

УДК 528.8.04:(630.95.003.12:574.4)(477)

**В. І. Лялько<sup>1</sup>, М. О. Попов<sup>1</sup>, В. О. Яценко<sup>2</sup>, О. І. Сахацький<sup>1</sup>, С. А. Станкевич<sup>1</sup>, Я. І. Зєлик<sup>2</sup>,  
А. О. Козлова<sup>1</sup>, Д. М. Мовчан<sup>1</sup>, Г. М. Жолобак<sup>1</sup>, В. І. Набівач<sup>2</sup>, О. В. Семенів<sup>2</sup>, Л. В. Підгородецька<sup>2</sup>,  
О. А. Апостолов<sup>1</sup>, С. С. Дугін<sup>1</sup>, І. О. Пєстова<sup>1</sup>, І. Д. Семко<sup>2</sup>, М. В. Ваколюк<sup>1</sup>, О. В. Краснопір<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Державна установа «Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі  
Інституту геологічних наук Національної академії наук України», Київ

<sup>2</sup> Інститут космічних досліджень Національної академії наук України  
і Державного космічного агентства України, Київ

## РОЗРОБКА МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ОЦІНЮВАННЯ БІОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛІСОВИХ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ ТА АГРОФІТОЦЕНОЗІВ У МЕЖАХ РІЗНИХ ЛАНДШАФТНО-КЛІМАТИЧНИХ ЗОН ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

*Наведено основні результати спільної роботи Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України та Інституту космічних досліджень Національної академії наук України і Державного космічного агентства України, що виконувалася протягом 2014 р. в рамках цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012—2016 рр. Представлено розроблені методи та моделі дистанційного оцінювання біофізичних параметрів лісових рослинних угруповань та агрофітоценозів у межах різних ландшафтно-кліматичних зон території України.*

**Ключові слова:** біофізичні параметри, космічні знімки, дистанційне зондування, лісові рослинні угруповання, агрофітоценози, ландшафтно-кліматичні зони України.

В рамках Цільової комплексної програми Національної академії наук України з наукових космічних досліджень на 2012 — 2016 рр. у Науковому центрі аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України спільно зі спеціалістами Інституту космічних досліджень Національної академії наук України і Державного космічного агентства України розробляються методи дистанційного оцінювання біофізичних параметрів лісо-

вих рослинних угруповань та агрофітоценозів у межах різних ландшафтно-кліматичних зон території України. Робота здійснюється з метою підвищення достовірності визначення біофізичних параметрів типових фітоценозів основних ландшафтно-кліматичних зон України на основі комплексного оброблення багатоспектральних супутникових зображень та даних наземних вимірювань.

У рамках проекту вже проведено певний комплекс досліджень з розробки методів оцінювання обраних біофізичних лісових рослинних угруповань та агрофітоценозів з використанням наземних і супутникових даних, а саме:

- розроблено метод оцінювання індексу листової поверхні (*LAI*) та біомаси на основі ком-

---

© В. І. ЛЯЛЬКО, М. О. ПОПОВ, В. О. ЯЦЕНКО,  
О. І. САХАЦЬКИЙ, С. А. СТАНКЕВИЧ, Я. І. ЗЕЛИК,  
А. О. КОЗЛОВА, Д. М. МОВЧАН, Г. М. ЖОЛОБАК,  
В. І. НАБІВАЧ, О. В. СЕМЕНІВ, Л. В. ПІДГОРОДЕЦЬКА,  
О. А. АПОСТОЛОВ, С. С. ДУГІН, І. О. ПЕСТОВА,  
І. Д. СЕМКО, М. В. ВАКОЛЮК, О. В. КРАСНОПІР, 2015

плексування даних LiDAR та польових вимірювань [9];

- розроблено метод оцінювання *LAI* на основі комплексування інформації, що одержується з багатоспектральних космічних знімків середньої просторової розрізненості та польових вимірювань [2, 6, 7];

- визначено характеристики фенологічного розвитку лісових рослинних угруповань на основі інформаційних продуктів MODIS [5, 8];

- одержано оцінки динаміки та залежностей вибраних біофізичних параметрів для рослинного покриву різних тестових ділянок з кліматичними чинниками;

- розроблено методику для оцінювання продуктивності основних сільгоспкультур агроценозів у різних ландшафтно-кліматичних зонах України за наземними та супутниковими даними на основі продуктів MODIS (MOD17);

- проведено оцінювання зволоження земного покриття на основі продуктів MODIS (MOD11 та MOD13) для різних ландшафтно-кліматичних зон України, у першу чергу південних регіонів (степова зона).

Розроблено математичну модель дистанційного оцінювання стану лісів з використанням спектральних даних. Набув подальшого розвитку новий метод побудови робастної регресійної моделі оцінювання стану лісу на основі експертних оцінок.

Розроблено ряд модифікацій процедури оброблення супутникових зображень для задачі оцінювання біофізичних параметрів природних рослинних угруповань та агрофітоценозів за даними космічних спостережень на основі методу опорних векторів [3, 4, 10].

Удосконалено регресійні моделі оцінювання вмісту хлорофілу в рослинному покриві за даними наземних та супутникових спостережень [1].

За час виконання проекту в рамках Програми створено потужну теоретичну основу для підвищення достовірності визначення ряду біофізичних параметрів типових фітоценозів основних ландшафтно-кліматичних зон України на основі комплексного оброблення багатоспектральних супутникових зображень та даних завіркових наземних вимірювань: обґрунтовано вибір ос-

новних біофізичних параметрів рослинних угруповань, які можуть бути визначені дистанційно, розроблено відповідні методи, алгоритми та математичні моделі оцінювання обраних біофізичних параметрів лісових рослинних угруповань та агрофітоценозів, зібрано та систематизовано значний обсяг наземних завіркових даних за тематикою досліджень.

На майбутнє заплановано такі дослідження:

- розробка і тестування (валідація) алгоритмів та демонстраційних програмних модулів для дистанційного оцінювання біофізичних параметрів рослинних угруповань;

- розробка рекомендацій щодо застосування обраних біофізичних параметрів для контролю екологічного стану заповідних територій, оцінювання біорізноманіття та динаміки екосистем, прогнозування врожайності сільськогосподарських культур у межах різних ландшафтно-кліматичних зон.

На базі проведених у проекті досліджень будуть створені і запропоновані кінцевому користувачу (установи Державного космічного агентства України та організації Національної академії наук України, Мінагрополітики, Мінприроди України тощо) нові наукоємні інформаційні продукти, які дозволять підвищити ефективність вирішення різноманітних задач, актуальних для сільського і лісового господарств, керування природно-заповідними територіями тощо.

1. Зелик Я. І. Регресійні моделі оцінювання вмісту хлорофілу у листі, гілках рослин та у рослинному покриві у цілому за даними наземних та космічних спостережень // XVI Міжнар. наук. конф. «Астрономічна школа молодих вчених», 29–31 травня 2014 р., Кіровоград: 36. тез. — Київ: КДПУ, 2014. — С. 27.
2. Пестова І. О., Станкевич С. А., Лубський М. С. Оцінювання стану рослинності в міських агломераціях на основі супутникових знімків «Січ-2» та RapidEye // 36. тез 14-ї Укр. конф. з космічних досліджень (8–12 вересня 2014 р., Ужгород, Україна). — Київ: Вид-во «Кафедра», 2014. — С. 151.
3. Семенов О. В., Подгородецкая Л. В. Оценивание биологических параметров водной экосистемы с использованием спутниковых наблюдений и оптимизационных методов // Пробл. управ. и информ. — 2014. — № 5. — С. 99–108.
4. Семенов О. В., Подгородецкая Л. В. Адаптивна обробка даних ДЗЗ на основі статистичного навчання для

- аналізу стану агрофітоценозів // Зб. тез 14-ї української конференції з космічних досліджень (8—12 вересня 2014 р., Ужгород, Україна). — Кмів: Вид-во «Кафедра», 2014. — С. 170.
5. *Станкевич С. А., Козлова А. О., Матвиенко Е. В.* Определение фенологической изменчивости лесных растительных сообществ Западного Полесья и украинских Карпат с использованием снимков MODIS // Зб. тез 14-ї укр. конф. з космічних досліджень (8—12 вересня 2014 р., Ужгород, Україна). — Київ: Вид-во «Кафедра», 2014. — С. 147.
  6. *Станкевич С. А., Пестова И. А.* Картирование изменений растительного покрова Киевской агломерации на основе долговременных временных рядов многоспектральных космических снимков Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2014. — **11**, № 2. — С. 187—196.
  7. *Станкевич С. А., Пестова И. О.* Геоінформаційний сервіс оброблення даних для оцінювання рослинності урбанізованих територій // Вісник геодезії та картографії. — 2014. — № 3. — С. 23—26.
  8. *Kozlova A. O., Matvienko O. V.* Phenological metrics for deciduous forest of Western Polissia and Ukrainian Carpathians derived from EOS/MODIS satellite data // Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки «ГЕО-УА 2014»: Матер. IV Всеукр. конф. (26—30 травня 2014 р., Київ, Україна). — Київ: Наук. думка, 2014. — С. 35.
  9. *Popov M., Semko I., Kozak I.* Estimation of leaf area index using airborne lidar data // Earth observation for sustainable development and security: Materials of reports of the 4th Int. Conference “GEO-UA 2014”. — Kyiv, 2014. — P. 103—104. — Electron. publ.
  10. *Semeniv O. V.* Remote sensing of biochemical components and harmful agents in vegetation // XVI Міжнар. наук. конф. «Астрономічна школа молодих вчених», 29—31 травня 2014 р., Кіровоград, Україна: Зб. тез. — Київ: КДПУ, 2014. — С. 80.

Стаття надійшла до редакції 11.12.14

*В. И. Лялько<sup>1</sup>, М. А. Попов<sup>1</sup>, В. А. Яценко<sup>2</sup>,  
А. И. Сахацкий<sup>1</sup>, С. А. Станкевич<sup>1</sup>, Я. И. Зельк<sup>2</sup>,  
А. А. Козлова<sup>1</sup>, Д. М. Мовчан<sup>1</sup>, Г. М. Жолобак<sup>1</sup>,  
В. И. Набивач<sup>2</sup>, О. В. Семенов<sup>2</sup>, Л. В. Подгородецкая<sup>2</sup>,  
А. А. Апостолов<sup>1</sup>, С. С. Дугин<sup>1</sup>, И. А. Пестова<sup>1</sup>,  
И. Д. Семко<sup>2</sup>, М. В. Ваколюк<sup>1</sup>, Е. В. Краснопир<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук Национальной академии наук Украины», Киев

<sup>2</sup> Институт космических исследований Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины, Киев

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОЦЕНИВАНИЯ БИОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК И АГРОФИТОЦЕНОЗОВ В ПРЕДЕЛАХ РАЗНЫХ ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Приведены основные результаты совместной работы Научного центра аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук Национальной академии наук Украины и Института космических исследований Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины, выполнявшейся на протяжении 2014 г. в рамках Целевой комплексной программы НАН Украины по научным космическим исследованиям на 2012—2016 гг. Представлены разработанные методы и модели дистанционного оценивания биофизических параметров лесных растительных группировок и агрофитоценозов в пределах разных ландшафтно-климатических зон территории Украины.

**Ключевые слова:** биофизические параметры, космические снимки, дистанционное зондирование, лесные растительные сообщества, агрофитоценозы, ландшафтно-климатические зоны Украины.

*V. I. Lyalko<sup>1</sup>, M. O. Popov<sup>1</sup>, V. O. Yatsenko<sup>2</sup>,  
O. I. Sakhatsky<sup>1</sup>, S. A. Stankevich<sup>1</sup>, Ya. I. Zelyk<sup>2</sup>,  
A. O. Kozlova<sup>1</sup>, D. M. Movchan<sup>1</sup>, G. M. Zhobak<sup>1</sup>,  
V. I. Nabivach<sup>2</sup>, O. V. Semenov<sup>2</sup>, L. V. Pidgorodetska<sup>2</sup>,  
O. A. Apostolov<sup>1</sup>, S. S. Dugin<sup>1</sup>, I. O. Pestova<sup>1</sup>, I. D. Semko<sup>2</sup>,  
M. V. Vakoluk<sup>1</sup>, O. V. Krasnopir<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> State institution «Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth Institute of Geological Science National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv

<sup>2</sup> Space Research Institute of the National Academy of Science of Ukraine and the National Space Agency of Ukraine, Kyiv

## REMOTE ESTIMATION TECHNIQUES OF BIOPHYSICAL PARAMETERS OF FOREST PLANT COMMUNITIES AND AGROPHYTOCENOSES WITHIN DIFFERENT LANDSCAPE AND CLIMATIC ZONES OF UKRAINE

The main results of CASRE IGS NASU and SRI NSAU-SSAU collaboration during 2014 in the framework of the Program on Space Research of NAS are described. Developed models and techniques for biophysical parameters remote estimation of forest plant communities and agrophytocenoses within different landscape and climatic zones of Ukraine are presented.

**Key words:** biophysical parameters, satellite imagery, remote sensing, forest plant communities, agrophytocenoses, landscape-climatic zones of Ukraine.