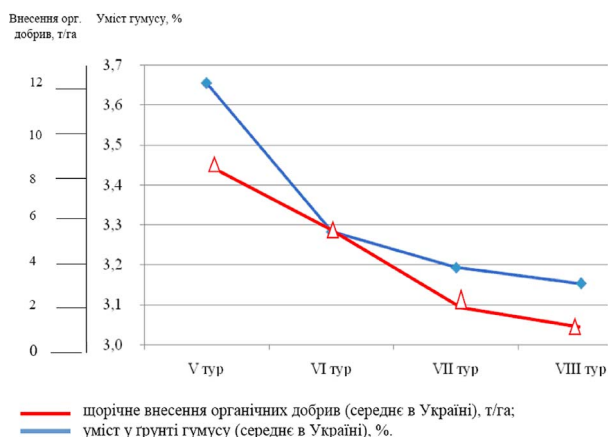


Рис. 1. Динаміка вмісту гумусу в ґрунті та внесення органічних добрив [4]

Втрачаючи гумус, ґрунти знижують свою родючість. основними факторами, які впливають на родючість є вміст поживних для рослин речовин, наявність

вологи, фізико-хімічний склад, біологічні властивості [2]. Виявлення водних властивостей і водного режиму ґрунтів є важливим фактором при їх раціональному використанні. Сезонна динаміка ґрунтових процесів в значній мірі протікає під впливом природних вод. Продуктивність ґрунтів найтіснішим чином пов'язана з їх водним режимом. Заходи меліорації, попередження посухи, боротьба з ерозією і засолення спираються на знання про гідрологію ґрунтів. [3]. Вміст води в ґрунті виявляє його тип та схильність до зміни властивостей [7].

Урожайність сільськогосподарських культур є тим кращою, чим більша родючість ґрунту. Негативним фактором родючості і врожайності є деградація ґрунтів. Оцінки та вивчення процесів деградації ґрунтів є актуальними для проведення сталого землекористування.

Метою роботи є визначення вологих ділянок ґрунтової поверхні за матеріалами дистанційного зондування Землі (ДДЗ) та виявлення типів деградації ґрунтів.

Методи досліджень

Методика визначення вологості ґрунтів, що пропонується, складається з трьох етапів. На першому — польові дослідження, відбір проб ґрунту, на другому — хімічний аналіз проб, їхня цифрова обробка, а на третьому — узгодження та кореляція результатів перших двох етапів.

Перший етап (польові дослідження) було проведено на досліджуваній ділянці (полігоні ДДЗ) Барішівського району Київської області. На північний схід від міста Березань було обрано ділянки сільськогосподарських угідь кукурудзи та пшениці. Координати центру досліджень: 50°20'32.52" пн. ш.

* E-mail: i.romanciuc@gmail.com

та 31°34'48.22" сх. д. На ділянках спостерігаються такі типи деградації ґрунтів, як переуцільнення, поверхневий змив, підтоплення в межах мікрозападинних форм рельєфу.

На місцевості відбиралися проби для визначення вмісту вологості у ґрунтового покриві. Проби ґрунту відбиралися по профілю мікрозападин. Найвищі точки опробування розташовані на вододілах; — далі на схилах мікрозападин, а найнижчі точки — у центральній частині мікрозападин.

Вологість ґрунту визначалась у лабораторних умовах термостатно-ваговим методом, що полягає у висушуванні та зважуванні зразків ґрунту. У лабораторії вологий ґрунт, який був відібраний на ділянках під час польових робіт спочатку зважували у бюксі та сушили у сушильній шафі при температурі 105°С не менш 6-ти годин, до постійної ваги. Далі зважували висушений ґрунт у бюксі.

Вологість ґрунту визначається за формулою:

$$H_2O = \frac{B_1 - B_2}{B_2 - B} * 100\% \quad (1)$$

де N_2O — вологість ґрунту, (%) від маси сухого ґрунту, B — маса порожнього бюксу (r), B_1 — маса бюксу з вологим ґрунтом до сушки (z), B_2 — маса бюксу з сухим ґрунтом після сушки (r) [11].

За результатами даних встановлено, що найбільш сухою частиною поля є привододільні ділянки, а днища мікрозападин відповідають найвологішим показникам.

На другому етапі досліджень була проведена обробка даних дистанційного зондування Землі — космічних знімків (КЗ) супутника Sentinel-2 Європейського космічного агентства (<https://sentinels.copernicus.eu>). На офіційному сайті Sentinel було переглянуто та обрано знімки, які відповідали датам польових робіт.

Класифікація космічних знімків дозволила виявити найпроблемніші від'ємні форми рельєфу. Обробка космічних знімків включала методи класифікації: максимальної правдоподібності (*maximum likelihood*), відстані махаланобіса (*mahalanobis distance*), мінімальної відстані (*minimum distance*). Найкращі результати було отримано при використанні методу мінімальної відстані. Результати класифікації дозволили виявити найбільш вологі ділянки. На КЗ Sentinel-2 від 08.04.2016 чітко виділяються мікрозападини. Блакитні плями на класифікованих КЗ відображають найбільш зволожені ділянки території, які відповідають мікрозападинам (рис. 2).

Для виявлення скупчення мікрозападин, які характеризуються підвищеною зволоженістю земного покрива, ефективним є використання водних індексів, які обчислюються за матеріалами багатоспектральної та гіперспектральної космічної зйомки, використовуючи спектральне відбиття у інфрачервоному діапазоні

електромагнітних хвиль, що добре відображають зволожені ділянки земного покрива [7].

Вміст вологи у верхньому шарі ґрунтового покрива обчислювався за допомогою нормалізованого водного індексу (*normalized water index - nwi*), що розраховується на основі нормованої різниці спектрального відбиття в зеленій та середній інфрачервоній смугах спектра багатоспектральних супутникових даних. Індекс розраховується за формулою:

$$NWI = \frac{GR(560) - SWIR(1650)}{GR(560) + SWIR(1650)} \quad (2)$$

де $GR(560)$ — спектральне відбиття в діапазоні довжини хвиль 540–580 нм, що відповідає зеленому спектральному каналу (канал 3) зйомки Sentinel-2; $SWIR(1650)$ — спектральне відбиття в діапазоні довжини хвиль 1570–1660 нм, що відповідає середньому інфрачервоному каналу (11 канал) Sentinel-2.

За значеннями індексу було встановлено розповсюдження западин мікрорельєфу, які характеризуються підвищеною зволоженістю і, як правило, відповідають ділянкам живлення підземних вод [12, 7].

Вологість та родючість ґрунтів мають прямий взаємозв'язок. Щоб побачити ступень родючості, було використано вегетаційний індекс *ndvi* (*normalized difference vegetation index*) — нормалізований різницевий вегетаційний індекс [6, 8, 7]. Вегетаційний індекс розраховується за формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (3)$$

де NIR — значення спектрального відбиття в діапазоні довжин хвиль, що відповідає червоній зоні спектру, Red — значення спектрального відбиття в діапазоні довжин хвиль, що відповідає ближній інфрачервоній зоні спектру.

Індекси розраховувалися на наступні дати, які відповідали польовим роботам: 08.04.2016, 28.04.2016, 17.06.2016 та 17.07.2016 р.

Результати досліджень

Щоби зробити оцінку можливого кількісного зв'язку між значеннями водного індексу *nwi* та процентним вмістом вологи в поверхневому шарі ґрунту (10 см), для подібних метеорологічних умов на час зйомки, було виконано оцінку кореляції між значеннями вологості ґрунту поверхні в певних точках та індексу *nwi*, обчисленого за формулою (2) у пікселях, що відповідали точкам опробування.

Лінійна кореляція із використанням індексу розраховувалась за формулою:

$$Y = BX + A \quad (4)$$

де A, B — фіксовані коефіцієнти, X — змінна, яка відповідає вологості земного покрива у %. Ко-

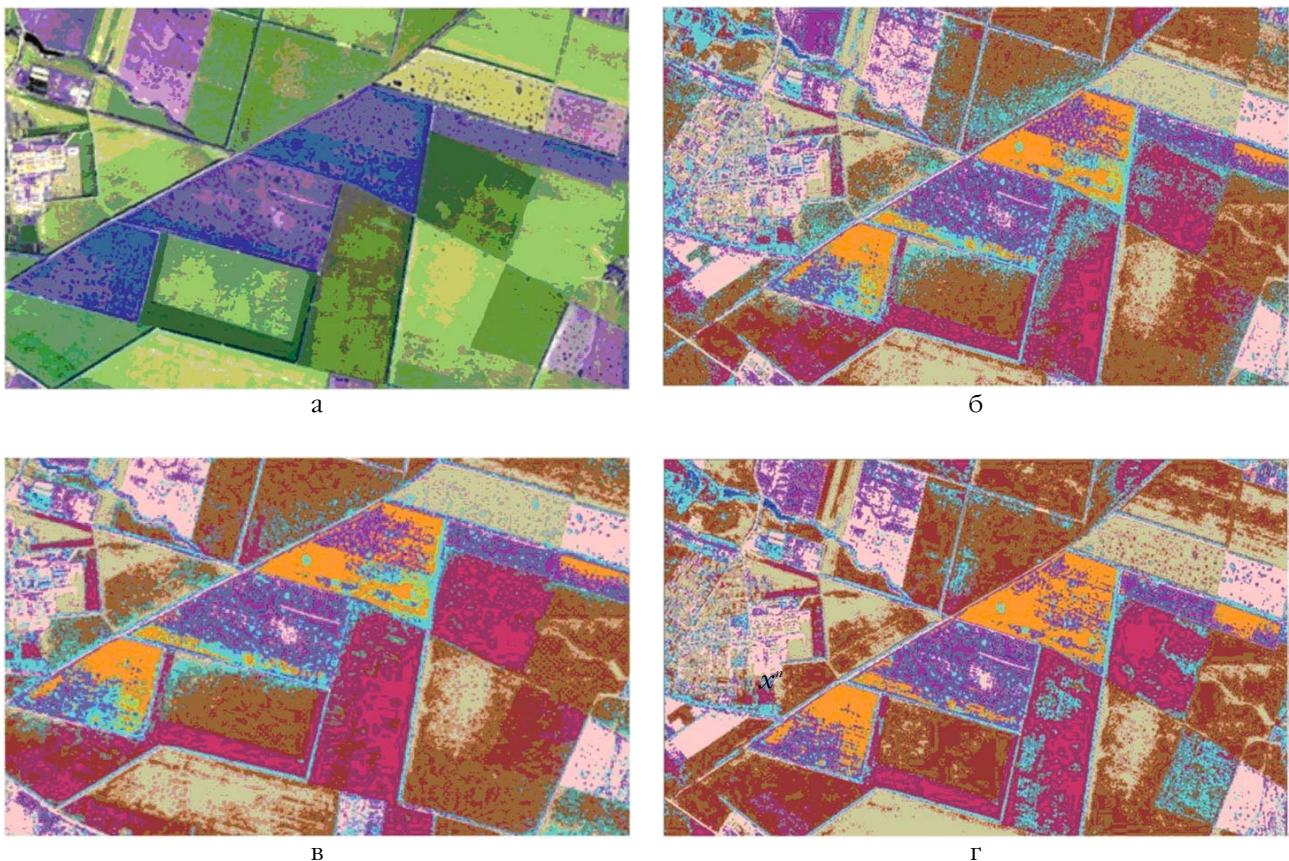


Рис. 2. Знімки супутника Sentinel-2 та класифікація сільськогосподарських угідь м. Березань: а) фрагмент знімку у комбінації каналів swir+ nir+green; б) метод максимальної правдоподібності; в) метод відстані Махаланобіса; г) метод мінімальної відстані

ефіцієнт кореляції $R^2 = 0.56$. На рис. 3 залежність відображено прямою лінією.

Поліноміальна кореляція обчислена за формулою:

$$Y = a_0 + a_1x + \dots + a_n \quad (5)$$

де a — фіксовані коефіцієнти, x — змінна, яка відповідає вологості земного покриття у %. Поліноміальна кореляція другого порядку має значення $R^2 = 0.99$. На рис. 3 поліноміальна залежність відображена параболою.

Попередньо отримані кореляційні залежності між значенням вологості ґрунту та індексом *nwi* дозволяють проводити оцінку розподілу зволоженості відкритого ґрунтового покриття за даними Sentinel-2 за умови калібрування залежностей, використовуючи наземні завіркові дані [6].

У рамках дослідження для тестового полігону за даними Sentinel-2 виконано аналіз розподілу мікрозападинних форм рельєфу, які в лісостеповій зоні України мають значне поширення, можуть займати великі площі і впливати на водний режим території [10]. Окрім того в межах мікрозападин існують певні особливості ґрунтоутворення та рослинності.

Як правило навесні, після сніготанення та злив, на поверхню надходить значна кількість вологи на-

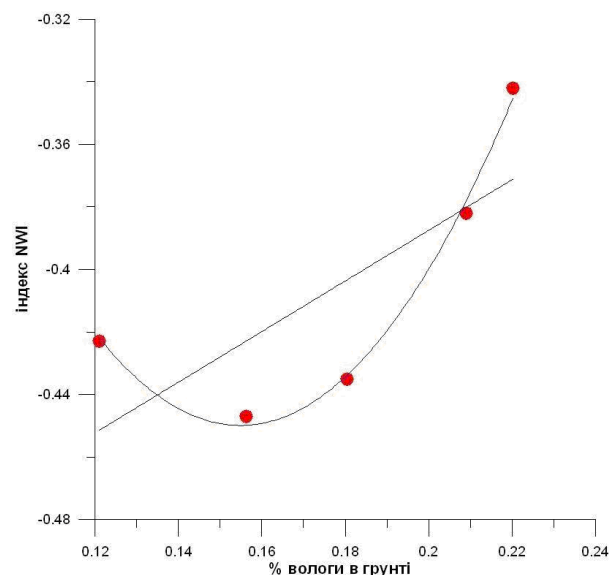


Рис. 3. Графік розподілу вологості ґрунтового покриття у точках опробування відібраних 08.04.2016р. точки — значення вологості поверхневого шару ґрунту, лінії—кореляційні криві

сичуючи та перенасичуючи ґрунтовий покрив [5]. У цей період у днищах мікрозападин накопичується значна кількість вологи. За результатами розрахунків відсотку вологості ґрунту та водного індексу

ndvi, можна побачити, що як правило центр мікрозападни в два рази вологіший за вододільні ділянки [6]. Застійний водний режим в центральних частинах значних за розмірами мікрозападни, глибина яких перевищує 1 м, призводить до заболочування, затримки росту посівів або їх вимокання. У перезволожених та заболочених мікрозападинах відбувається деградація орних земель. Типові чорноземи заміщуються чорноземно-лучними ґрунтами. В результаті процесів оглеєння на дні мікрозападни змінюється видове різноманіття [1, 9, 10]. На ділянках дослідження днища заростають чагарниками і гідрофільною трав'янистою рослинністю: очерет (*Scirpus*), малочай болотний (*Euphorbia palustris*), а також мохи різних видів (*Bryophyta*).

Слід відмітити, що в межах неглибоких мікрозападни, весняне затоплення швидко зникає. Вже до початку літа пригніченість посівів у западинах зменшується. Ближче до середини літа рослинність стає більш рівномірною. Ґрунти літом у мікрозападинах має кращу зволоженість. Внаслідок цього центральні частини мікрозападни посіви мають кращі показники біомаси, що підтверджує вегетаційний індекс *ndvi*.

У процесі розвитку збільшуються площа та глибина мікрозападни. спостерігається об'єднання низки западн долинноподібними безрусловими пониззями у систему від'ємних форм рельєфу в межах яких формуються лугові ґрунти з іншими типами трав'янистості та чагарникової рослинності і з більш потужною кореневою системою та кроною (рис. 4, 5).

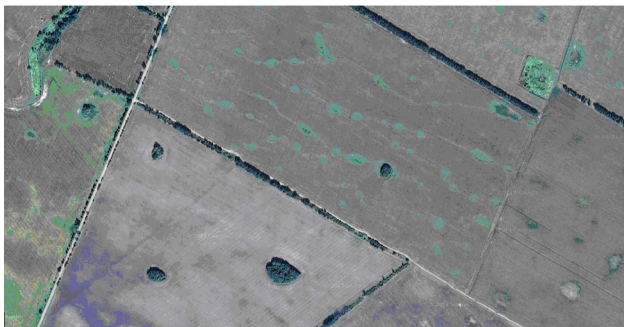


Рис. 4. Мікрозападни та долиноподібні пониззя, що їх з'єднують

За даними карти схильності ґрунтів до переущільнення інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського, на території дослідження виявлена висока загроза процесу переущільнення ґрунтового покриву. Ці процеси призводять до зниження циркуляції води у горизонтах ґрунтів, та як наслідок до площинного змиву. У понижених ділянках полів змивається не тільки верхній гумусний шар ґрунтового покриву, а також добрива, якими обробляється поле [8]. У мікрозападинах таким чином концентрується не тільки вода, а й органічні та міне-

ральні речовини [1, 5]. Показники рослинності краще у мікрозападинах за рахунок більшого зволоження у літній період а також за рахунок змивання з поверхні поживних речовин у центр западн, таким чином формуючи родючу поверхню для рослинності.

Висновки

Дослідження підтвердили, що для розрахунків значення вологості ґрунтового покриву підходять знімки високої просторової розрізненості, а саме — КЗ Sentinel. Використаний водний індекс дає гарну кореляцію зі значеннями вологості ґрунтового покриву, відібраними на місцевості, що підтверджує доцільність його використання.

Методом спостереження вологості в межах детальних ділянок добре виявляється такий вид деградації як мікрозападни форми рельєфу земної поверхні. виявлено два види впливу мікрозападни на стан ґрунтового покриву і врожайність. Перший — незворотна зміна ґрунту, рослинності, водообігу у значних за розмірами мікрозападинах (діаметр 200 м, глибина 1 м) і, як наслідок, виведення їх з орних земель. Другий — в межах мікрозападни незначних за розмірами та улоговин, що їх з'єднують відмічається підвищене зволоження, збільшення потужності гумусного шару та кількості добрив за рахунок змиву з оточуючих ділянок, що проявляється у покращенні показників рослинного покриву.

На території Баришівського району Київської області переважають такі типи деградації як виснажен-



Рис. 5. Загальний вигляд території дослідження на космічному знімку Google

ня ґрунтового покриву, нерівномірне зволоження поверхневих відкладів за рахунок просадкових явищ, площинний змив верхніх шарів ґрунту.

Література

1. Азімов О. Т. Дослідження геодинамічних процесів у зонах аномального масопереносу / О. Т. Азімов, В. М. Бублясь // Вісник КНУ. Геологія. — 2005. — №34–35. — С. 97–102.
2. Долгов С. И. Основные закономерности поведения по-

- чвенной влаги и их значение в жизни растений / С. И. Долгов. Биологические основы орошаемого земледелия. — М.: 1957. — С. 635–654.
3. Ковда В. А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса / В. А. Ковда. — Кн. 2. — М.: — Наука, 1973. — 468 с.
 4. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України [електронний ресурс] / Мін. аграрн. політ. України, Нац. акад. аграрн. наук. України; затвердж.: Присяжнюк М. В., — К.: 2010. — 113 с. — Режим доступу <http://www.ioqu.gov.ua/>. — Назва з екрану.
 5. Райська А. Ю. тенденція розвитку мікрозападинних морфоскульптур на меліоративних землях на прикладі осушувальної системи “кучинівка” / А. Ю. Райська, А. С. Гнида // Наукові записки СумДПУ імені А. С. Макаренка. Серія географічні науки. — 2017. — вип. 8. — С. 34–39.
 6. Романчук І. Ф. Оцінка вологості ґрунту за допомогою супутникових знімків Sentinel-2 (на прикладі Баришівського полігону Київської області) / І. Ф. Романчук, О. І. Сахацький, О. А. Апостолов // Допов. Нац. акад. наук Укр. — 2018. — № 1. — С. 60–66.
 7. Сахацький О. І. Використання матеріалів багатоспектральних супутникових зйомок для оцінки водообміну ґрунтових вод (на прикладі басейну р. Трубіж) / О. І. Сахацький // Геол. журн. — 2009. — № 3. — С. 79–89.
 8. Сахацький О. І. Методологія використання матеріалів багатоспектральної космічної зйомки для вирішення гідрогеологічних задач: дис. док. геол. наук: 05.07.12 : захищена 23.03.10 / Сахацький Олександр Ілліч. — К., 2009. — 384 с.
 9. Слюта В. Б. Характеристика западинного рельєфу басейну р. Удай, його особливості та класифікація / В. Б. Слюта // Меліорація і водне господарство. — 2011. — вип. 99. — С. 137–147.
 10. Стародубцев В. М. К оценке пространственной неоднородности почвенного покрова равнинной лесостепи / В. М. Стародубцев, Л. В. Анискевич, Б. В. Урбан // Научные труды sworld. — 2015. — №3 (40). — Т. 11. — С. 113.
 11. Цитович И. К. Химия с сельскохозяйственным анализом / И. К. Цитович. — Изд. 2-е, Перераб и доп. — М.: Колос, 1974. — 527 с.
 12. Шестопалов В. М. В. Н. О формировании западно-канальных структур миграции / В. М. Шестопалов, В. Н. Бублясь // Геол. журн. — 2016. — №3 (356). — С. 73–88.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ НА СТЕПЕНЬ ИХ ДЕГРАДАЦИИ ИСПОЛЬЗУЯ КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ И ДАННИЕ НАЗЕМНОЙ ПОЛЕВОЙ ЗАВЕРКИ

І. Ф. Романчук

Использованы полевые и дистанционные методы определения влажности в верхнем слое почвы. Сопоставлением данных полевых измерений влажности почвы и результатов обработки снимков Sentinel-2 выявлена их корреляционная зависимость. На основе данных о содержании влажности в почвенном слое определен тип деградации на территории исследования, проанализировано состояние растительности. исследования проводились на территории барышевского района Киевской области, близ г. Березань.

Ключові слова: влажность почвы, деградация почвы, снимки sentinel, микрозападинные формы рельефа, индекс ndvi, индекс nwi

INVESTIGATION THE INFLUENCE OF SOIL'S MOIDTURE REGIME ON THEIR DEGRADATION USING THE REMOTE SENSING AND GROUND FIELD VERIFICATION

I. F. Romanciuc

In the article were used the field and distance methods of determination of moisture content in the upper layer of soil cover. Comparison of field measurements of soil moisture and Sentinel-2 image processing results revealed their correlation. On the basis of the moisture content data in the soil layer and the vegetation state analysis the soil fertility prediction was made. The research were done near Berezan, the Baryshivskiy raion in east-central Kiev Oblast of Ukraine.

Keywords: Soil Moisture, Soil Degradation, Sentinel, Microfacial Relief, NDVI Index, NWI Index