

Дистанційне зондування Землі для оцінки ризиків втрати родючості сухостепових ґрунтів при водній кризі

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2023.066>

Сергій Клімов

Навчально-науковий інститут енергетики,
автоматики та водного господарства
Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне, Україна
s.m.klimov@nuwm.edu.ua

Світлана Козішкурт

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики
та водного господарства
Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне, Україна
s.m.kozishkurt@nuwm.edu.ua

Анотація—Південна частина степової зони України (Сухий степ) знаходиться у складних природно-кліматичних умовах і збереження родючості ґрунтів без регулювання водно-повітряного режиму є неможливим. Причинами деградації ґрунтів є їхня природна засушливість, яка супроводжується нестачею опадів, високою температурою та засоленням кореневмісного горизонту. З метою встановлення ризиків втрати родючості сухостепових ґрунтів досліджено рівень водного стресу з використанням даних дистанційного зондування Землі, що актуально в умовах окупації частини території. Для оцінки обрано показники NDVI та NDMI. Аналіз показує, що на значній території досліджуваної групи полів існують передумови для деградації ґрунтів, що обумовлює необхідність відновлення зрошувальних меліорацій.

Ключові слова—Дистанційне зондування землі; вегетаційний індекс; індекс вологості; сухостепові ґрунти, водна криза; деградація; родючість; вологість ґрунту.

I. ВСТУП

Площа Сухого Степу України становить 1,8 млн га, з них рілля – 1,2 млн. га (85%) [1]. В умовах посушливого клімату і близького залягання ґрунтових вод, збідненого трав'яного покриву утворилися сухостепові ґрунти з підвищеними запасами солей у верхніх шарах.

Потенційна родючість сухостепових ґрунтів обмежується недостатньою природною водозабезпеченістю, яка усувається штучним зрошенням. Іригація не лише забезпечує оптимальний водно-повітряний режим, але й управляє сольовим режимом у зоні аерації ґрунтів.

Російська федерація зумовила масштабну водну кризу у південно-степовій частині України. Підірвавши греблю Каховської ГЕС спричинила катастрофічні наслідки для економіки України, а особливо південних аграрних областей – найбільших споживачів водних ресурсів.

Застосування гідромеліоративних заходів на значних площах Сухого степу змінило такі природні

фактори ґрунтоутворення: природний водний баланс, вологість і температуру верхніх шарів ґрунту і приземного шару повітря, витрати води на випаровування, морфологічні ознаки та умови формування ґрунтів. Природно-автоморфні ґрунти трансформувалися в гідроморфні, що відобразилося на агрогідрологічних і хімічних властивостях меліорованих ґрунтів, формуванні кореневої системи та зміні умов живлення агрокультур [2].

У формуванні родючості ґрунту значну роль відіграють мікроорганізми. При вологості ґрунту 70% польової вологоємності створюється найбільш оптимальні умови для розмноження бактерій і грибів, що позитивно впливає на формування структури ґрунту, утворення гумусу і його мінералізації.

Крім забезпечення умов еволюції ґрунтів, вода необхідна для живлення, покриття витрат на транспірацію рослин і регулювання температурного режиму. Відсутність зрошення, збільшення температури та випаровування з полів при неглибокому заляганні мінералізованих ґрунтових вод активізує процеси вторинного засолення та втрати родючості.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Для оцінки ризиків втрат родючості сухостепових ґрунтів при зумовленій водній кризі на фоні глобальних кліматичних змін доцільне застосування даних дистанційного зондування землі. Цей вид спостереження є досить інформативним та актуальним в умовах окупації територій російською федерацією.

До деградації ґрунтів призводять біологічні, фізичні, хімічні, екологічні фактори. Серед них: характер сільськогосподарського використання, кліматичні чинники (кількість опадів, температура і вологість повітря) та ін. Одним із показників наявності деградаційних процесів є кількість вологи у ґрунті.

Для виявлення змін в умовах вирощування сільськогосподарських культур обрано групу полів

Бехтерської та Чулаківської громад у Скадовському районі Херсонської області. Загальна площа полів становить 7276,9 га.

Ця група є репрезентативною для даного регіону, містить поля різної конфігурації, які зрошуються машинами колової та фронтальної дії.

Зрошувані ґрунти відрізнялися від богарних наявністю агроіригаційного горизонту, що забезпечував зменшення вмісту солей, збільшення запасів гумусу, покращення структури та підвищення родючості.

III. ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Для оцінки існуючих умов вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях було обрано кількісний показник кількості фотосинтетичної активної біомаси або вегетаційний індекс – Normalized Difference Vegetation Index, NDVI (Рис. 1, а – г), [5 – 8].

Для визначення показників водного стресу рослин на групі полів було проаналізовано річну зміну нормалізованого різницевого індексу вологості – Normalized Difference Moisture Index [5] (Рис. 1, д – к). NDMI дозволяє визначати рівень вмісту води в рослинах та рівень зволоженості ґрунтів і заснований на використанні комбінації спектральних діапазонів у ближньому інфрачервоному (NIR) та короткохвильовому інфрачервоному (SWIR) діапазонах [5, 10, 11]:

$$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR).$$



Рисунок 1. Мультиспектральні знімки групи полів: індекс NDVI (а – г); NDMI (д – к); а, д – 23.02.2022; б, ж – 24.04.2022; в, з – 09.05.2022; г, к – 03.07.2022 (за даними <https://crop-monitoring.eos.com/>)

Дана формула реалізується для різних супутників за доступними для них діапазонів: Sentinel-2: $NDMI = (B08 - B11) / (B08 + B11)$; Landsat 4-5 TM, Landsat 7 ETM+: $NDMI = (B04 - B05) / (B04 + B05)$; Landsat 8, 9: $NDMI = (B05 - B06) / (B05 + B06)$ [8].

Індекс вологості є відмінним індикатором нестачі води у посівах [5]. Дані каналу SWIR1 показують зміну вмісту води в рослинах, а канал NIR фіксує внутрішню структуру листя та вміст сухої речовини, але не вміст води. Тому поєднання NIR та SWIR дозволяє усунути зміни, викликані змінами внутрішньої структури листя та вмістом сухої речовини, підвищуючи точність у визначенні вмісту в рослинах води [12].

Аналіз даних знімків по групі полів показав, що більше 23% полів на початку вегетаційного періоду мали NDVI менше 0,2, це 1708 га на 23.02.2022 (Рис. 1, а) при $t_{max}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{min}=0\text{ }^{\circ}\text{C}$, (Рис. 2), що свідчить про проблеми з виходом рослин на початок вегетації. У квітні полів із значенням індексу NDVI до 0,2 вже 31%, 2231 га на 24.04.2022, при $t_{max}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{min}=10\text{ }^{\circ}\text{C}$, (Рис. 2), табл. 1.

У середині вегетаційного періоду низькі значення індексу NDVI (менше 0,5) також можуть свідчити про проблеми з розвитком рослин. У травні таких полів було до 48%, 3499 га на 09.05.2022, в червні – до 47%, 3404 га на 13.05.2022, а в липні до 69% (4968 га на 03.07.2022 та 5020 га на 18.07.2022, Рис. 2).

Modeling, control and information technologies – 2023

TABLE I. РОЗПОДІЛ ГРУПИ ПОЛІВ ЗА ЗНАЧЕННЯМИ ІНДЕКСІВ HDVI ТА HDMI

NDVI	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
23/02/2022	5.81	1702.4	2699.7	1385.5	694.74	337.21	354.63	91.38	0.05	0
24/04/2022	4.75	2226.5	874.07	529.21	586.63	656.15	674.08	822.46	894.44	0.18
9/05/2022	1.08	591.27	2047.8	500.76	840.71	1413.4	1285.4	521.6	69.37	0
3/07/2022	6.55	1956.1	1846.08	768.39	756.06	673.44	582.76	440.13	88.17	0.03
NDMI	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
23/02/2022	0.08	0.2	48.87	4826.8	1674.5	314.22	366.72	36.04	4.2	0
24/04/2022	0	0	0.96	2856.4	1465.4	1103.5	1052.6	787.44	2.24	0
9/05/2022	0	0	0	1678.3	1585.1	1272.8	1682.5	1052.8	0.08	0
3/07/2022	0	0.01	0.3	799.8	3996.3	1484.5	797.54	183.72	9.96	0

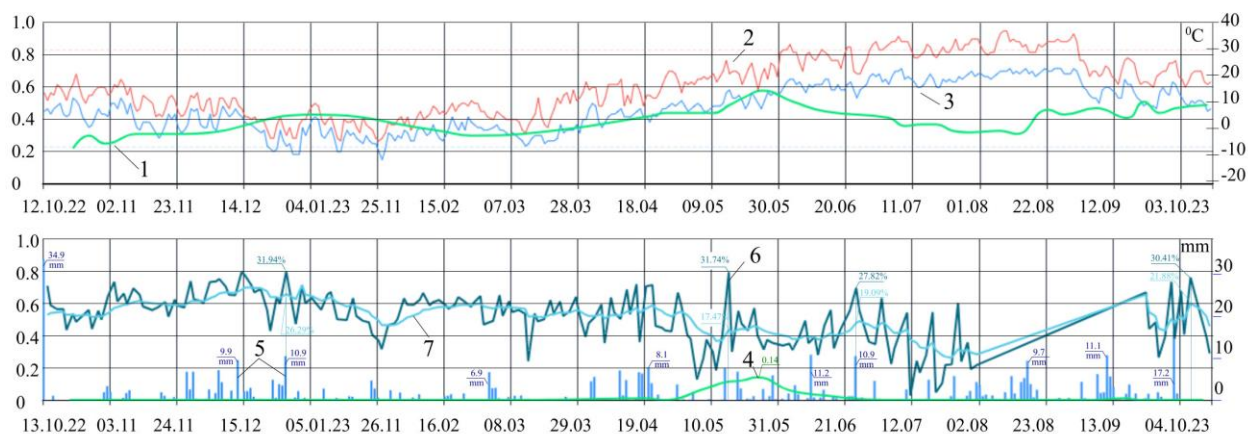


Рисунок 2. Зведений графік зміни індексів NDVI та NDMI на групі полів, 2022 рік: 1 – індекс NDVI; 2 – максимальна добова температура повітря, t_{max} , °C; 3 – мінімальна добова температура повітря, t_{min} , °C; 4 – індекс NDMI; 5 – опади, мм; 6 – вологість поверхневого шару ґрунту, %; 7 – вологість у кореневій зоні, %

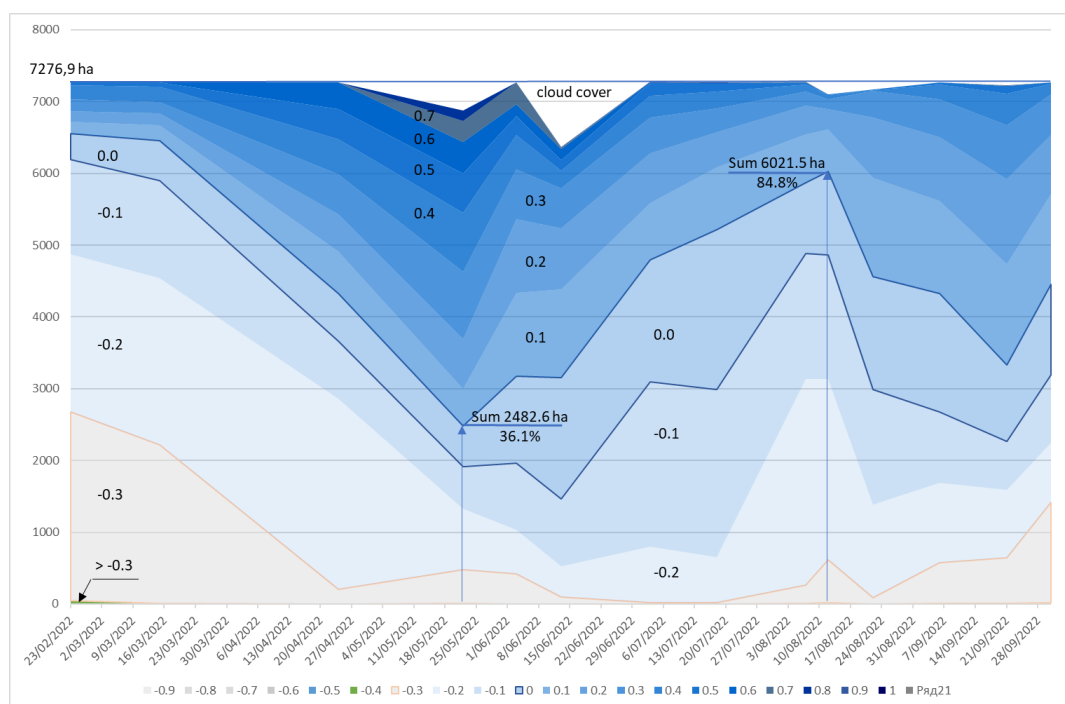


Рисунок 3. Розподіл площ на групі полів за величиною NDMI індексу, 2022 рік

Як видно з рис. 3 кількість полів зі значенням показника NDMI менше «-0,2», що вказує на критичну відсутність вологи при незначному рослинному покриві, досить значна (Рис. 4). У березні таких полів 62% (4544,4 га), у квітні – 39%

(2857,4 га). Однак із ростом рослин сумарний для групи полів індекс NDMI збільшується, і в травні кількість полів з індексом NDMI менше «-0,2» становить 23...18% (1678,3...1329,9 га), знижуючись до 7% (531 га) у червні.

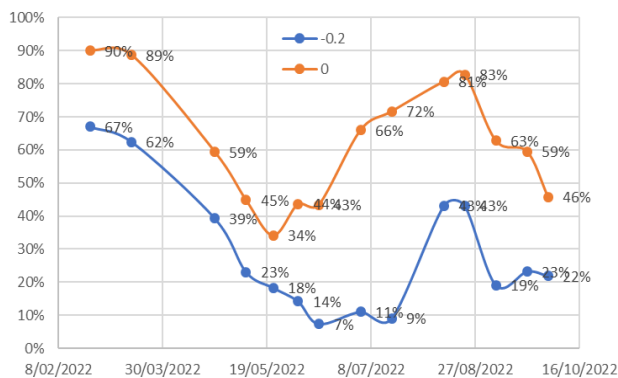


Рисунок 4. Зміна кількості полів із індексом NDMI менше «-0,2» та «0» для групи полів в 2022 році

IV. ВИСНОВКИ

Використання дистанційного зондування дозволило виявити потенційні ризики втрати родючості сухостепових ґрунтів при зумовленій російською федерацією водній кризі на фоні глобальних кліматичних змін. Низькі значення індексу NDVI для досліджуваної групи полів свідчать про проблеми з розвитком рослин. Показник NDMI суттєво менше, ніж має бути для нормальних ґрунтоутворюючих процесів. Цей аналіз показує, що ґрунти при відсутності зрошувальних меліорацій будуть деградувати. Із часом землі стануть непридатними для вирощування сільськогосподарських культур або використання їх як пасовищ.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Гудзь В.П. Землеробство. Київ: ЦУЛ, 2010. 464 с.
- [2] Козішкурт М.Є., Козішкурт С.М. Еволюція ґрунтів та шляхи збереження їх родючості при зрошуваному

землеробстві на півдні України. Вісник УДУВГП. Вип. 2(26). Рівне, 2004. С. 117–124.

- [3] “Використання даних дистанційного зондування Землі для картування ґрунтів.” [Online]. Available: <https://ua.sensefarming.com/vykorystannya-danyh-dystancziynogo-zonduvannya-dlya-kartuvannya-gruntiv/>. [Accessed: October 17, 2023].
- [4] “Geospatial Data Analytics & Satellite Imagery By EOSDA.” [Online]. Available: <https://eos.com/>. [Accessed: October 17, 2023].
- [5] J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, “Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS,” NASA Spec. Publ, vol. 351(1), 1974, pp. 309.
- [6] S.A. O’Shaughnessy, C. Rush, “Precision Agriculture: Irrigation,” Encyclopedia of Agriculture and Food Systems, K.V.A. Neal, Ed., Oxford: Academic Press, 2014, pp. 521–535. doi: 10.1016/B978-0-444-52512-3.00235-7.
- [7] N. Katsoulas, A. Elvanidi, K.P. Ferentinos, M. Kacira, T. Bartzanas, and C. Kittas, “Crop reflectance monitoring as a tool for water stress detection in greenhouses: A review,” Biosyst. Eng., vol. 151, 2016, pp. 374–398. doi: 10.1016/b978-0-444-52512-3.00235-7.
- [8] “Normalized Difference Moisture Index | U.S. Geological Survey.” [Online]. Available: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/normalized-difference-moisture-index>. [Accessed: October 17, 2023].
- [9] N. R. Falkenberg, G. Piccinni, J. T. Cothren, D. I. Leskovaar and C. M. Rush, “Remote sensing of biotic and abiotic stress for irrigation management of cotton,” Agric. Water Manag., vol. 87(1), 2007, pp. 23–31, doi: 10.1016/j.agwat.2006.05.021.
- [10] K.K. Bandyopadhyay et al., “Characterization of water stress and prediction of yield of wheat using spectral indices under varied water and nitrogen management practices,” Agric. Water Manag., vol. 146, 2014, pp. 115–123, doi: 10.1016/j.agwat.2014.07.017.
- [11] M. Lubsykyi, T. Orlenko, I. Piestova, A. Andreiev, and A. Lysenko, “Evaluation of indicators for desertification risk assessment of Oleshky sands desertification based on Landsat data time series,” Ukr. J. Remote Sens., vol. 10(1), 2023, pp. 17–28. doi: 10.36023/ujrs.2023.10.1.229.