



УДК 528.8.04:633(477)

О. І. Сахацький, Г. М. Жолобак

Дослідження валової первинної продуктивності основних сільськогосподарських культур центральних та південних областей України з використанням супутникового продукту MOD17

(Представлено академіком НАН України В. І. Ляльком)

Наведено перші результати використання показників валової первинної продуктивності за даними супутникового продукту MOD17 за 2012–2013 рр. для обчислення параметрів асиміляції карбону посівами озимих зернових, соняшнику та кукурудзи Миколаївської, Дніпропетровської, Черкаської та південної частини Київської областей. Виявлено, що найвищі значення GPP ($8,86 \text{ г C} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$) були характерні для посівів озимих зернових у фазу колосіння-цвітіння. Ці показники впродовж наступного місяця різко знижувались до $2,6 \text{ г C} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$. Для періоду з жовтня 2012 р. до жовтня 2013 р. найвище сумарне значення GPP отримано для Дніпропетровщини (понад 17 Мт вуглецю). Загалом внесок рослинного покриву агроценозів у річні показники GPP становить понад 55% для Миколаївської та Дніпропетровської областей та понад 45% для Черкаської та південної частини Київської областей.

Ключові слова: валова первинна продуктивність, MOD17, посіви сільськогосподарських культур, супутниковий моніторинг.

Розвиток методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволяє проводити незалежний моніторинг балансу парникових газів в атмосфері та розраховувати обсяги їх викидів і поглинання задля адекватної інвентаризації об'ємних складових атмосфери антропогенного походження. Дистанційні дані про атмосферний вміст вуглекислого газу можна отримувати як безпосередньо за допомогою інфрачервоних газоаналізаторів, якими оснащені деякі супутники (наприклад, ENVISAT, GOSAT та ін.), так і опосередковано через значення показників валової первинної продуктивності рослинності (Gross Primary Productivity, GPP) з продукту MOD17 зі супутника Terra. В цьому випадку значення показників GPP, що розраховані за супутниковими даними, порівнюються з валовою продуктивністю відповідних екосистем, обчисленою на підставі прямих вимірювань потоків вуглекислого газу (CO_2)

методом вихрової коваріації (eddy covariance method), коли приземна концентрація CO_2 фіксується за допомогою комплекту метеорологічної апаратури, встановленої на спеціальних дослідних вежах. На даний час в Україні відсутні відповідні наземні станції виміру концентрацій парникових газів. Тому використання супутникових даних може певною мірою заповнити прогалину в реєстрації вмісту CO_2 в атмосфері.

Фахівцями Центру аерокосмічних досліджень Землі вже робились спроби залучити супутникову інформацію як для оцінки вмісту CO_2 в атмосфері над Україною, так і для визначення загальної кількості вуглецю, поглинутого рослинністю України, на прикладі лісів (листопадних і хвойних), трав'янистих угруповань та агроценозів [1–3]. Водночас відомо, що значна частина території України використовується для вирощування сільськогосподарських (далі с.-г.) культур. Зокрема, за даними Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2012 р. [4] частка земель, зайнятих с.-г. угіддями, становить майже 69% загальної площі, причому на них зростає чимало цих культур, які мають різні характеристики засвоєння вуглецю. Поглинання вуглецю с.-г. культурами може складати значну частку в сумарній величині стоку вуглекислого газу на території нашої країни. Разом з тим при оцінках депонування вуглецю внесок різних с.-г. культур в масштабах адміністративних областей і всієї України фактично не досліджений. Наявність інформаційного супутникового продукту MOD17 та класифікованих знімків MODIS за 2012–2013 рр. уможливила здійснення розрахунків стосовно регіональних показників поглинання CO_2 тими культурами, площі яких є достатніми для коректного застосування супутникових знімків MODIS з грубою просторовою розрізненістю.

Мета роботи — висвітлення перших результатів використання показників валової первинної продуктивності зі супутникового продукту MOD17 для обчислення параметрів поглинання CO_2 посівами озимих зернових, соняшнику та кукурудзи центральних і південних областей України, зокрема Миколаївської, Дніпропетровської, Черкаської та південної частини Київської областей.

Для дослідження динаміки поглинання CO_2 за вегетаційний період 2012–2013 рр. та оцінки сумарного внеску засвоєння вуглецю різними типами с.-г. культур було проведено суміщення класифікованих знімків території України з продуктом MOD17, 8-денні серії якого дозволяють оцінити GPP й NPP у кг С/м^2 за добу усереднено для пікселя площею 1 км^2 . Детальний опис алгоритму створення продуктів MOD17 можна знайти в роботах [5, 6 тощо]. Для вивчення динаміки та загальної суми поглинання CO_2 у межах площ під окремими с.-г. культурами нам необхідно було виконати власну класифікацію земного покриття, тому що агроценози продукту MOD12Q1 не розділяються на с.-г. культури. З цією метою проводились масштабні завіркові субмеридіональні маршрутні спостереження, що дозволило сформулювати сигнатури основних класів рослинного покриву агроценозів і провести достатньо надійну класифікацію земного покриття. В результаті сумісної обробки супутникових та наземних даних за методикою, викладеною в роботах [7–9], ми отримали класифіковані зображення MODIS для всієї території України.

При цьому в межах агроценозів, що відповідають класу 12 за номенклатурою Міжнародної геосфери-біосферної програми (International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP), виділялись ярі просапні культури, озимі культури, ярі зернові та зернобобові, оранка та відкритий ґрунт. Крім того, виділялись прибережна рослинність, луки заплав річок та заболочені землі (11), населені пункти (13), промислові зони та техногенні об'єкти (13, 16), водна поверхня (0), листяні (4) та хвойні ліси (1), кущі та луки, пасовища, неугіддя (7) тощо (у дужках позначено номер класу за номенклатурою IGBP). Завдяки суміщенню цих

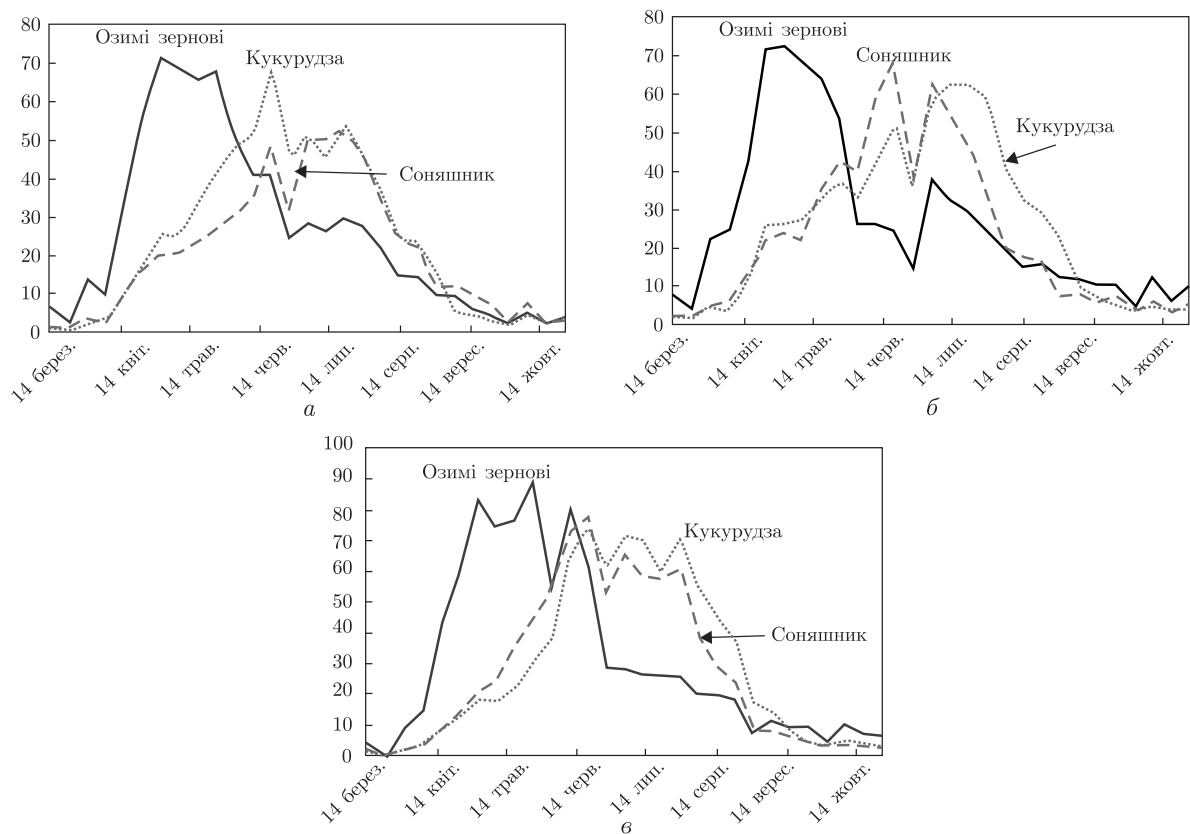


Рис. 1. Динаміка показників GPP основних сільськогосподарських культур досліджених областей України. По осі OX — початкова дата 8-денної серії знімка; по осі OY — GPP, $0,1 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$. Тут і на рис. 2. Область: Дніпропетровська (а), Миколаївська (б), Черкаська та південна частина Київської (в)

класифікованих зображень з продуктами MOD17 проведено досить детальний аналіз зміни GPP й NPP (Net Primary Productivity, первинна нетто-продуктивність) для конкретних с.-г. культур як впродовж вегетаційного циклу 2012–2013 рр., так і в цілому за рік, а також виявлено низку особливостей з кількісною оцінкою в межах окремих областей України, що знаходяться в різних ландшафтно-кліматичних зонах. З огляду на розмір пікселя продукту MOD17 (1 км^2) для зіставлення значень GPP й NPP з посівами с.-г. культур на класифікованому зображенні відбирались такі поля озимих зернових, соняшнику або кукурудзи, які повністю охоплювали піксели MOD17. Те саме стосується й інших класів земного покриття (листяні й соснові ліси, пасовища, луки заплав річок та зарості очерету). З кожної області для аналізу відібрано не менше 30 ділянок, отримані дані усереднювались для кожного класу в межах області.

Характеристика динаміки GPP сільськогосподарських культур під урожай 2013 р. в межах центральних та південних областей України. Період настання максимуму GPP озимих зернових однаковий для всіх досліджених областей і припадає на весняні місяці (квітень–травень) (рис. 1). Найвища амплітуда GPP у 2013 р. була характерна для озимих зернових Черкаської та південної частини Київської областей. Вона зафіксована у період 25 травня–01 червня 2013 р. і становила $8,86 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$, що в перерахунку дорівнює $8,55 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Максимальні значення GPP озимих зернових Миколаївської та Дніпропетровської областей у 2013 р., за даними MOD 17, спостерігались у період 01–08 травня (більш ніж на три тижні раніше, ніж на Черкащині та півдні Київщини) і мали між собою дуже незначні відмінності (7, 26 та 7, 13 г С · м⁻² · доба⁻¹ відповідно). Саме в цей період на окремих площах південної частини України, за даними Гідрометеоцентру [<http://www.apk-inform.com/ru/meteocond/1016736>], почалося передчасне колосіння озимих культур, зумовлене інтенсивним нагромадженням тепла. Станом на 31 травня 2013 р. розвиток усіх с.-г. культур в Україні відбувався зі значним випередженням середніх багаторічних термінів унаслідок підвищеного теплозабезпечення, оскільки за період 11 квітня–31 травня середня температура повітря перевищувала норму на 3°–4°C та зберігався дефіцит опадів. Наприкінці травня в озимих пшениці, ячменю та жита тривало масове колосіння і цвітіння колоса. На багатьох площах південних, східних, окремих площах центральних областей внаслідок відсутності ефективних опадів зазначалося передчасне пожовтіння та засихання листків, стебел рослин, а зерно озимого ячменю і пшениці надзвичайно рано досягло молочної стиглості [<http://www.apk-inform.com/ru/meteocond/1017439>].

Відзначені вище погодні умови чітко відображені на графіках GPP озимих зернових Миколаївської та Дніпропетровської областей, Зокрема на Миколаївщині станом на 02–09 червня значення GPP (2,6 г С · м⁻² · доба⁻¹) вдвічі менші, ніж за попередній період 25 травня–01 червня (5,32 г С · м⁻² · доба⁻¹). На Дніпропетровщині падіння показника GPP було не таким різким і спостерігалось дещо пізніше: у період 18–25 червня значення GPP озимих зернових тут становили 4,08 г С · м⁻² · доба⁻¹, а вже в наступний восьмиденний відтинок часу зменшились до 2,42 г С · м⁻² · доба⁻¹. Тоді було зафіксоване різке падіння GPP озимих зернових Черкащини та південної частини Київщини: від 6, 11 г С · м⁻² · доба⁻¹ за період 18–25 червня до 2,88 г С · м⁻² · доба⁻¹ у наступні 8 днів (26 червня–04 липня). Отже, процес дозрівання зерна супроводжується швидким зменшенням показників GPP озимих зернових у всіх досліджених областях України до приблизно однакових значень (у середньому до 2,6 г С · м⁻² · доба⁻¹). Наступне (в липні) незначне підвищення GPP цих територій у Миколаївській та Дніпропетровській областях найбільш вірогідно пояснюється запізненням із лушенням стерні та відростанням бур'янів на площах після збирання врожаю ранніх зернових.

Таким чином, аналіз динаміки показників GPP озимих зернових показав, що найбільші значення цього параметра були приурочені до фази колосіння-цвітіння. Під час досягання зерна озимих зернових відбувається різке падіння показників валової первинної продуктивності. До аналогічних висновків прийшли й вчені з Індійського інституту дистанційного зондування, вивчаючи методом вихрової коваріації газообмін озимої пшениці, вирощеної в західній частині штату Уттар-Прадеш [10]. У їхніх дослідках пікові значення GPP посівів пшениці досягались під час цвітіння рослин і становили 30 г СО₂ · м⁻² · доба⁻¹, що дорівнює 8,18 г С · м⁻² · доба⁻¹. Тоді ж спостерігались максимальні значення площі листової поверхні (листовий індекс коливався від 3,0 до 4,5). Разом з тим, на думку європейських дослідників, динаміка GPP більше корелює з площею поверхні всієї рослини, а не лише тільки з площею листків [11]. Причому визначені цими вченими за допомогою методу вихрової коваріації максимальні значення GPP посівів пшениці були майже вдвічі більші, ніж розраховані нами, та становили для різних ділянок на південному заході Франції 15,6 г С · м⁻² · доба⁻¹ (третя декада травня 2006 р.) та 18,9 г С · м⁻² · доба⁻¹ (21 квітня 2007 р.).

Влітку (червень-липень) спостерігалися високі значення GPP посівів соняшнику та кукурудзи, які, однак, не перевищували рівень озимих зернових. Високі показники GPP посі-

вів кукурудзи для всіх проаналізованих територій припадали на період від 18 червня до 28 липня–04 серпня, що відповідає фазам кінця листкоутворення, викидання волоті, цвітіння та наливу зерна. Такий розтягнутий в часі період активного фотосинтезу посівів кукурудзи може бути пояснений різними строками сівби цієї просапної культури [<http://www.apk-inform.com/ru/meteocond/1018218>].

Цікаво, що посіви соняшнику майже на всій дослідженій території (за винятком Дніпропетровської області) на початкових фазах вегетаційного періоду 2013 р., тобто в кінці травня–на початку червня, мали значення GPP у середньому на $0,5 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$ вищі, ніж посіви кукурудзи, але в подальшому посіви кукурудзи перевищували в середньому на $1\text{--}1,4 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$ посіви соняшнику за цим показником. На Дніпропетровщині в першій частині вегетаційного сезону посіви кукурудзи мали більші значення GPP у середньому на $1 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$, аніж посіви соняшнику, тоді як в другій половині вегетації за динамікою GPP ці посіви практично не відрізнялись.

Показник GPP посівів соняшнику в усіх досліджених областях характеризувався найнижчими значеннями серед інших с.-г. культур і не перевищував $8 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$. Таке саме співвідношення зафіксоване і в дослідях П. Безія зі співробітниками [11], які здійснювали виміри за допомогою мікрометеорологічного обладнання, проте отримані ними абсолютні максимальні значення GPP посівів соняшнику були в 1,7 раза більші ($13,7 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$). Достатньо високі показники GPP цієї олійної культури фіксувались нами теж протягом тривалого періоду (фактично на тиждень довше, ніж кукурудзи): з 10 червня до 28 липня–04 серпня, що відповідало фазам листкоутворення, цвітіння та формування кошиків і, вірогідно, було викликане розтягнутими в часі строками сівби соняшнику. Зниження високих показників GPP посівів традиційної олійної культури до значень близько $3 \text{ г С} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{доба}^{-1}$ тривало майже 56 днів, у той час як для озимих зернових — не більше одного місяця. Іншими словами, досягання зерна просапних культур супроводжується повільнішим, ніж у озимих зернових, падінням показників валової первинної продуктивності.

Отже, динаміка GPP просапних культур трьох досліджених областей у 2013 р. має таку особливість: амплітуда їх максимальних значень не перевищує рівень озимих зернових, а досягання зерна супроводжується повільнішим, аніж у озимих зернових, падінням показників валової первинної продуктивності. Впродовж другої половини вегетації показники GPP посівів кукурудзи перевищували відповідні показники посівів соняшнику (за винятком Дніпропетровської області). Значення валової первинної продуктивності посівів соняшнику на всій дослідженій території не досягали рівня ані посівів озимих зернових культур, ані посівів кукурудзи.

Дослідження показників GPP й NPP у межах центральних та південних областей України. Проведені нами підрахунки показують, що для вегетаційного циклу жовтень 2012 р.–жовтень 2013 р. найвище сумарне значення GPP, усереднене і перераховане для розрахункової площі області, було характерне для Дніпропетровщини (понад 17 Мт вуглецю), а в Миколаївській та Черкаській областях воно було відповідно на 20 й 25% нижче (рис. 2). Підкреслимо, що розрахункова площа області не включає водну поверхню значних водойм та порівняно великі населені пункти у відповідності до маски продукту MOD17. Якщо, наприклад, загальна площа Миколаївської області становить 24598 км^2 , то розрахункова площа менша і становить $23332,5 \text{ км}^2$, тобто вона приблизно дорівнює 95% від загальної. Як видно з рисунку, різні класи земного покриття формують свій внесок у цей показник.

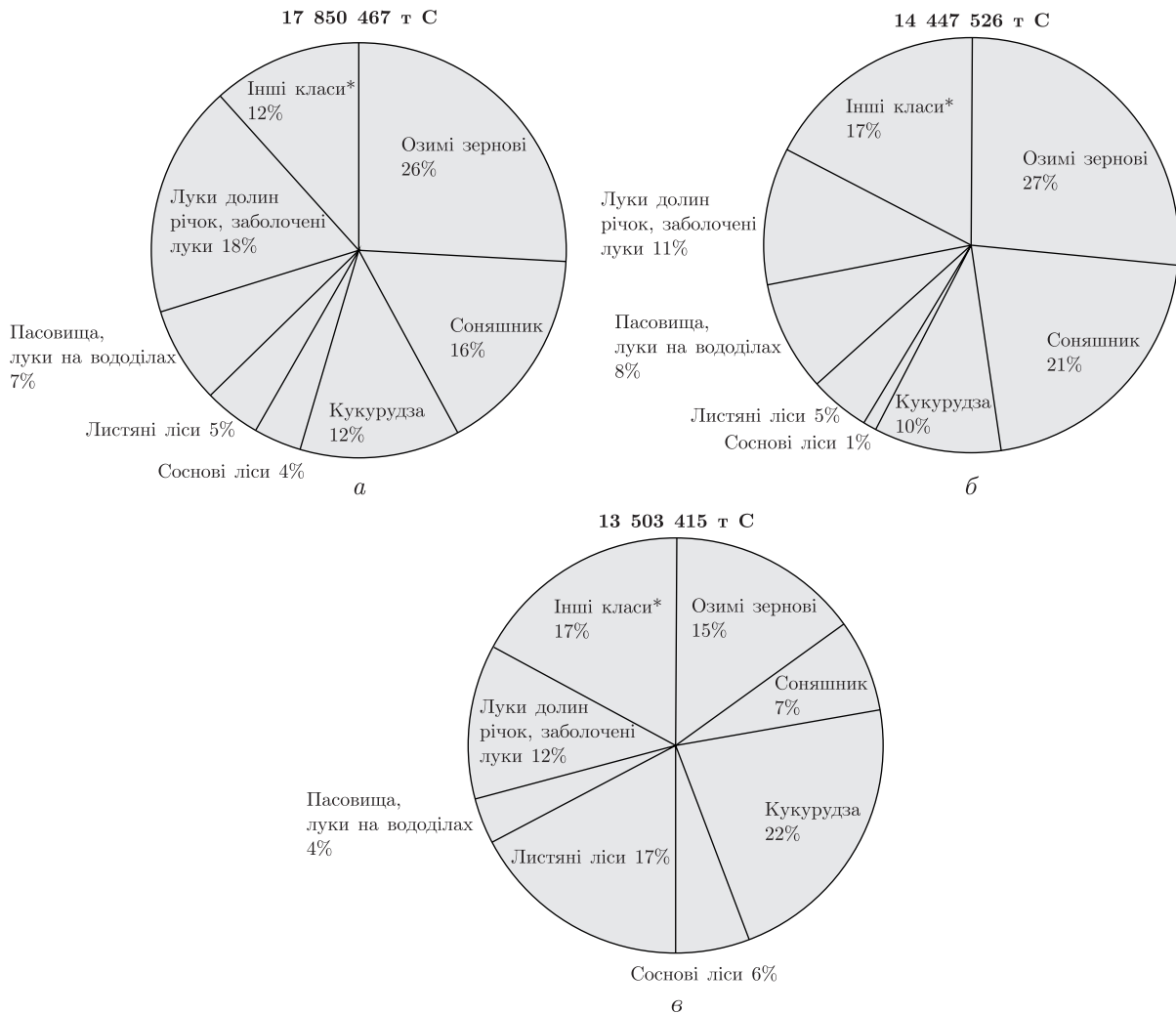


Рис. 2. Внесок різних класів земного покриття в показники GPP та їх сумарні річні значення (над діаграмами) для областей України під урожай 2013 р. за даними MOD17.

Примітка: до інших класів об'єднано класи: ярі зернові культури, ріпак, овочеві культури, соя, виноградини, поверхня невеликих озер і річок, а також дороги, населені пункти сільського типу та невеликі інфраструктурні об'єкти, що не входять до маски продукту MOD17

Зокрема, в Дніпропетровській та Миколаївській областях більш ніж четверта частина загального значення поглинання вуглецю для формування первинної валової продуктивності припадає на частку озимих зернових культур, натомість на Черкащині більш вагомий внесок у цей показник забезпечують посіви кукурудзи (22%). З півночі на південь зростає частка внеску посівів соняшника в загальний показник GPP (від 7% на Черкащині до 16% на Дніпропетровщині та 21% на Миколаївщині). Загалом, внесок рослинного покриву агроценозів у річні показники GPP становить понад 55% для Миколаївської та Дніпропетровської областей та понад 45% для Черкаської області. Звичайно, таке поглинання CO₂ необхідно враховувати у загальному карбоновому балансі.

Хоча ліси Черкаської та півдня Київської областей займають площу близько 15%, частка їх внеску в значення річної первинної валової продуктивності у 2013 р. досить значна

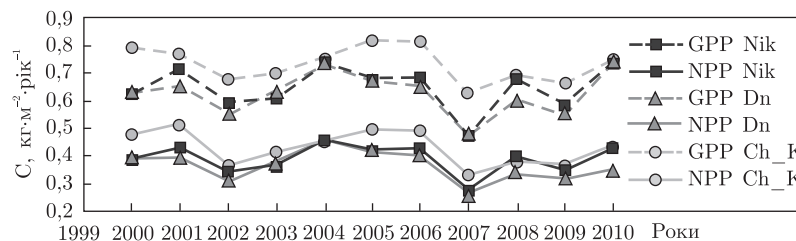


Рис. 3. Річні значення GPP й NPP, усереднені для розрахункової площі Дніпропетровської, Миколаївської, Черкаської та півдня Київської областей за 2000–2010 рр. за даними MOD17 A3.

Умовні позначення: штрихова лінія — значення GPP; суцільна лінія — значення NPP; маркери: трикутник — Дніпропетровська область, квадрат — Миколаївська, коло — Черкаська та південь Київської області

і досягає 23%, а в областях, розташованих південніше, вона майже вдвічі менша і не перевищує 10%.

При зіставленні динаміки середньорічного GPP й NPP трьох досліджених областей (рис. 3) за десятилітній період добре помітно, що в Черкаській області ці показники, як правило, значно вищі (приблизно на 10–15%, за винятком 2004 та 2010 рр.), ніж у Миколаївській та Дніпропетровській областях. У той же час Миколаївська та Дніпропетровська області за ними впродовж десятиліття майже не відрізняються одна від одної. Для Миколаївської області показники дещо вищі, але неістотно.

Перерахунки значень GPP з C кг · м⁻² за даними MOD17 A2 в усереднені значення поглинання CO₂ мкмоль/(м² · с⁻¹) показують, що вони змінюються в інтервалі приблизно від 1,4 до 3,3 мкмоль/(м² · с⁻¹). Найменші значення характерні для територій, де зафіксовано посіви соняшника в Дніпропетровській області, а найбільші — для територій листяних лісів Черкаської та південних районів Київської областей. Слід відзначити, що за даними MOD17 A2 в періоди активної фази вегетації значення GPP й NPP істотно перевищують усереднені значення у мкмоль/(м² · с⁻¹), які зведені до сумарних річних нагромаджень показників GPP й NPP. Так, в окремі періоди росту за 8-денними серіями MOD17 A2 фіксуються значення GPP, що, наприклад, для озимих зернових в 4,5 раза перевищують усереднені за рік. Те саме стосується інших типів рослинного покриття.

Таким чином, застосування продукту MOD17 надало можливість дослідити динаміку показника валової первинної продуктивності трьох основних сільськогосподарських культур — озимих зернових, кукурудзи й соняшнику та розрахувати як сумарні річні значення цього параметра, так і внесок до нього окремих класів земного покриття на прикладі Миколаївської, Дніпропетровської, Черкаської та південної частини Київської областей. В подальшому планується продовжити подібний моніторинг для наступних років та інших областей, а також провести ретроспективні дослідження для окремих ділянок з метою виявлення тенденції зміни показників GPP й NPP у часі.

Цитована література

1. Мовчан Д. М. Можливості використання даних супутникових зйомок MODIS для оцінки продуктивності різних видів рослинності та оцінки потоків CO₂ в системі рослинність – атмосфера (на прикладі території України) // Доп. НАН України. – 2008. – № 8. – С. 108–112.
2. Изменения земных систем в Восточной Европе / Отв. ред. В. И. Лялько. – Киев: Фолиант, 2010. – 582 с.
3. Лялько В. І., Сахацький О. І., Костюченко Ю. В., Артеменко І. Г., Жолобак Г. М., Левчик О. І., Мовчан Д. М. Космічний моніторинг балансу парникових газів з метою уточнення їхньої інвентаризації // Космічна наука і технологія. – 2012. – 18, № 2. – С. 3–14.

4. *Національна доповідь* про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2012. – році. – Київ: Центр екол. освіти та інформ., 2013. – 415 с.
5. *Jing Chen, Huifang Zhang, Zirui Liu, Mingliang Che, Baozhang Chen.* Evaluating parameter adjustment in the MODIS gross primary production algorithm based on eddy covariance tower measurements // *Remote Sens.* – 2014. – **63**, No 4. – P. 3321–3348.
6. *User's Guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) Products NASA MODIS Land Algorithm; Version 2.0.* – Washington: MODIS Land Team, DC, USA, 2003. – 17 p.
7. *Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування* / Під ред. В.І. Лялька, М.О. Попова. – Київ: Наук. думка, 2006. – 357 с.
8. *Sakhatsky A. I., Lyalko V. I., Khodorovsky A. Ja., Bujanova I. Ja., McCallum J.* Classification of space images for forest state identification within the Siberia region. Inter. Rep. (Part 1). – Laxenburg: Austria, IIASA, IR – 02–29, 2002. – Apr.: 45. Режим доступу до матеріалів: <http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/IR-02-029.pdf>.
9. *Lyalko V. I., Nilsson S., Sakhatsky A. I., Shvidenko A., McCallum J., Hodorovsky A. Ja., Harechko O. G.* Earth observation of Ukraine and Siberia for an estimation of their state, fire risk and carbon cycle // *New Strategies for European Remote Sensing* / Ed. M. Oluic. – Rotterdam: Millpress, 2005. – P. 269–277.
10. *Patel N. R., Dadhwal V. K., Saha S. K.* Measurement and scaling of carbon dioxide (CO₂) exchange in wheat using flux-tower and remote sensing // *ISPRS Archives XXXVIII-8/W3 Workshop Proceedings: Impact of Climate Change on Agriculture*, Dec. 17–18, 2009. – Ahmedabad, India, 2009. – P. 250–255.
11. *Béziat P., Ceschia E., Dedieu G.* Carbon balance of a three crop succession over two cropland sites in South West France // *Agricul. and For. Meteorol.* – 2009. – **149**. – P. 1628–1645.

References

1. *Movchan D. M.* Dopov. NAS Ukraine, 2008, No 8: 108–112 (in Ukrainian).
2. *Earth systems change over Eastern Europe.* Ed. V. I. Lyalko, Kiev: Folyant, 2010 (in Russian).
3. *Lyalko V. I., Sakhatsky A. I., Kostyuchenko Y. V., Artemenko I. G., Zholobak G. M., Levchik E. I., Movchan D. M.* Space sci. and technol., 2012, **18**, No 2: 3–14 (in Ukrainian).
4. *The National Report on the State of Environment in Ukraine in 2012.* Kyiv: Tsentr ekol. osvity and inform., 2013 (in Ukrainian).
5. *Jing Chen, Huifang Zhang, Zirui Liu, Mingliang Che, Baozhang Chen.* Remote Sens., 2014, **63**, No 4: 3321–3348.
6. *User's Guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) Products NASA MODIS Land Algorithm; Version 2.0.* Washington: MODIS Land Team, DC, USA, 2003.
7. *Multispectral remote sensing in nature management.* Ed. V. I. Lyalko, M. O. Popov. Kyiv: Nauk. Dumka, 2006 (in Ukrainian).
8. *Sakhatsky A. I., Lyalko V. I., Khodorovsky A. Ja., Bujanova I. Ja., McCallum J.* Inter. Rep. Laxenburg: Austria, IIASA, IR-02-29, 2002, Apr.: <http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/IR-02-029.pdf>
9. *Lyalko V. I., Nilsson S., Sakhatsky A. I., Shvidenko A., McCallum J., Hodorovsky A. Ja., Harechko O. G.* New Strategies for European Remote Sensing. Ed. M. Oluic. Rotterdam: Millpress, 2005.
10. *Patel N. R., Dadhwal V. K., Saha S. K.* ISPRS Archives XXXVIII-8/W3 Workshop Proceedings: Impact of Climate Change on Agriculture, Dec. 17–18, 2009. Ahmedabad, India, 2009.
11. *Béziat P., Ceschia E., Dedieu G.* Agricul. and For. Meteorol., 2009, **149**: 1628–1645.

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень
Землі Інституту геологічних наук
НАН України”, Київ

Надійшло до редакції 25.06.2015

А. И. Сахацкий, Г. М. Жолобак

Исследование валовой первичной продуктивности основных сельскохозяйственных культур центральных и южных областей Украины с использованием спутникового продукта MOD17

ГУ “Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины”, Киев

Представлены первые результаты использования показателей валовой первичной продуктивности по данным спутникового продукта MOD17 за 2012–2013 гг. для вычисления параметров ассимиляции карбона посевами озимых зерновых, подсолнечника и кукурузы Николаевской, Днепропетровской, Черкасской и южной части Киевской областей. Выявлено, что наиболее высокие значения GPP ($8,86 \text{ г C} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$) были характерны для посевов озимых зерновых в фазу колошения-цветения. Эти показатели в течение следующего месяца резко снижались до $2,6 \text{ г C} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$. Для периода с октября 2012 г. по октябрь 2013 г. максимальное суммарное значение GPP было получено для Днепропетровщины (более 17 Мт углерода). В целом вклад растительного покрова агроценозов в годовые показатели GPP составляет около 55% для Николаевской и Днепропетровской областей и около 45% для Черкасской и южной части Киевской областей.

Ключевые слова: валовая первичная продуктивность, MOD17, посевы сельскохозяйственных культур, спутниковый мониторинг.

O. I. Sakhatskyi, G. M. Zholobak

Research of the gross primary productivity of main agricultural crops for the central and south regions of Ukraine using MOD17 satellite data

Scientific centre for aerospace research of the Earth Institute of geological science of the NAS of Ukraine, Kiev

The first results on using the gross primary productivity data from the satellite product MOD17 for the 2012–2013 vegetation cycle are presented for the calculation of parameters of the carbon assimilation by winter wheat, sunflower and maize crops within the Mykolayiv, Dnipropetrovsk, Cherkasy regions and southern part of the Kiev region. It is revealed that the highest values of GPP ($8.86 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$) are typical of winter wheat in heading-flowering stages, and then they sharply reduced to $2.6 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ over the next month. For the period from October 2012 to October 2013, the maximum total GPP was for the Dnipropetrovsk region (more than 17 Mt of carbon). Overall, the contribution of the agrovegetation to GPP annual values is about 55% for the Mykolayiv and Dnipropetrovsk regions and around 45% for the Cherkasy region and southern part of the Kiev region.

Keywords: Gross Primary Productivity, MOD17, croplands, satellite monitoring.