

О. І. Сахацький

## Досвід використання водних індексів супутникових зйомок TERRA/MODIS для моніторингу засухи південних районів України на прикладі вегетаційного періоду 2007 року

(Представлено членом-кореспондентом НАН України В. І. Ляльком)

*The paper presents the results of using the satellite data from TERRA/MODIS for the drought monitoring within the south regions of Ukraine for the vegetation period of 2007 as an example. The water index NWI calculated on the base of spectral reflectance of Green (Ch4) and SWIR (Ch6) channels of TERRA/MODIS data has been used for the evaluation of a drought level. The proposed approach will be useful for the solution of the problems concerning the agriculture, natural resources, and nature protection.*

Поставлене питання набуло значної актуальності у 2007 р. у зв'язку з таким загрозливим явищем для врожайності зернових культур як тривала засуха, що охопила багато південних районів України в активний період вегетації сільськогосподарських культур у травні та першій половині червня 2007 р. Це питання є важливим також з точки зору вдосконалення системи моніторингу стану посівів та прогнозування врожайності зернових культур у межах всієї території України при використанні супутникових даних. Враховуючи вищезгадане, автором наведені результати, отримані ініціативно, з перспективою використання їх в майбутніх дослідженнях для визначення параметрів водообміну та моніторингу стану зволоженості сільськогосподарських угідь у межах території України з застосуванням супутникових зйомок.

Для визначення територіального поширення постраждалих від посухи полів були використані знімки TERRA/MODIS за травень — червень 2007 р., які порівнювалися зі знімками за аналогічний період минулого року. Найбільш придатними для аналізу виявилися знімки за такі календарні дати: 02.05.2006, 03.06.2006, 04.05.2007, 07.06.2007.

Знімки земної поверхні, зроблені за допомогою сканера MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer — спектрорадіометр скануючий середньої розрізнявальної здатності), виконуються у 36 спектральних каналах. З них у 29 каналах зйомка проводиться з розрізненістю 1 км, у п'яти каналах (блакитному, зеленому та трьох близьких інфрачервоних) — з розрізненістю 500 м та у двох (червоному та близькому інфрачервоному) — з розрізненістю 250 м у надр. Смуга зйомки охоплює 2330 км, що дозволяє робити глобальне покриття усєї земної поверхні кожні одну-дві доби [1]. Взагалі в останні роки багато дослідників розглядає гіперспектральну зйомку сканером MODIS, як альтернативну до моніторингової зйомки NOAA/AVHRR, причому з істотно збільшеними можливостями в плані деталізації стану об'єктів на поверхні і, зокрема, при проведенні моніторингу посівів сільськогосподарських культур [2–6].

Для моніторингу засухи нами запропоновано нормований водний індекс (NWI), який використовує зелений діапазон та середній інфрачервоний діапазон. Останній є чутливим

до вмісту вологи в ґрунті та рослинному покриві [7, 8]. Індекс обчислюється за формулою:

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

де  $R_{560(GR)}$  — спектральне відбиття в зеленому діапазоні електромагнітного спектра на довжині хвиль близько 560 нм;  $R_{1650(SWIR)}$  — спектральне відбиття в інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра на довжині хвиль близько 1650 нм.

Нами було показано, що серед водних індексів даний показник найкраще корелює з вмістом вологи у верхньому шарі ґрунту і краще відображає зволоженість земного покриття [7, 8]. Для сенсора MODIS співвідношення (1) набуває вигляду:

$$NWI = \frac{Ch_{4(\lambda=545-565 \text{ нм})} - Ch_{6(\lambda=1628-1652 \text{ нм})}}{Ch_{4(\lambda=545-565 \text{ нм})} + Ch_{6(\lambda=1628-1652 \text{ нм})}}, \quad (2)$$

де вказані довжини хвиль, що відповідають четвертому ( $Ch_4$ ) та шостому ( $Ch_6$ ) спектральним каналам MODIS розрізненістю 500 м, значення спектрального відбиття в яких використовуються для обчислення вказаного водного індексу.

Для кожного вибраного знімка TERRA/MODIS вираховували водні індекси за формулою (2). Результат розрахунків представлено на рис. 1 (див. вклейку), де градації значень нормованого водного індексу показано різними кольорами. За нашими даними, значення водного індексу 0,490–0,515 (жовтий колір) відповідають полям, які відчувають гострий дефіцит вологи, де посіви знаходяться під загрозою загибелі. Цікаво, що у 2006 р. посушливий період був у кінці квітня — на початку травня, коли майже два тижні не випадали дощі, зокрема, за даними метеорологічних спостережень, в м. Миколаїв (рис. 2). Це досить чітко відобразилося на NWI-зображенні за космічним знімком TERRA/MODIS (02.05.2006 р.) (див. рис. 1, а). Але опади, які почались ще в першій декаді травня і надалі регулярно (через кілька діб) зволожували цю територію (див. рис. 2, б), значно покращили ситуацію, що фіксується за супутниковими даними (див. рис. 1, б).

У 2007 р. зятяжний посушливий період розпочався з середини першої декади травня і тривав до середини червня. В цей час середньодобова температура повітря у м. Миколаїв була вищою на кілька градусів, ніж у 2006 р., а сума опадів в травні 2007 р. була приблизно у три рази меншою, ніж у 2006 р. Це стало основною причиною загибелі посівів сільськогосподарських культур. Знову можна бачити чітко відображення даної ситуації за супутниковими даними. На NWI-зображенні за 04.05.2007 р. (див. рис. 1, в) ми спостерігаємо досить нормальну порівняно з минулим роком обстановку відносно зволоження земного покриття, а от вже на NWI-зображенні за 07.06.2007 р. (див. рис. 1, г) видно, що великі території в межах Миколаївської та Херсонської областей відчувають гострий дефіцит вологи. Фактично в межах цих районів, де домінують жовтий, червоний та коричневий кольори (див. рис. 1, г), посіви зернових культур майже повністю загинули, адже посушливий період затягнувся ще на кілька тижнів.

Таким чином, проведені експериментальні роботи дозволяють запропонувати спосіб моніторингу стану посівів відносно дефіциту вмісту вологи в ґрунті та рослинному покриві на основі використання нормованого водного індексу NWI, що обчислюється за даними TERRA/MODIS, використовуючи зелений та середній інфрачервоний канали зйомки. Перевагою використання нормованого водного індексу (NWI) над нормалізованим вегетаційним

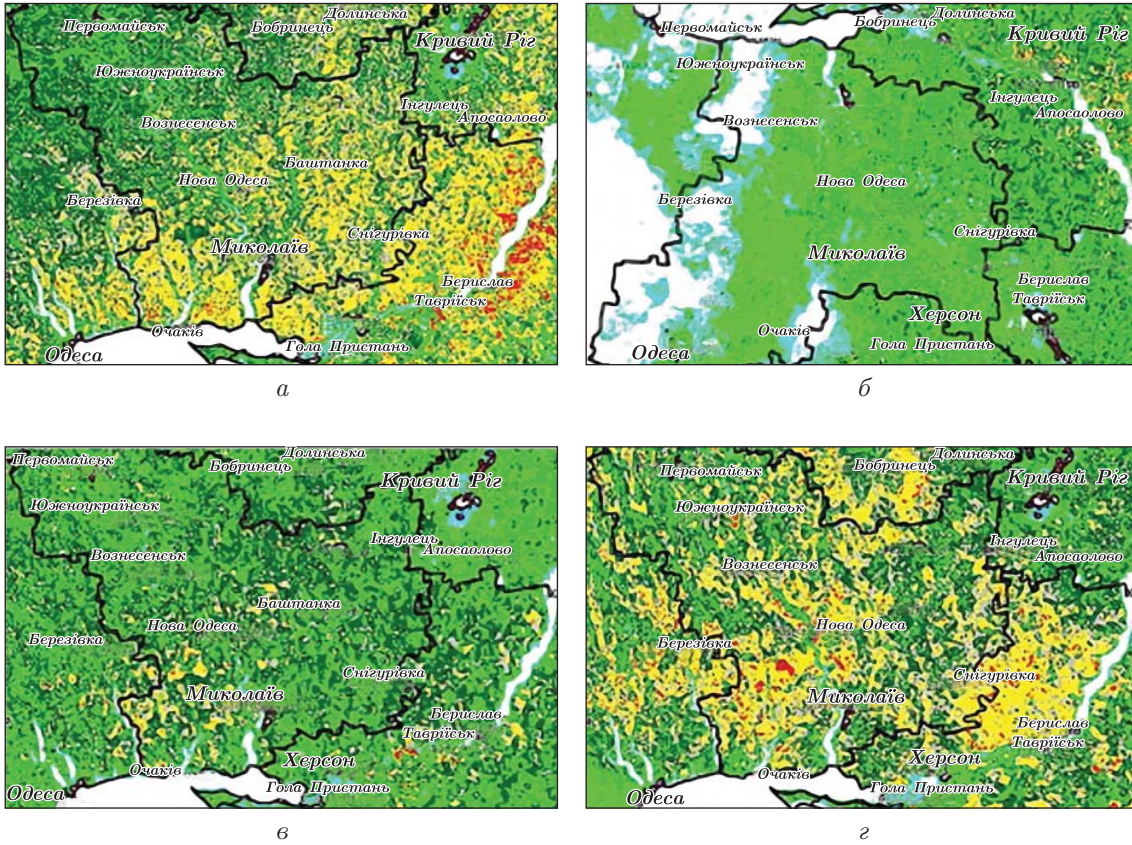


Рис. 1. Моніторинг зволоженості земного покриття на основі використання водного індексу NWI південних районів України у травні — червні 2006–2007 рр. за знімками TERRA/MODIS: NWI (MODIS) за 02.05.2006 (а), 03.06.2006 (б), 04.05.2007 (в), 07.06.2007 (г).  
 Значення NWI: білий 0,770–0,930 (вода, хмари); блакитний 0,670–0,770 (хмари, болота); світло-зелений 0,590–0,670 (болота, добре зволожені поля); зелений 0,560–0,590 (нормальна зволоженість), темно-зелений 0,560–0,530 (зволоженість на межі дефіциту); сірий 0,515–0,530 (дефіцит вологи), жовтий 0,490–0,515 (гострий дефіцит вологи, сухі поля); червоний 0,450–0,430 (сухі поля); коричневий — < 0,450

До ст. О.І. Сахацького “Досвід використання водних індексів супутникових зйомок TERRA/MODIS для моніторингу засухи південних районів України на прикладі вегетаційного періоду 2007 року”

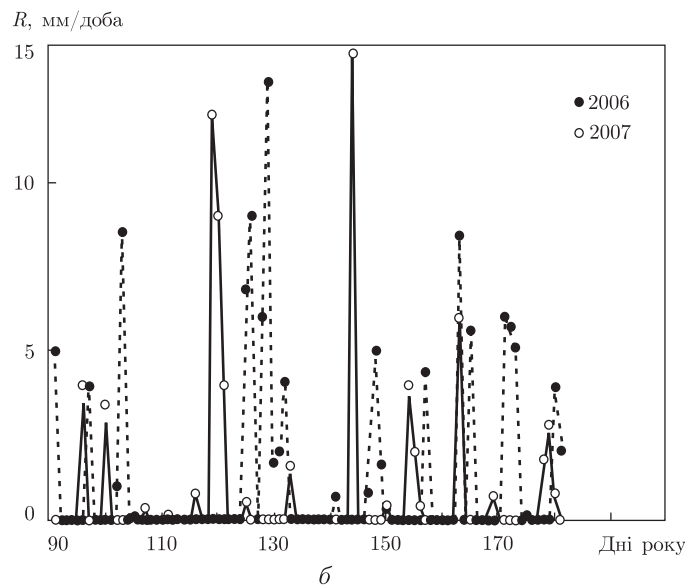
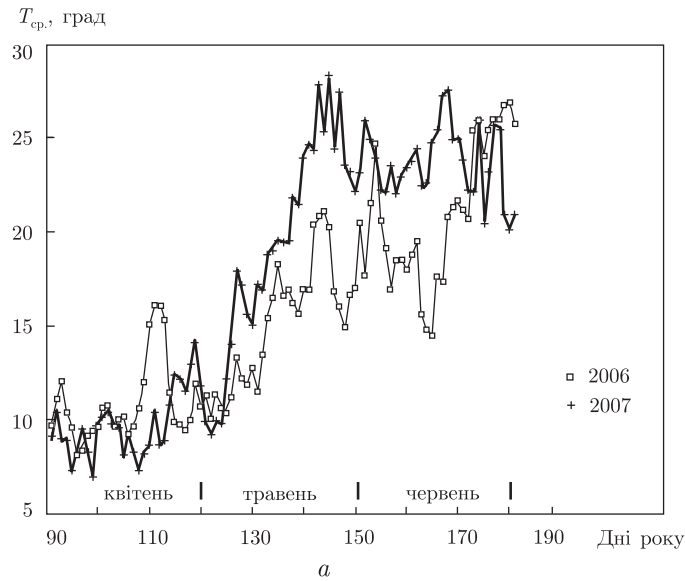


Рис. 2. Значення середньодобової температури (а) та суми опадів за добу (б) у м. Миколаїв, за даними метеорологічних спостережень за період квітень — червень 2006 — 2007 рр.

індексом (NDVI), який часто пропонують для аналогічних робіт, є те, що, по-перше, NDVI фіксує фактично зміну вмісту хлорофілу в рослинах, а не їх зволоженість. Іноді рослини досить успішно можуть протистояти посушливим умовам значний період і це призведе до фіксації засухи з певної затримкою. По-друге, використання NDVI на відміну від NWI, не дозволить провести оцінку зволоженості земного покриття в разі відсутності рослинного покриву. Враховуючи те, що дані TERRA/MODIS можна отримувати з періодичністю у дві-три доби та наявність необхідних каналів зйомки для розрахунків водних індексів, це дає змогу проводити моніторинг стану зволоження сільськогосподарських полів, у разі засухи оперативно виконувати оцінку площ постраждалих територій і надавати відомості щодо можливої врожайності сільськогосподарських культур.

1. *Lindsey R., Herring D.* MODIS Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer // NASA Goddard Space Flight Center. – 2002. – 24 p. – [http://modis.gsfc.nasa.gov/about/media/modis\\_brochure.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/about/media/modis_brochure.pdf).
2. *Doraiswamy P. C., Hatfield J. L., Jackson T. J. et al.* Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS // Remote Sensing of Environment. – 2004. – **92**, No 4. – P. 548–559.
3. *Барталев С. А., Бурцев М. А., Ершов Д. В., Ефремов В. Ю., Ильин В. В., Лупян Е. А., Мазуров А. А., Мельник Н. Н., Нейштадт И. А., Полещук А. А., Столпаков А. В., Прошин А. А., Темников В. А., Флитман Е. В.* Система автоматизированного сбора, обработки и распространения спутниковых данных для мониторинга сельскохозяйственных земель // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: Сб. науч. тр. Т. 1. – Москва: GRANP polygraph, 2005. – С. 140–148.
4. *Спивак Л. Ф., Архипкин О. П., Нургалиев С. Г., Шагарова Л. В.* Дистанционная оценка площадей зерновых в Казахстане по данным гиперспектрального радиометра MODIS // Исследование Земли из Космоса. – 2003. – № 2. – С. 80–84.
5. *Муратова Н. Р., Терехов А. Г.* Спутниковые вегетационные индексы в задаче прогноза урожайности зерновых культур Северного Казахстана // Сб. тез. Третьей всерос. открытой конф. “Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса” Москва, ИКИ РАН, 14–17 ноября 2005 г. – <http://smis.iki.rssi.ru/theses-cgi/thesis.pl?id=320>.
6. *Лялько В. І., Сахацький О. І., Жолобак Г. М. та ін.* Контроль площ та стану озимих культур за допомогою знімків MODIS/TERRA та SPOT XI (на прикладі Київської області) // Доп. НАН України. – 2007. – № 3. – С. 122–127.
7. *Сахацький О. І.* Застосування супутникових даних для розв’язання задач водообміну у геосистемах // Там само. – 2006. – № 4. – С. 118–126.
8. *Сахацький О. І.* Підвищення ефективності гідрогеологічних прогнозів з використанням водних індексів мультиспектральних супутникових зйомок // Геол. журн. – 2007. – № 4. – С. 42–47.

*Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі  
Інституту геологічних наук НАН України, Київ*

*Надійшло до редакції 07.11.2007*