

В. І. Лялько, Л. О. Єлістратова, О. А. Апостолов

Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук Національної академії наук України», Київ

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСУХИ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ТА МЕТЕОРОЛОГІЧНИМИ ІНДЕКСАМИ НА ПРИКЛАДІ 2007 РОКУ В УКРАЇНІ

Виконано порівняння посухи (поширення та інтенсивність) за 2007 рік на території України, визначеної за метеорологічним та супутниковим індексами. На базі наземних даних використано метеорологічний індекс — гідротермічний коефіцієнт Селянинова, а на основі супутникових даних — індекс посухи. Розкрито особливості поширення та інтенсивність засухи, встановлені в результаті спільного аналізу.

Ключові слова: посуха, кліматичні зміни, гідротермічний коефіцієнт Селянинова, індекс посухи, TERRA/MODIS, дистанційне зондування Землі.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

В умовах нестаціонарності клімату можливість збільшення його екстремальності, особливо недостатнє та нестабільне зволоження, викликають особливу занепокоєність. Екстремальність клімату все частіше проявляється у повторюваності посух, ніж у надлишковому зволоженні.

З другої половини 1980-х рр. у світову практику моніторингу посух стали впроваджуватися індекси, побудовані на супутниковій інформації. Відомо приблизно 100 супутникових індексів посух [1]. Цікавість до аналізу посух за супутниковими даними в Україні посилилась після значної за площею посухи 2007 р., а також досить теплих та посушливих 2009 та 2010 рр. Але визначення характеристик значних та сильних посух (за площею, інтенсивністю, тривалістю) на основі спільного аналізу метеорологічних і супутникових даних в Україні ще не проводилось.

Мета даної роботи полягає у виявленні характеристики посух за 2007 рік на території України, визначених за метеорологічним (ГТК) і супутниковим (ID) індексами.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В Україні вивченням посух за наземними метеорологічними даними присвячені роботи науковців: І. О. Бучинського (1970 р.), К. Т. Логвінова (1972 р.), В. П. Дмитренко (2001 р.), М. І. Кульбіди (2003 р.), М. Б. Барабаш (2004 р.), Т. І. Адамченко (2005 р.). Систематичний дистанційний моніторинг засух провадиться в НЦ ЦАКДЗ ІГН НАН України [2]. Застосування спільного аналізу дозволить значно підвищувати ефективність заходів боротьби з посухами. Разом наземні та супутникові дослідження посух можуть дати більш об'єктивний результат.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Територія дослідження охоплює всю рівнинну частину України, що включає основні зерно-

посівні райони і прилеглі до них пасовища. У дослідженні порівнюється поширення та інтенсивність посухи за метеорологічним показником — гідротермічним коефіцієнтом Селянинова (ГТК). Цей коефіцієнт зволоження дорівнює відношенню суми опадів до 0.1 суми температур за період часу з температурою вище за 10 °С. Цей показник має перевагу над іншими — характеризує не тільки прибуткову частину водного балансу (опадів), а й непродуктивну витрату вологи (випаровуваність ($E_0 = 0.1\Sigma T$) з поверхні ґрунту, рослинності). ГТК є достовірним показником зволоження в тих районах, для яких характерний однорідний тип річного ходу опадів. Окрім того, він об'єктивний і працює в достатньо широкому діапазоні температур та опадів. Зволоження вегетаційного періоду істотно надмірне з ГТК ≥ 2.0 . Установлено такі критерії, які характеризують інтенсивність засух: ГТК < 0.5 — різка нестача опадів, сильна засуха; ГТК = 0.6...0.7 — недостатнє зволоження (дуже посушливо); 0.8...0.9 — посушливо (засуха не інтенсивна); 1.0...1.2 — недостатня вологість; 1.3...1.6 — помірна вологість; ГТК > 1.7 — надмірна вологість [3]. Значення ГТК вираховувались за середньомісячними температурами повітря та сумами опадів за даними 46 метеостанцій України для 2007 р.

Для вивчення посухи за супутниковими даними в роботі використовувався індекс посухи *ID* (Index of Drought) [4]. Для визначення індексу *ID* було отримано два продукти з супутниками TERRA/MODIS: MOD11C3 та MOD13C2. Продукт MOD11C3 має денну та нічну місячну температуру з просторовим розрізненням 0.05°, продукт MOD13C2 — місячні дані двох вегетаційних індексів *NDVI* та *EVI*, а також місячні спектральні дані в каналах blue, red, NIR та MIR з просторовим розрізненням 0.05°.

Для дослідження було обрано 2007 р., коли була сильна посуха. Через мережу internet було отримано сім продуктів MOD11C3 та сім продуктів MOD13C2 за місяці квітень — жовтень. Таким чином, в роботі використовувались 14 продуктів. Вся робота з продуктами MOD11C3 та MOD13C2 виконувалась за допомогою програмного забезпечення «Erdas Imagine». У програмі «Erdas Imagine» були виконані такі роботи:

перетворення даних з формату «hdf» на формат «img», прив'язування даних продукту MOD13C2 до географічної системи координат та розрахунок значень індексу посухи за допомогою засобів «Erdas Imagine», а саме «Spatial Modeler / Model Maker».

Супутниковий індекс посухи *ID* розраховується за формулою

$$ID = (T_d + T_n) / NDVI,$$

де T_d , T_n — денна та нічна температури, *NDVI* — нормалізований вегетаційний індекс.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

З допомогою індексу *ID* було досліджено поширення та інтенсивність посухи 2007 р. з моменту зародження і до затухання. Посуха 2007 р. виникла у активний період вегетації рослин з першої декади травня та середини червня і охопила всі південні райони України. Розрахунки ГТК також показали сильну посуху у ці місяці переважно на півдні, південному сході, у центральному та східному лісостепу. Під час посухи 2007 р. значення розрахованого індексу *ID* були досить значні в липні та серпні. Розрахунки ГТК підтвердили спалахи посухи у ці місяці. Опис розвитку посухи 2007 р. за даними супутникового індексу *ID* не суперечить в загальних рисах опису, складеному за метеорологічним індексом, але доповнює його важливими деталями. Локалізація спалахів за двома індексами збіглася. Але важливо відмітити деякі моменти.

На рисунку градаціями сірого показано інтенсивність посухи за усередненими з квітня по жовтень значеннями індексу *ID* (а) та інтерпольований у вузлах сітки індекс ГТК за цей же період (б). Обидва розподіли індексів ГТК та *ID* мають схожі риси. Але слід відмітити, що наземні вимірювання на станціях точкові. Через велику відстань між станціями ми отримали кільцевий ефект поблизу метеостанцій, а також смуги субмеридіонального розподілу значень ГТК (б).

Переваги запропонованого індексу *ID* у порівнянні з метеорологічним індексом ГТК очевидні: внаслідок сильної розрідженості метеосітки індекс *ID* детальніше відображає поширення та інтенсивність по території, ніж метеорологічний індекс. ГТК не враховує особливості підстиль-



а



б

Карта розподілу індексів: а — індекс посухи *ID* за квітень — жовтень, б — ГТК за травень — вересень

ної поверхні (ліс, водну поверхню та ін.). Індекс ГТК виявляє метеорологічну посуху, індекс *ID* — сільськогосподарську посуху. За дослідженнями [4] не завжди метеорологічна посуха призводить до сільськогосподарської. Це видно з рисунку,

де за даними станцій Чернівців, Семенівка індекс ГТК фіксує посуху, а за даними індексу *ID* рослинність не відчувала явного впливу. За обома індексами виділяється південь (зерновий район країни) зі спалахами екстремальної посухи.

Екстремальні аномалії температури посухи 2007 р. можна пояснити тим, що іноді у теплий період у Європейському секторі циркуляції відбувається вихід теплого сухого повітря з півдня у меридіональному напрямку. Тривалість дії цієї південної складової меридіональної циркуляції збільшилася. Цей процес нетривалий, і через деякий час його підсилює вторгнення сухого повітря з півночі. Такий складний процес, як правило, зумовлює сильну посуху у повітрі і ґрунті [5].

ВИСНОВОК

Спільний аналіз метеорологічного і супутникового індексів посухи відкриває нові можливості у дослідженні причин виникнення посухи, виявлення особливостей поширення, а особливо деталізації на території інтенсивності посухи. Перевагою індексу посухи *ID* є його властивість враховувати характер підстильної поверхні, яку не можна достатньо дослідити і врахувати при вивченні посухи за метеорологічними даними. В цілому отримані результати засвідчили принципову можливість ефективного використання дистанційних даних для визначення посухи та оцінки вологозабезпечення екосистем та агрофітоценозів у межах значних регіонів. Такий підхід можна використати для проведення моніторингових екологічних досліджень у межах різних ландшафтно-кліматичних зон всієї території України.

1. Золотокрылин А. Н., Титкова Т. Б., Черенкова Е. А., Виноградова В. В. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 гг. на Европейской территории России по метеорологическим и MODIS данным // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. — 2013. — **10**, № 1. — С. 246—253.
2. Клімат України: у минулому ... і майбутньому? / За ред. М. І. Кульбіди, М. Б. Барабаш. — К.: Сталь, 2009. — С. 85—98.
3. 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.
4. Мартазинова В. Ф., Сологуб Т. А. Атмосферная циркуляция, формирующая засушливые условия на территории Украины в конце XX столетия // Наук. праці УкрНДГМІ. — 2000. — Вип. 248. — С. 36—48.

5. Щербенко Е. В. Мониторинг засухи по данным космических съемок. — Режим доступа до матеріалів: http://d33.infospace.ru/d33_conf/vol2/395-407.pdf

Стаття надійшла до редакції 15.12.14

В. И. Лялько, Л. А. Елистратова, А. А. Апостолов

Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук Национальной академии наук Украины», Киев

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАСУХИ ПО СПУТНИКОВЫМ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ИНДЕКСАМИ НА ПРИМЕРЕ 2007 ГОДА В УКРАИНЕ

Выполнено сравнение засухи (распространение и интенсивность) за 2007 год на территории Украины, определенной по метеорологическим и спутниковым индексам. На базе наземных данных использовано метеорологический индекс — гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), а на основании спутниковых данных — индекс засухи *ID* (index of Drought). Показаны особенности распространения и интенсивности засух, установленные в результате совместного анализа.

Ключевые слова: засуха, климатические изменения, гидротермический коэффициент Селянинова, индекс засухи, TERRA/MODIS, дистанционное зондирование Земли.

V. I. Lyalko, L. A. Elistratova, A. A. Apostolov

State institution «Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth Institute of Geological Science National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv

COMPARATIVE RESEARCHES OF A DROUGHT USING SATELLITE AND METEOROLOGICAL INDEXES FOR 2007 WITHIN UKRAINE AS AN EXAMPLE

The comparison of droughts (distribution and intensity), determined from the meteorological satellite indices for 2007 within the territory of Ukraine, has been performed. It's used a meteorological index — a hydrothermal coefficient by Selyanynov, created on the basis of ground data, and drought index *ID* (index of Drought) made on the basis of satellite data. The features of the distribution and intensity of droughts, which have been established as a result of joint analysis, have been discussed.

Keywords: drought, climatic changes, hydrothermal coefficient of Selyninov, index of drought, TERRA/MODIS, remote sensing of the Earth.