

УДК 504.064.3:(528.8:581.543)](477.8)

Аналіз фенологічного розвитку лісових рослинних угруповань Західного Полісся та Українських Карпат на основі інформаційних продуктів EOS/MODIS

С. А. Станкевич, А. О. Козлова*, О. В. Матвієнко

ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України", Київ, Україна

Проведено розрахунки фенологічних метрик лісової рослинності Західного Полісся та Українських Карпат на основі інформаційних продуктів EOS/MODIS. За результатами аналізу одержаних даних виявлено просторові та часові особливості фенологічного розвитку лісових рослинних угруповань обраних територій дослідження.

Ключові слова: фенологічний розвиток, фенологічні метрики, лісові рослинні угруповання, інформаційні продукти EOS/MODIS, Західне Полісся, Українські Карпати

© С. А. Станкевич, А. О. Козлова, О. В. Матвієнко. 2014

Вступ

Реакція наземних природних екосистем на зміни кліматичних умов є ключовим аспектом прогнозування наслідків глобальної зміни клімату [2]. Для достовірного оцінювання таких реакцій необхідне проведення комплексного моніторингу параметрів, які характеризують зміни стану окремих складових елементів екосистеми.

Зміни, що відбуваються у фенологічний розвиток рослин, відносять до важливих індикаторів змін клімату. Під фенологічним розвитком рослин, а також їх угруповань розуміють закономірне чергування та щорічне повторення одних і тих же сезонних циклів — вегетації і спокою, росту пагонів, цвітіння, плодоношення, старіння та опадання листя.

Методи і дані дистанційного зондування Землі знаходять широке застосування у вивченні фенології рослинних угруповань. Велика увага в цьому питанні приділена американськими вченими Jeremy I. Fisher, Bradley C. Reed, Mark A. Friedl, Jesslyn F. Brown, Amy Miller, Dayne Broderson, Tom Heinrichs [6, 10, 12–13] та ін. Ряд тематичних досліджень проведено норвезькими — Stein R. Karlsen, Kjell A. Høgdal, Frans E. Wielgolaski, Anne Tolvanen, Eero Kubin [7–8] та китайськими вченими — Xiangzhong Luo, Xiaoqiu Chen, Lin Xu [9]. Сезонну динаміку екосистем вивчають і науковці Інституту космічних досліджень РАН — М. А. Медведева, В. В. Елсаков, І. Ю. Савин, С. А. Барташов [4].

На території України вітчизняні науковці також проводять фенологічні спостереження, серед авторів таких робіт виділяють І. Фекета, Я. Я. Білик, Ю. Г. Гринюка, І. І. Делеган, А. В. Козурак та ін. [1, 3]. Довготривалі спостереження за сезонними змінами рослинності, які проводяться переважно в межах об'єктів

природно-заповідного фонду, мають дуже локалізований характер.

Метою даного дослідження є виявлення просторово-часових особливостей фенологічного розвитку лісових рослинних угруповань на території Західного Полісся та Українських Карпат в період з 2008 до 2013 рр. на основі інформаційних продуктів EOS/MODIS.

Територія дослідження

В роботі розглянуто рослинні угруповання Західного Полісся та Українських Карпат, які мають суттєві відмінності за своїми природними характеристиками.

Західне Полісся характеризується рівнинним рельєфом, помірним кліматом (м'якою зимою та теплим літом, значними опадами), а також значною заболочуваністю території. Лісова рослинність представлена, переважно, хвойними породами (соснові бори) з переходом з заходу на схід до мішаних лісів (хвойно-широколистяних).

Основним фактором, який визначає кліматичні умови та рослино-видовий склад Українських Карпат є висотна диференціація. За М. С. Андріановим, клімат цієї складчастої області характеризується як помірно-континентальний з надмірним і достатнім зволоженням, нестійкою весною, нежарким літом, теплою осінню і м'якою зимою [5]. Розподілу рослинності притаманна зональність відповідно до гіпсометричних рівнів території. Так, на нижчих рівнях поширені теплолюбні широколистяні ліси (дуб, бук, граб) з досить тривалим вегетаційним періодом (більше 200 днів). З підняттям вгору, спочатку в якості домішок, а далі як переважаючий вид, до листяних порід долучаються хвойні — ялиця, смерека, рідше сосна.

*ak@casre.kiev.ua

Вихідні дані та методи дослідження

Для дослідження використовувались інформаційні продукти сенсора MODIS на платформі EOS — MOD13Q1 та MCD12Q1.

MOD13Q1 — продукт третього рівня обробки з інформацією про вегетаційні індекси (NDVI). Часова розрізненість знімків — 16 днів, просторова розрізненість 250 м.

MCD12Q (Land Cover) — продукт щорічної класифікації типів земного покриву. Даний продукт включає п'ять різних схем класифікації. В дослідженні використовувались супутникові знімки з класифікацією IGBP просторовою розрізненістю 500 м.

Зважаючи на те, що території інтересу не потрапляють в одну сцену зйомки, для кожної із них було отримано та оброблено окремий пакет даних. В ході дослідження було використано 170 сцен MOD13Q1 та 8 щорічних сцен MCD12Q1 за період 2008–2013 рр. Внутрішньорічний часовий діапазон дослідження становить 9 місяців — з березня по листопад включно. На кожен рік для кожної території оброблено по 17 сцен MOD13Q1.

Дослідження базувалися на алгоритмі, розробленому у Географічній інформаційній мережі Аляски та Службі Національних парків США [11]. Даний алгоритм було модифіковано для визначення листяних та мішаних лісів на території дослідження.

Для визначення окремих типів земного покриву на основі сцен MCD12Q1 було створено маски з відповідними класами (4 та 5), які застосовувались до сцен MOD13Q1. В результаті було отримано зображення NDVI лише для листяних та мішаних лісів (рис. 1).

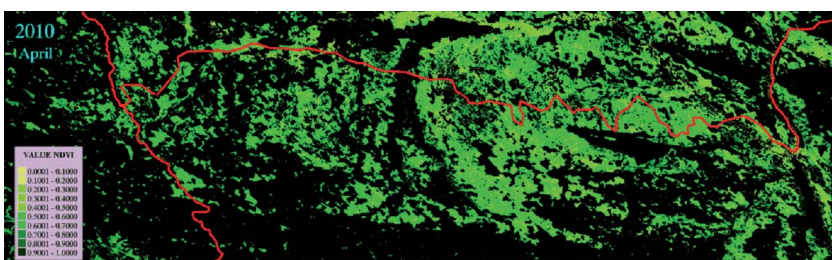
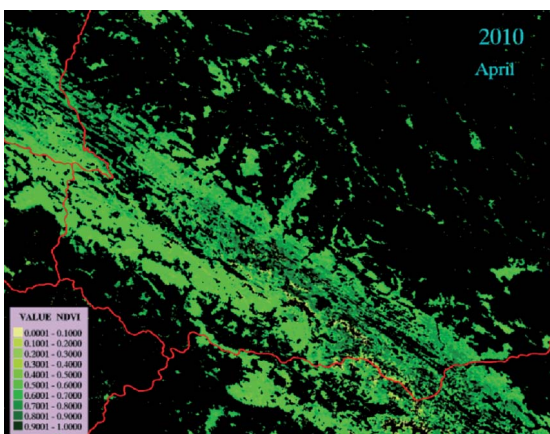


Рис. 1. Зображення NDVI для широколистяних та мішаних лісів, 7 квітня 2010 р.; а — Українські Карпати, б — Західне Полісся

У дослідженні обчислено 4 основні метрики, за якими можна охарактеризувати вегетаційний період рослин: SOS (start of season) — початок вегетаційного періоду, MAX (maximum) — момент піку вегетаційного періоду, EOS (end of season) — кінець вегетаційного періоду, GSL (growing season length) — тривалість вегетаційного періоду.

Було відібрано по 3 тестові ділянки, які відповідають окремим пікселям сцен: на території Західного Полісся в межах НПП “Шацький”, на території Українських Карпат — НПП “Ужанський”. Для кожної ділянки визначались значення NDVI, які структурувалися та систематизувалися. Далі за отриманими даними виконувалися інтерполяція, згладження та розрахунок фенологічних метрик.

Значення метрик визначалися точками перетину сповільненого ковзаючого середнього (рис. 2), з відповідною кривою часового ряду NDVI.

Обчислення початку, піку та кінця вегетаційного періоду виконувалось шляхом пошуку найпершого та найпізнішого зближення або перетинання кривої часового ряду і кривої середнього ковзаючого, а також зближення (перетину) з максимальним значенням NDVI. Тривалість вегетаційного періоду визначалася як різниця дат кінця та початку вегетаційного періоду.

Розрахунок всіх чотирьох метрик проводився для всіх еталонних пікселів за даними кожного з 5-ти досліджуваних років (таблиця 1).

Аналіз отриманих даних

Аналіз динаміки змін значень показників фенологічного розвитку широколистяних лісів і мішаних лісів дозволяє відмітити особливості розподілу значень NDVI на знімках, які значною мірою залежать від висотних характеристик місцевості.

Зважаючи на більш менш рівнинний рельєф Західного Полісся, ця територія характеризується відносно рівномірним розподілом NDVI впродовж всього періоду дослідження. На відміну від Полісся, розподіл показників на території Українських Карпат має досить чіткі межі, що пов'язано з кліматичною зональністю, яка пояснюється висотною поясністю місцевості. За отриманими даними можна заключити, що вегетаційний період на вищих гіпсометричних відмітках настає раніше, ніж на

нижчих, що пов'язано з суворішим кліматом на цих висотах. Крім того, 2011 рік характеризується досить тривалим літом, зважаючи, що по всіх 6 тестових ділянках момент зниження значень NDVI настає дещо пізніше, на відміну від інших років.

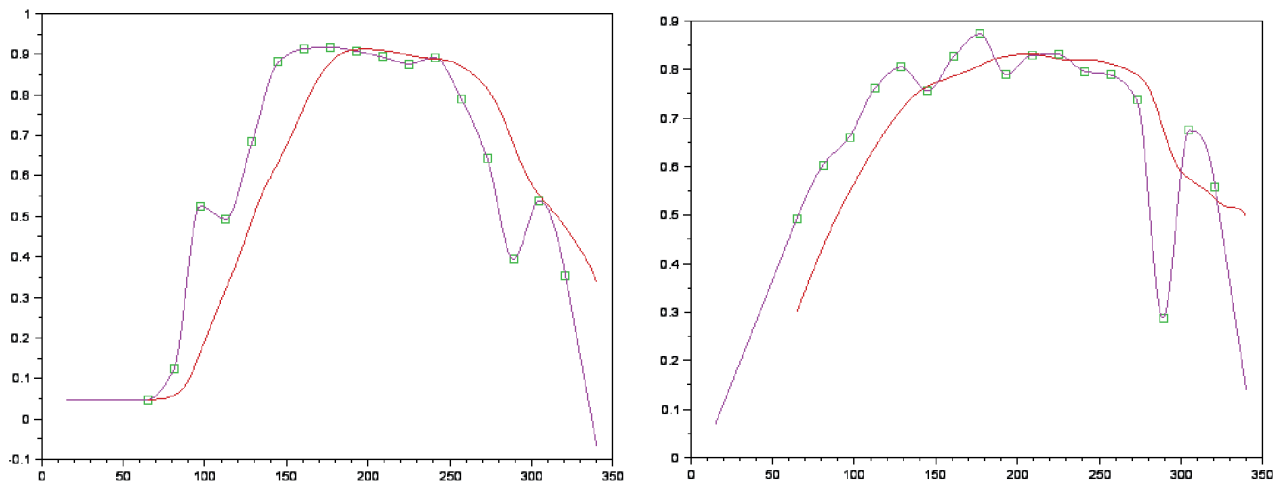


Рис. 2. Інтерпольовані згладжені часові ряди 2009 року тестових ділянок № 1 та їх криві ковзаючого середнього: а — Українські Карпати, б — Західне Полісся

Таблиця 1

Результативна таблиця фенологічних метрик Українських Карпат та Західного Полісся

| метрика/рік | Українські Карпати | | | | | Західне Полісся | | | | |
|-------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| | еталонна ділянка № 1 | | | | | | | | | |
| SOS | 65 | 91 | 65 | 86 | 96 | 120 | 114 | 65 | 96 | 95 |
| MAX | 177 | 177 | 177 | 209 | 193 | 177 | 241 | 193 | 225 | 145 |
| EOS | 308 | 302 | 340 | 309 | 318 | 322 | 322 | 295 | 296 | 309 |
| GSL | 243 | 211 | 275 | 223 | 222 | 202 | 208 | 230 | 200 | 244 |
| метрика/рік | еталонна ділянка № 2 | | | | | | | | | |
| | SOS | 109 | 114 | 65 | 100 | 90 | 120 | 99 | 100 | 87 |
| MAX | 161 | 161 | 161 | 161 | 193 | 177 | 241 | 225 | 305 | 145 |
| EOS | 285 | 315 | 340 | 322 | 323 | 300 | 303 | 298 | 317 | 317 |
| GSL | 176 | 201 | 275 | 222 | 233 | 180 | 204 | 198 | 230 | 218 |
| метрика/рік | еталонна ділянка № 3 | | | | | | | | | |
| | SOS | 119 | 84 | 90 | 65 | 97 | 117 | 65 | 65 | 98 |
| MAX | 145 | 177 | 161 | 193 | 193 | 177 | 161 | 161 | 209 | 177 |
| EOS | 307 | 317 | 340 | 335 | 325 | 29 | 318 | 315 | 325 | 317 |
| GSL | 188 | 233 | 250 | 270 | 228 | 174 | 253 | 250 | 227 | 223 |

Висновки

Фенологічні метрики отримані методами ДЗЗ дозволяють фіксувати щорічні зміни та багаторічні тенденції у тривалості та особливостях вегетаційного періоду рослинності. Використаний підхід надає можливість досліджувати фенологічний розвиток рослинності окремих типів земного покриття, отримуючи дані лише для визначеного класу.

Зважаючи на відсутність чітких тенденцій та явних динамік в період 2009–2013 рр. на всіх ділянках, виникає необхідність збільшити часовий міжрічний діапазон хоча б до десяти років.

Література

- Білик Я. Я. Фенологічні спостереження на об'єктах природно-заповідного фонду як складова моніторингу кліматичних змін / Я. Я. Білик, Ю. Г. Гринюк // Природно-заповідний фонд України — минуле, сьогодення, майбутнє: мат. міжнар. наук.-практ. конф., 26–28 травня 2010 р. Тернопіль: Підручники і посібники, 2010.— С. 237–241.
- Глобальна зміна клімату — сучасні погляди та тенденції [Електронний ресурс]: Український гідрометеорологічний центр — Режим доступу: URL: <http://meteo.gov.ua/ua/33464/zmi/articles/read/61> — Назва з екрана.

3. Делеган І. І. Фенологічна мінливість екотипів географічних культур бука лісового в умовах Львівського Розточчя / І. І. Делеган, О. С. Скобало // Науковий вісник НЛТУ України: Природничі дослідження на Розточчі. Львів: РВВ НЛТУ України, 2010. — Вип. 20. 16. — 288 с.
4. Медведева М. А. О связи фенологического развития растительности таежной зоны с величиной NDVI, определенной по спутниковым данным / М. А. Медведева, В. В. Елсаков, И. Ю. Савин, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010. — Т. 7 (№ 1) — С. 319–329.
5. Природа Українських Карпат / [Колектив авторів. За ред. проф. К. І. Геренчука]. — Львів: вид-во льв. Ун-ту, 1968. — 266 с.
6. Fisher J. I, Mustard J. F., Vadeboncoeur M. A. Green leaf phenology at Landsat resolution: Scaling from the field to the satellite // Remote Sensing of Environment. — 100(2). — 2006. — p. 265–279.
7. Hogda K. A., Karlsen S. R., Solheim I. Climatic change impact on growing season in Fennoscandia studied by a time series of NOAA AVHRR NDVI data // Proc Int Geosci Remote Sens Symp. — 3. — 2001. — p. 1338–1340.
8. Karlsen S. R., Hogda K. A., Wielgolaski F. E., et al. Growing-season trends in fennoscandia 1982–2006, Determined from satellite and phenology data // Clim. Res. — 39. — 2009. — p. 275–286.
9. Luo X., Chen X., Xu L., et al. Assessing performance of ndvi and ndvi3g in monitoring leaf unfolding dates of the deciduous broadleaf forest in northern china // Remote Sens. — 5. — 2013. — p. 845–86.
10. Melaas K., Friedl M. A., Zhu Z. Detecting interannual variation in deciduous broadleaf forest phenology using Landsat tm/etm+ dataEli // Remote Sensing of Environment — 132 – 2013 — p. 176–185.
11. MODIS-derived NDVI metrics [Electronic recourse] // Geographic Information Network of Alaska. — Mode of access: URL <http://www.gina.alaska.edu/projects/modis-derived-ndvi-metrics>. — Last access: 2014. — Title from the screen.
12. Reed B., Budde M., Spencer P., Miller A. E. Integration of modis-derived metrics to assess interannual variability in snowpack, lake ice, and NDVI in southwest Alaska // Remote Sensing of Environment — 113. — 2009 — p. 1443–1452.
13. Soudani, K., Hmimina, G., Delpierre, N., Pontailier, J., et al. Ground-based Network of NDVI measurements for tracking temporal dynamics of canopy structure and vegetation phenology in different biomes // Remote Sensing of Environment — 123. — 2012. — p. 234–245.

АНАЛИЗ ФЕНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЛЕСНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ И УКРАИНСКИХ КАРПАТ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ TERRA / MODIS

С. А. Станкевич, А. А. Козлова, Е. В. Матвиенко

Проведены расчеты фенологических метрик для лесной растительности с использованием информационных продуктов EOS/MODIS. По полученным результатам выполнен анализ пространственных и временных особенностей и тенденций их вегетационного развития.

Ключевые слова: фенологическое развитие, фенологические метрики, лесные растительные сообщества, информационные продукты EOS/MODIS, Западное Полесье, Украинские Карпаты

PHENOLOGICAL ANALYSIS OF FOREST VEGETATION WITHIN WESTERN POLISSIA AND UKRAINIAN CARPATHIANS DERIVED FROM EOS/MODIS INFORMATION PRODUCTS

S. A. Stankevich, A. O. Kozlova, O. V. Matvienko

Calculation of phenological metrics for forest vegetation has been carried out using EOS /MODIS informational products. Analysis of spatial and temporal features and trends of vegetation development has been executed according to the results.

Keywords: phenological development, phenological metrics, forest plant community, EOS /MODIS information products, Western Polissia, the Ukrainian Carpathians