
doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.01.060>

УДК 582.88:551.4

І.Ф. Романчук, О.І. Сахацький, О.А. Апостолов

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук НАН України”, Київ
E-mail: i.romanciuc@gmail.com

Оцінка вологості ґрунту за допомогою супутникових знімків Sentinel-2 (на прикладі Баришівського полігону Київської області)

Представлено академіком НАН України В.І. Ляльком

Досліджено вологість ґрунту на полях Баришівського полігону Київської області, де переважає такий вид деградації ґрунтового покриву, як мікрозападини рельєфу. У дослідженні використані багатоспектральні супутникові знімки Sentinel-2. Зіставлено дані польових робіт та супутникової зйомки. Запропоновано використання нормалізованого водного індексу (NWI), який відображає хорошу кореляцію із відсотком вологості ґрунту, що отриманий на базі польових робіт. На основі польових та супутникових даних укладена карта зволжених ділянок поверхні. Аналіз даних виявив перезволожені ґрунти на дні мікрозападинних форм рельєфу, внаслідок чого відбувається змінення типу ґрунту та рослинності на дні.

Ключові слова: нормалізований водний індекс (NWI), мікрозападини, вологість ґрунту, супутник Sentinel-2.

Актуальність дослідження. Одним із видів деградації ґрунту є мікрозападинні форми рельєфу. Надлишкове перезволоження мікрозападин призводить до значних збитків у сільському господарстві. Внаслідок щорічного весняно-літнього затоплення відбувається накопичення води у понижених ділянках, які часто сполучаються безрусловитими улоговинами.

У лісостеповій зоні України мікрозападини можуть займати значні площі. Вони впливають на водний режим території. Саме мікрозападини виконують основну функцію живлення та поповнення ґрунтових вод. На ділянках розвитку мікрозападин фіксуються зони підвищеної фільтрації вологи і розчинених (у тому числі забруднювальних) речовин. Вивчення зон фільтрації через мікрозападинний рельєф набуває актуальності для встановлення процесів забруднення підземних вод [1].

Постійний рух води під час атмосферних опадів, з рівнинних ділянок до мікрозападин спричиняє і постійне перенесення мулистих фракцій ґрунту. Цей процес підтверджується (хоча й неоднозначно) збільшенням вмісту мулу у верхньому горизонті ґрунтового профілю. Водночас унікальна стабільність мікрозападин і їх багаторічне існування підтверджує, що денудаційні процеси не можуть призвести до вирівнювання поверхні й ліквідації таких

© І.Ф. Романчук, О.І. Сахацький, О.А. Апостолов, 2018

мікрозападин природним шляхом [2]. Тобто існує певний баланс між привнесенням ґрунтових мас денудаційними процесами в мікрозападини та виносом речовини у підстильні шари відкладів та підземні води.

Метою роботи було укладання карти вологості ґрунтового шару, за допомогою чого можна визначити найвологіші ділянки території, яким відповідають мікрозападинні форми рельєфу.

Характеристика території дослідження. Ділянка досліджень розташована на вододілі річок Недра та Супій, Баришівського району Київської області. Дослідження вологості ґрунту проводились на північний схід від селища Березань (рис. 1).

Територія досліджень розташована в межах лісостепової зони України, більшу частину якої займають неглибокі, слабко гумусні, вилугувані чорноземи, сформовані переважно на лесових породах, та неглибокі лісостепові чорноземи, розвинуті переважно на лесових породах.

Серед усіх типів деградації ґрунтового покриву на території досліджень переважають водна денудація та ерозія, заболочування, вилугування. За рахунок просідання ґрунтів на території з'являються мікрозападинні форми рельєфу — понижені ділянки поверхні, які періодично заповнюються водою. Спостерігаються мікрозападини, що мають округлу та лінійно-округлу планову конфігурацію. Генетично мікрозападини поділяються на: просадкові (просідання ґрунтів з нерівномірним зволоженням на окремих ділянках), суфозійні (вибіркове винесення легкокорозинних елементів із покривних відкладів), полігенетичні (степові блюдця, поди — природа яких має декілька чинників) [3].

За рахунок того, що на території переважають лесові типи ґрунтів, значно змінюється водний режим. Лесові породи є відносно водотривкими і затримують поповнення ґрунтових вод, внаслідок чого вода накопичується у мікрозападинах і поступово фільтрується у горизонти ґрунтових та підземних вод.

Потоки поверхневих вод змивають верхній шар ґрунту у пониження рельєфу таким чином, що в мікрозападинах концентруються добрива, які використовуються на полях. Застій води

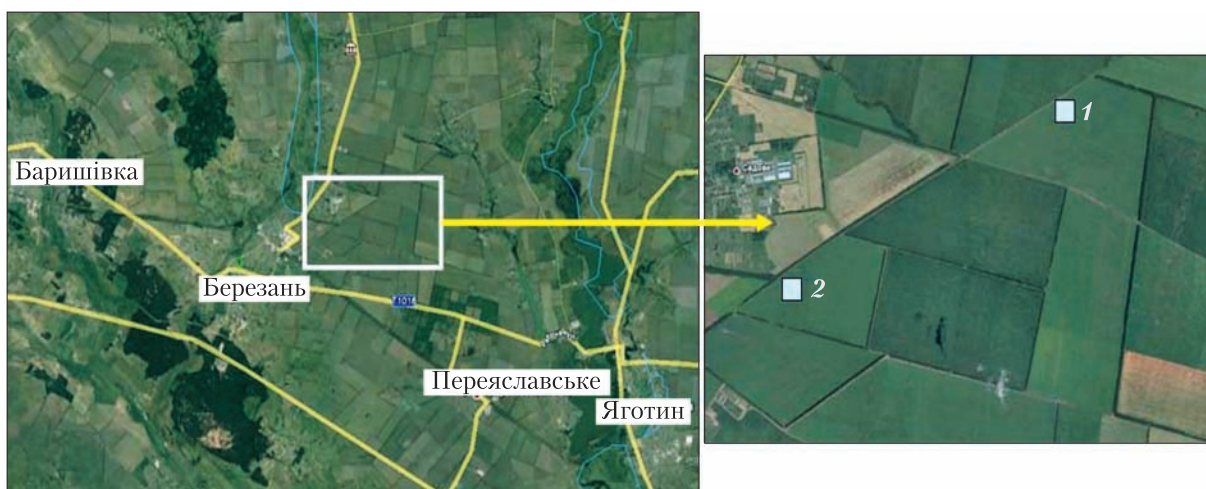


Рис. 1. Загальний вигляд території дослідження в програмному продукті Google Earth. Поля 1 та 2 — місця відбору проб на вологість ґрунту

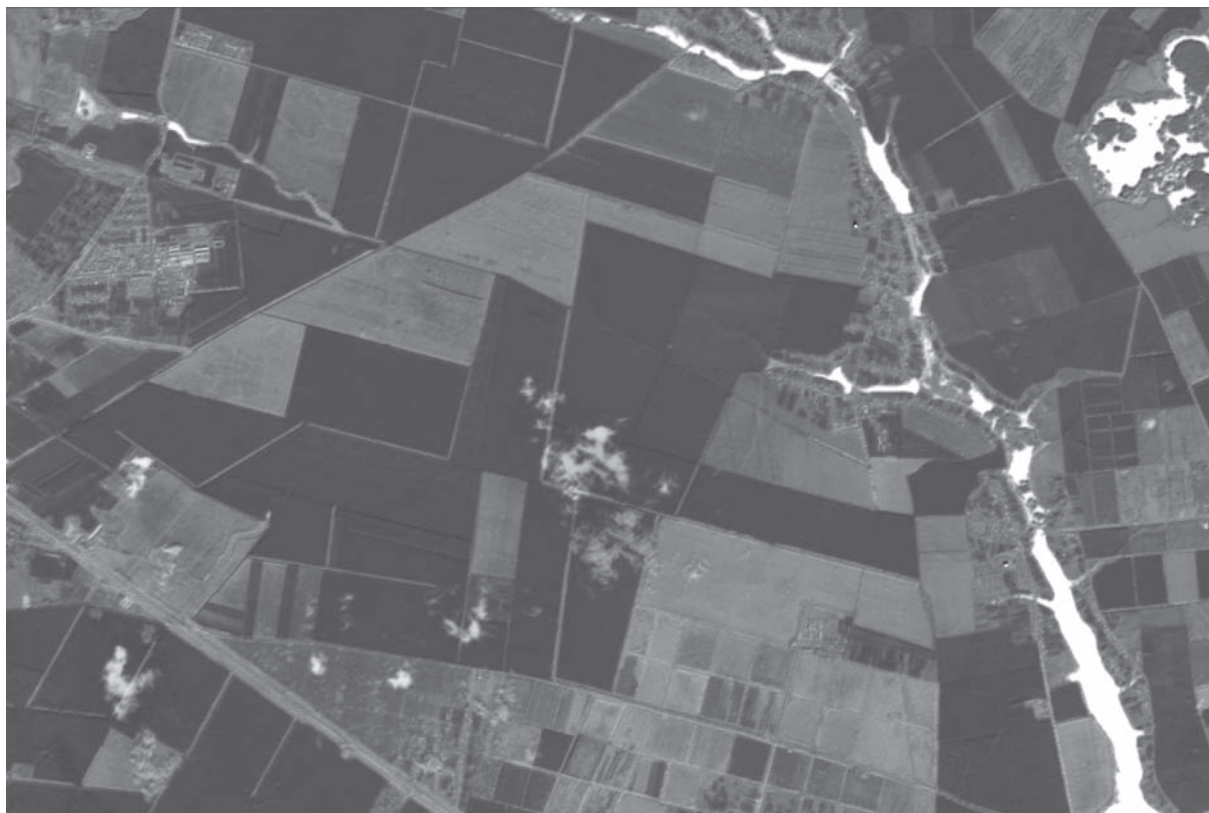


Рис. 2. Ділянка з розрахованим індексом вологості ґрунту (NWI)

у мікрозападинних формах призводить до заболочування ґрунту, затримки росту рослин та зміни типу рослинності в межах понижень.

Методи дослідження. Польові виміри та обробка космічних знімків (КЗ) проводилися за методикою, розробленою у ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України” О.І Сахацьким [4].

Ділянкою дослідження було обрано полігон у Баришівському районі Київської області. Польові виїзди на дослідний полігон з відбором проб на вологість ґрунту проведені 08.04.2016, 28.04.2016, 10.05.2016, 17.06.2016, 11.07.2016. Разом з польовими даними було накопичено базу супутникових знімків на період дослідження:

Дати космічної зйомки

Супутникові знімки Sentinel: 07.04.2016, 08.04.2016, 28.04.2016, 01.05.2016,
13.05.2016, 17.06.2016, 17.07.2016

Супутникові знімки Landsat: 16.03.2016, 08.04.2016, 10.05.2016

Дати польових робіт

08.04.2016, 28.04.2016, 10.05.2016, 17.06.2016,
11.07.2016

Вологість ґрунту визначали в лабораторних умовах термостатно-ваговим методом, що полягає у висушуванні та зважуванні зразків ґрунту [5].

Як індикатор, що характеризує стан зволоження земного покриття та водообмін у верхньому шарі ґрунту, запропоновано нормалізований водний індекс (Normalized Water Index (NWI)) [4]. Для розрахунків використовували новітні супутникові дані Sentinel-2 на такі дати: 08.04.2016, 28.04.2016, 17.06.2016 та 17.07.2016.

Показано, що на основі індексу NWI можна ефективно виконувати оцінку вмісту вологи як у рослинному покритті, так і у верхньому шарі відкритого ґрунту. Індекс NWI розраховується за формулою:

$$NWI = \frac{GR(560) - SWIR(1650)}{GR(650) + SWIR(1650)}, \quad (1)$$

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 (канал 11) зйомки Sentinel-2.

Значення NWI обчислювали в кожному пікселі на основі залежності (1). На отриманому зображенні з розрахованим індексом NWI (просторовий розподіл індексу NWI) більш зволожені місця виглядають світлішими, і в даному випадку світлі плями на зображенні в межах полів відповідають западинам мікрорельєфу, що частково заповнені водою (рис. 2).

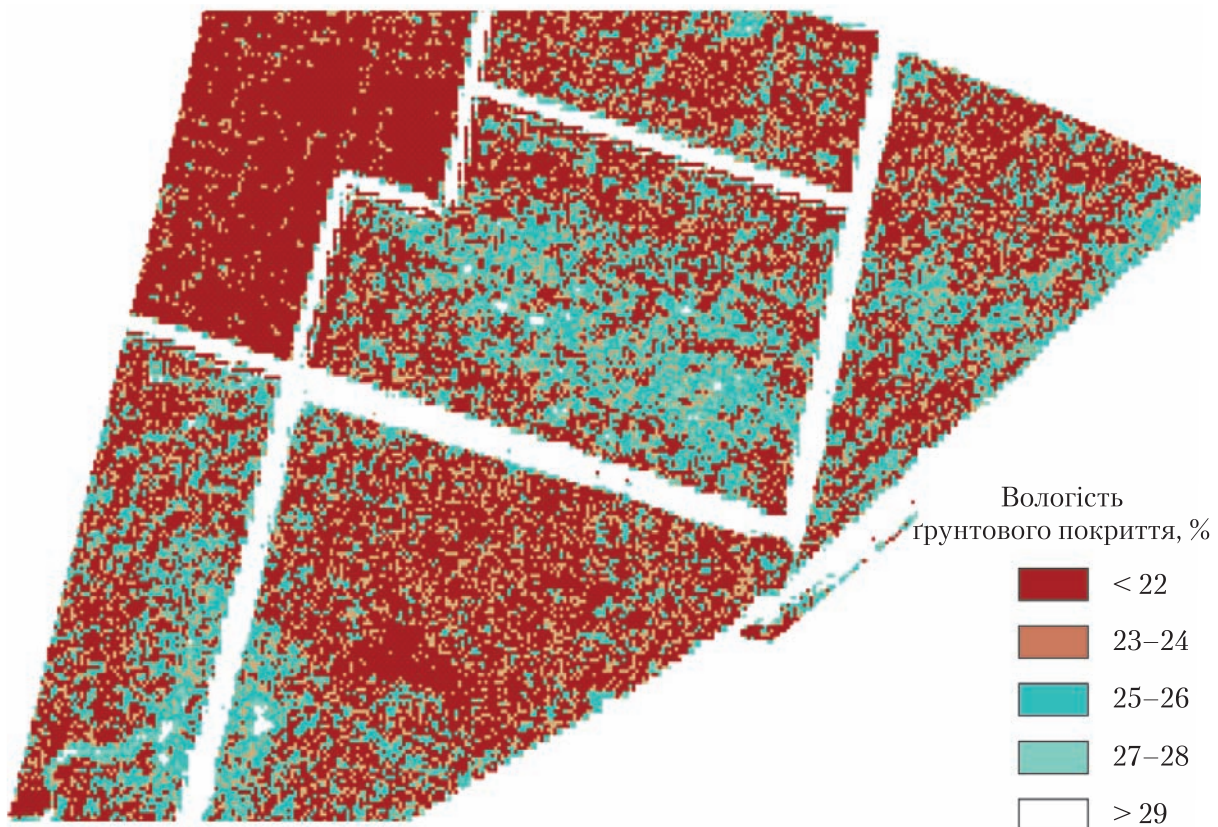


Рис. 3. Карта вологості ґрунтового покриття

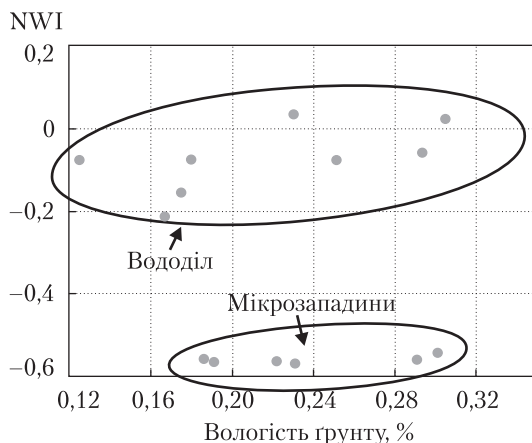


Рис. 4. Графік розподілу точок відбору проб на відсоток вологості ґрунтової поверхні за 28.04.2016 р.

Значення NWI були розраховані за допомогою програмного забезпечення Erdas Imagine. За допомогою програми Grapher 3 проведено лінійну кореляцію між експериментальними даними вологості ґрунтової поверхні та значеннями NWI, розрахованого за формулою (1).

Щоб оцінити можливий кількісний зв'язок між значеннями NWI та процентним вмістом води в поверхневому шарі ґрунту (10 см), для подібних метеорологічних умов на час зйомки, була визначена кореляція між значеннями вологості в точках відбору проб та NWI, обчисленого за формулою (1) у пікселях, що відповідали точкам опробування. Кореляційні залежності між значенням вологості ґрунту та NWI дають змогу оцінювати розподіл зволоженості відкритого ґрунтового покриву за даними Sentinel-2 за умови калібрування залежностей, використовуючи наземні завіркові дані.

Результати дослідження. За результатами кореляційної залежності було побудовано карту вологості поверхневого шару ґрунту (рис. 3), де чітко фіксуються всі мікрозападінні форми з підвищеною вологістю. Шкала вологості розбита на п'ять сегментів (див. рис. 3), які відображають вологість ґрунту у відсотках. Найтемнішим кольором відображено найбільш сухі території, де зволоженість поверхні становить менше 22 %. Білим кольором відтворено найвологіші зони, де майже постійно перебуває вода внаслідок чого відбуваються процеси заболочування, і вологість становить більше 30 %.

Значення відсотка вологості ґрунтового покриву в центрі мікрозападдини та на вододілі значно відрізняються (рис. 4). Як правило, вологість у центрі мікрозападдини в середньому на 8 % вища за вологість ґрунту на вододілі.

Найвологіший період, за метеорологічними даними, був зафіксований на початку травня. Вологість ґрунту в центрі мікрозападдини, відібраного 10.05.16, становила 38 %, на водорозділі – 24 %. Найсухіший період – середина червня, вологість ґрунту, відібраного 17.06.2016, становила 21 % у центрі мікрозападдини та 11 % на водорозділі. У першій половині липня на території спостерігалася велика кількість опадів. Вологість відібраних проб на водорозділі становила 11 %, центр мікрозападин був залитий водою, що відповідає 100 % вологості ґрунтового покриву.

Таким чином, отримано розподіл вологості ґрунтового покриву полів Баришівського полігону за експериментальними даними та даними супутникової зйомки. Встановлено позитивну кореляцію між експериментальними даними та розрахованим NWI на базі супутникових даних Sentinel-2.

Використання NWI може бути ефективним для оцінки евапотранспірації, що підтверджується отриманою кореляційною залежністю між значеннями NWI та евапотранспірації в межах різних типів земного покриття.

Методи обробки космічної інформації варто використовувати для виявлення ділянок перезволожених ґрунтів і впливу їх на врожайність та зміну природних рослинних угруповань.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бублясь В., Бублясь М. Процеси і явища в мікрогеодинамічних зонах покривних відкладів і рівнинних територій. *Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія*. 2013. Вип. 1. С. 42–46.
2. Стародубцев В.М., Яценко С.В., Павлюк С.Д., Ілленко В.В. Вплив водного режиму мікрозападин лісостепу на неоднорідність ґрунтового покриву та його використання. *Зб. матеріалів II Всеукр. з'їзду екологів з міжнародною участю*. Вінниця: ФОП Данилюк, 2009. С.176–179.
3. Бублясь В.Н. Закономерности развития западинных морфоскульптур (степных блюдец) средней части бассейна р. Днепр: дис. ... канд. геол.-минерал. наук / Институт геологических наук АН Украины. Киев, 1993.
4. Сахацький О.І. Методологія використання матеріалів багатоспектральної космічної зйомки для вирішення гідрогеологічних задач: дис. ... д-ра геол. наук / ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України". Київ, 2009.
5. Цитович И.К. Химия с сельскохозяйственным анализом. Изд. 2-е, перераб и доп. Москва: Колос, 1974. 527 с.

Надійшло до редакції 06.07.2017

REFERENCES

1. Bublyas, V. & Bublyas, M. (2013). Processes and phenomena in the microgeodynamic zones of the mantle and flat terrains. *Visnyk Kyiv. nats. un-tu imeni Tarasa Shevchenko. Heolohiia*, No. 1, pp. 42-46 (in Ukrainian).
2. Starodubtsev, V. M., Yatsenko, S. V., Pavliul, S. D. & Illienko, V. V. (2009). Influence of the water regime of the forest-steppe micro depression on the heterogeneity of the ground cover and its use. *Proceedings of the Second All-Ukrainian Congress of Ecologists*. (pp. 176-179). Vinnitsa: FOP Danyliuk (in Ukrainian).
3. Bublyas, V. N. (1993). Regularities in the development of morphosculptures depression (steppe saucers) of the middle part of Dnieper river basin (Unpublished candidate thesis). Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine (in Russian).
4. Sakhatsky, O. I. (2009). Methodology of multispectral space imagery materials usage for solving of hydrogeological problems (Unpublished Doctor thesis). Scientific Center for Aerospace Research of the Earth IGS of the NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine (in Ukrainian).
5. Tsytoich, I. K. (1974). Chemistry with agricultural analysis. Moscow: Kolos (in Russian).

Received 06.07.2017

И.Ф. Романчук, А.И. Сахацкий, А.А. Апостолов

ГУ "Научный центр аэрокосмических исследований Земли
Института геологических наук НАН Украины", Киев
E-mail: i.romanciuc@gmail.com

ОЦЕНКА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ SENTINEL-2 (НА ПРИМЕРЕ БАРЫШЕВСКОГО ПОЛИГОНА КИЕВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Изучена влажность почвы на полях Барышевского полигона Киевской области, где распространен такой вид деградации почвенного покрова, как микропонижения рельефа. В исследовании использованы много-спектральные спутниковые снимки Sentinel-2. Сопоставлены данные полевых работ и спутниковой съемки. Предложено использование нормализованного водного индекса (NWI), который показал хорошую корреляцию с процентом влажности почвы, полученным на основе полевых работ. На основе полевых и спутниковых данных составлена карта увлажненных участков поверхности. Анализ данных показал на-

личие переувлажненной почвы на дне микрозападинных форм рельефа и, как следствие, изменение типа почвы и растительности.

Ключевые слова: *нормализованный водный индекс (NWI), микрозападины, влажность почвы, спутник Sentinel-2.*

I.F. Romanciuc, A.I. Sakhatsky, A.A. Apostolov

Scientific Center for Aerospace Research of the Earth,
Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kiev
E-mail: i.romanciuc@gmail.com

THE ESTIMATION OF SOIL HUMIDITY
BY THE SATELLITE SENTINEL-2 IMAGERIES
(OBJECT OF STUDY IS THE BARYSHIVS'KYI DISTRICT OF THE KIEV REGION)

The study of humidity was performed on fields of the Baryshivs'kyi district of the Kiev region. In this area, we observed the spreading of a specific type of soil degradation: the microdepression of a relief. Investigations are based on the usage of the multispectral satellite Sentinel-2 imageries. The data obtained during the field research were compared with the satellite imageries. It is proposed to apply the NWI, which has shown the correlation with the percentage of soil humidity obtained in the field research work. Based on the field research and satellite data, the mapping of sites with moistened soils is carried out. The data analysis has demonstrated the presence of waterlogged soil on the bottom area of microdepressions of the relief, where the changes of the soil type and the vegetation are observed.

Keywords: *Normalized Water Index (NWI), microdepression, soil humidity, satellite Sentinel-2.*