

УДК 631.4:631.47:
631.459КП
© 2012

*О.Г. Тараріко,
академік НААН
О.В. Сиротенко*

*Т.В. Ільєнко
Інститут агроекології
і природокористування
НААН*

*В.А. Величко,
доктор сільсько-
господарських наук
ННЦ «Інститут
ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»*

КОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ПОСУШЛИВИХ ЯВИЩ

Розглянуто ефективність використання матеріалів космічного знімання низької просторової роздільної здатності для моніторингу посухи. Наведено результати застосування даних супутника NOAA з радіометром AVHRR за моніторингу посухи 2012 р. в Україні.

Глобальні процеси перенесення тепла та вологи на всіх континентах зумовлені великомасштабними процесами взаємодії атмосфери й океану, формують регіональні погодно-кліматичні аномалії — міжрічні, десятирічні та міждесятирічні [3], які характеризуються різким збільшенням кризових явищ, зокрема посух. Найбільшого впливу за цих умов зазнають сільське та лісове господарства [1]. В Україні сільськогосподарські угіддя займають 41,8 млн га (69,3%), з них рілля — понад 32 млн га (78%). Найвищий рівень сільськогосподарської освоєності мають степові області: Запорізька (88%), Миколаївська (87%), Одеська (83) та Херсонська (82%). На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва у рамках державних програм і завдань збільшення виробництва зерна і тваринницької продукції надзвичайно актуальною проблемою є мінімізація негативних наслідків і ризиків розвитку АПК, зокрема пов'язаних зі зміною клімату. За експертними оцінками, до 70% втрат, спричинених несприятливими погодними умовами, особливо посухами, належать до сільського господарства [8]. Запобігти цим втратам можна було б завчасним прогнозуванням виникнення посушливих явищ і вжиттям відповідних контрзаходів.

У доповіді англійських метеорологів «Наслідки змін клімату. Україна» (<http://ukinukraine.fco.gov.uk/resources/uk/pdf/pdf1/climate-change-ukraine-report-ukr>), яку під егідою ООН презентовано цього року в Києві, прогнозується зростання у XXI ст. середньої температури повітря на 5–8°C. Це може спричинити посилення посух, скорочення морозного періоду в середньому до 50 днів, збільшення кількості та інтенсивності літніх високих температур, зростання частоти виявів екстремальних кліматичних явищ. Зазначається, що темпи зростання температури на території України вдвічі перевищують загальносвітові показники, які становлять 0,74°C за останні 100 років.

За останні 20 років в Україні зареєстровано 7

посушливих років. Цього року посуха охопила Південний, Південно-Східний та Центральний регіони України. На цих величезних територіях у квітні — травні та на початку червня за високої температури повітря протягом 40–50 днів опадів не було, що згубно вплинуло на стан посівів усіх сільськогосподарських культур.

Спрогнозувати настання посухи є досить складним завданням, але й вкрай важливим для вжиття заходів, які б пом'якшували її негативні наслідки. Оскільки мережа метеостанцій є дискретною, то нині для моніторингу територіального поширення посухи успішно застосовують супутникову інформацію, яка завдяки просторовому покриттю забезпечує точнішу сукупну оцінку критичних кліматичних негативних впливів на посіви сільськогосподарських культур [4, 5, 7, 9–11]. Тому актуальною є розробка нових методів виявлення посушливих явищ із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій та дистанційного зондування Землі з космосу, які є підставою для корегування агротехнології в напрямку оптимізації умов вологозабезпеченості для уточнення параметрів агроґрунтових потенціалів.

Агроґрунтовий потенціал — це нормативна врожайність відповідної сільськогосподарської культури конкретного за еколого-генетичним статусом і гранулометриєю ґрунту, співвіднесена з середньобагаторічними гідротермічними показниками місця його розташування [2]. Агропотенціали за природною родючістю відображають продуктивність культур на підставі лише природних ресурсів ґрунту, а за ефективною — і за рахунок застосування додаткових ресурсів у вигляді оптимальних доз добрив, меліорантів тощо. Рівень агропотенціалів визначається на підставі даних урожайності культур у тривалих (30–40 років) польових дослідках, контрольних варіантах і фонів із оптимальним застосуванням добрив та меліорантів.

На якісні показники агропотенціалів надзви-



Рис. 1. Рівень ризику виникнення посухи на планеті (www.eldoradocountyweather.com/forecast/forecast-directory.php)

чайно впливають сівозміни з оптимальним науково обґрунтованим співвідношенням посівів сільськогосподарських культур відповідно до ґрунтово-кліматичних умов і спеціалізації виробництва [6]. Це забезпечує найсприятливіші умови для підвищення врожайності всіх сільськогосподарських культур й оптимізує застосування агротехнічних заходів — добрив, вапнування, зрошення тощо. В умовах поширення короткоротаційних сівозмін виникає потреба насичення їх різними видами проміжних посівів з одночасним дотриманням оптимального насичення сівозміни певними групами культур. Використання проміжних посівів у несумісних ланках сівозміни дає змогу не тільки перетворювати їх у сумісні, а малосумісні — в добре сумісні, а й мінімізувати критичні температурні коливання на поверхні ґрунту, які досить часто фіксують у південних регіонах України.

Досить цікавими є результати багаторічних космічних спостережень, виконаних ученими США, та їхній аналіз у межах різних регіонів Землі, що представлені в інтегрованому вигляді на рис. 1. Сірим кольором виділено регіони і території з помірним рівнем ризику виникнення посухи, а білим — території, які систематично піддаються посузі. Серед територій з систематичним виявом посух є і територія України (білий прямокутник).

Матеріали і методи досліджень. В основі досліджень — матеріали космічного знімання супутниками NOAA (роздільна здатність — 4 км) території України за липень 2005, 2007 і 2012 рр., топографічні і тематичні картографічні матеріали. Етапи дослідження передбачали: дослідження стану посушливості територій на глобальному

рівні за даними радіометра AVHRR супутника NOAA та вибір території з посушливими умовами; оцінки ступеня посушливості територій.

Для відтворення супутникової інформації щодо стану рослинності використовують показник нормалізованого різницевого вегетаційного індексу (NDVI), який є комбінацією показників, пов'язаних зі зміною спектральних характеристик рослинного покриву, і визначається як

$$NDVI = (R_{БІЧ} - R_{Ч}) / (R_{БІЧ} + R_{Ч}),$$

де $R_{БІЧ}$ та $R_{Ч}$ — відбиття відповідно у ближньому інфрачервоному (0,72–1,1 мкм) та червоному (0,58–0,68 мкм) каналах радіометра AVHRR супутника NOAA.

Результати досліджень та обговорення. Супутники забезпечують повніше просторове покриття, заповнюють прогалини в спостереженнях на метеорологічних станціях, що має вирішальне значення для моніторингу вологості й тепла. Супутникові дані дають можливість оцінити сукупно кліматичні та погодні впливи на землю й атмосферу, що має вирішальне значення для прогнозування посухи. Зазвичай як вихідні дані, що отримують із супутникової інформації, використовують вегетаційні індекси, яскравісну температуру поверхні та їх комбінації [8–11].

Матеріали Національного океанічного та атмосферного управління США (NOAA) свідчать, що чим більший ряд спостережень, тим точніший прогноз посушливих явищ і визначення просторового їх поширення. Оцінка ступеня посушливості визначається порівнянням значень NDVI у посушливі й нормальні за розвитком рослинності роки, а також років — аналогів динаміки NDVI за вегетаційний період і з середньобагаторічними даними. Звичайно, чим більший ряд спостере-

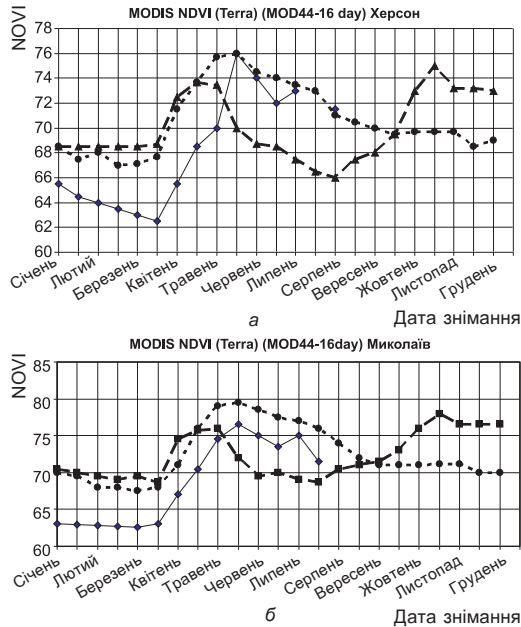


Рис. 2. Динаміка NDVI в області: а — Херсонській; б — Миколаївській; ...•... — 2012 р.; - - - - - 2007 р.; —●— — середнє за період 2007–2012 рр.

жень, тим точніші оцінка стану рослинності та прогноз урожайності.

Для Миколаївської та Херсонської областей показано ефективність використання даних ДЗЗ для порівняльної оцінки посушливості 2007 і 2012 рр. і середніх показників за 2007–2011 рр. (рис. 2). Динаміка нарощування рослинності у процесі вегетації свідчить, що значення показника NDVI було набагато нижчим за середньобаторічні (2007–2011 рр.) у перший період вегетації, а його значення у 2007 р. набагато нижчі, ніж у 2012 р., що підтверджує жорсткішу посуху 2007 р. Отже, ступінь посушливості року можна досить точно оцінювати й прогнозувати способом порівняння як з багаторічним показником NDVI, так і з попереднім роком, наприклад, з початку вегетації озимих посівів. Отже, за динамікою змін показника NDVI впродовж вегетації є можливість упевнено прогнозувати ризики вияву посух, зокрема пов'язаних із дефіцитом запасів вологи в ґрунті. Так, в умовах 2012 р. вже у квітні — березні в Миколаївській та Херсонській областях показник NDVI був значно нижчим як за багаторічні значення, так і порівняно з 2007 р., що виявлялось у пригніченому стані рослинності в ранньовесняний період.

Іншим інформативним показником для визначення посухи є індекс VHI (Vegetation Health Index

— індекс здоров'я рослинності), що враховує мінливість значень NDVI і температурних умов упродовж вегетаційного періоду. В останні два десятиліття цю супутникову методику виявлення посухи з використанням даних, отриманих від радіометра AVHRR на супутниках NOAA, розроблено й успішно застосовують у США та інших країнах [10]. Індекс VHI використано для моніторингу посушливих явищ на глобальному рівні. Він є поєднанням індексів умов росту рослинності VCI (Vegetation Condition Index) і температурних умов TCI (Temperature Condition Index) [10, 11]. Вони розраховуються за даними радіометра AVHRR супутника NOAA за тривалий період моніторингу. Особливістю VCI є те, що він розраховується за значеннями нормалізованого різничевого вегетаційного індексу NDVI:

$$VCI_j = \frac{(NDVI_j - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})}{100\%},$$

де VCI_j — значення індексу умов росту рослинності для дати j ; $NDVI_j$, $NDVI_{max}$, $NDVI_{min}$ — значення NDVI відповідно для дати j , максимальне та мінімальне значення NDVI для всього набору даних.

Індекс TCI розраховується за значеннями яскравісної температури земної поверхні, отриманими за денними даними радіометра AVHRR супутника NOAA:

$$TCI_j = \frac{(T_{max} - T_{sj}) / (T_{max} - T_{min})}{100\%},$$

де TCI_j — індекс температурного режиму для дати j ; T_{sj} , T_{max} , T_{min} — яскравісна температура земної поверхні відповідно для дати j , максимальна та мінімальна яскравісна температура земної поверхні всього набору даних [11]. Значення цих індексів змінюється від 0, вказуючи на екстремальний стрес рослинності, до 100, що відповідає найсприятливішим умовам її розвитку. Моніторинг посухи за індексом VHI базується на чисельному аналізі стресу рослинності, пов'язаному зі зменшенням зеленої рослинної біомаси і зростанням температури понад нормальну. Визначено відповідність значень VHI ступеню посухи (таблиця).

За проведеною оцінкою поширення індексу VHI на територію України, визначеного за даними космічного знімання радіометром AVHRR супутника NOAA в липні 2005, 2007 і 2012 рр., отриманими з сайту Центру супутникових досліджень NOAA (www.star.nesdis.noaa.gov), виявлено, що в липні 2007 і 2012 рр. найбільш стресові умови для розвитку рослинності (червоний колір) спостерігались у південних областях України, і посуха 2007 р. була сильнішою й охоплювала більшу кількість областей (див. рисунок на 4-й стор. обкладинки).

Виявлено адміністративні області з найбільш стресовими умовами — Миколаївську та Херсонську. У сприятливих умовах вегетації 2005 р.

Оцінювання посушливих явищ за індексом VHI

VHI	<10	<20	<30	<40	≥40
Зволоженість	Екстремальна посуха	Сильна посуха	Помірна посуха	Слабка посуха	Сприятливі умови

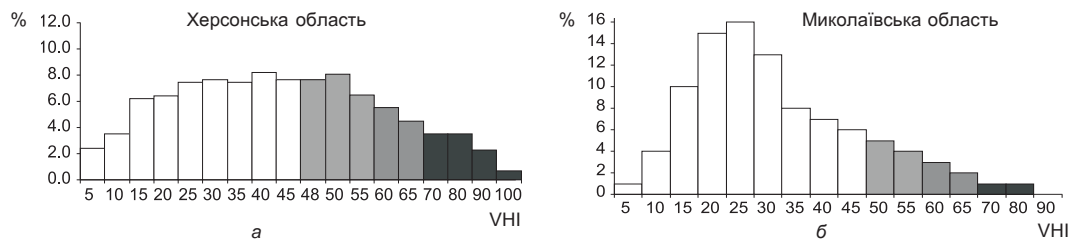


Рис. 3. Частка територій Херсонської (а) та Миколаївської (б) областей, що мають певні умови розвитку рослинності (білий – стресові, темно-сірий – задовільні, чорний – сприятливі)

зона червоного кольору майже відсутня, що свідчить про близькі до оптимальних умови розвитку посівів навіть у посушливому Степу.

Побудовані за аналізом значень VNI за липень 2012 р. діаграми (рис. 3) свідчать, що стресові

умови у 2012 р. поширилися на понад 70% території Миколаївської і 55% Херсонської областей, а сприятливі умови спостерігалися лише на 2 і 4% відповідно, і, найімовірніше, пов'язані зі зрощуваними територіями.

Висновки

Формування регіональних погоднокліматичних аномалій потребують опрацювання адекватних заходів з адаптації ведення сільськогосподарського виробництва як у степових, традиційно посушливих районах України, так і в зонах Лісостепу і навіть Полісся. Важливим інструментом сучасного моніторингу посушливих явищ, і особливо їх завчасного віддаленого прогнозування, є матеріали ДЗЗ, зокрема українського супутника Січ-2, які дають змогу своєчасно ухвалювати відповідні управлінські рішення, укладати щорічні науково обґрунтовані ф'ючерні контракти, і зокрема на ринку агропродукції, запроваджувати пом'якшувальні організаційні та агротехнічні заходи. Так, зокрема, дані ДЗЗ ще на початку вересня засвідчили

доцільність розширення площі посівів озимих культур в умовах цього року. Ці заходи мають передбачати формування екологічно стійкої вологозберігальної структури агроландшафтів, корегування сівозмін із оптимальною часткою чорних парів і насичення їх різними видами проміжних посівів, запровадження ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту, доведення до оптимальних показників його родючості та запровадження протиерозійних заходів. Вирішення питання адаптації агровиробництва до змін клімату полягає у комплексному використанні оперативної космічної інформації та розробці механізму запровадження адаптаційних заходів кожним суб'єктом сільськогосподарської діяльності.

Бібліографія

1. Бойченко С.Г. Глобальне потепління та його наслідки на території України/С.Г. Бойченко, В.М.Волощук, І.А.Дорошенко//Укр. геогр. журн. — 2000. — № 3. — С. 59–68.
2. Величко В.А. Екологія родючості ґрунтів. — К.: Аграр. наука, 2010. — 274 с.
3. Величко В.А. Щодо методичних підходів до прогнозування врожайності сільськогосподарських культур/В.А. Величко, О.М. Воскресенська//Механізація та електрифікація сільс. госп-ва. — Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». — Вип. 95. — 2011. — С. 447–451.
4. Золотокрылин А.Н. Тенденция опустынивания Северо-Западного прикаспия по MODIS-данным/А.Н. Золотокрылин, Т.Б. Титкова//Совр. проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2011. — 8, № 2. — С. 217–225.
5. Ільєнко Т.В. Дистанційний контроль зрошення за супутниковими даними/Т.В. Ільєнко//Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської науки: Міжн. наук.-практ. конф. (Львів, 20.04.2012). — Львів: Львівська аграрна фундація, 2012. — С. 81–84.
6. Петриченко В.Ф. Агробіологічні основи оптимізації сівозмін та їх продуктивність в Україні/В.Ф. Петриченко, Я.Я. Панасюк. — Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2012. — 200 с.
7. Тараріко О.Г. Використання космічних технологій в агропромисловому комплексі України/О.Г. Тараріко, О.В. Сиротенко, В.І. Волошин, Є.І. Бушуєв, О.І. Паршина, В.О. Греков//Вісн. аграр. науки. — 2007. — № 7. — С. 5–9.
8. Щербань І.М. Небезпечні агрометеорологічні явища в Україні/І.М. Щербань//Фізична географія та геоморфологія. — 2009. — Вип. 57. — С. 75–81.
9. Jackson T. Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans/T. Jackson, D. Chen, M. Cosh, F. Li, M. Anderson, C. Walthall, P. Doriaswamy, E. Hunt//Remote Sensing of Environment. — 2004. — 92. — P. 475–482.
10. Kogan F. Global drought watch from space/F. Kogan//Bulletin American Meteorological Society. — 1997. — 78. — P. 621–636.
11. Kogan F. World Droughts from AVHRR-based Vegetation Health Indices/F. Kogan//Eos, Transaction of American Geophysical Union. — 2002. — 83, № 48. — P. 557–564.