

ЛЯЛЬКО

Вадим Іванович – академік НАН України, почесний директор Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України» (ЦАКДЗ)

САХАЦЬКИЙ

Олексій Ілліч – доктор географічних наук, завідувач лабораторії досліджень природних ресурсів дистанційними методами відділу енергомасообміну в геосистемах ЦАКДЗ

ЄЛІСТРАТОВА

Леся Олександрівна – кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник відділу енергомасообміну в геосистемах ЦАКДЗ

АПОСТОЛОВ

Олександр Анатолійович – молодший науковий співробітник відділу енергомасообміну в геосистемах ЦАКДЗ

ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ NPP/VIIRS У НІЧНИЙ ЧАС ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ НА СХОДІ УКРАЇНИ (ДОНЕЦЬКА ТА ЛУГАНСЬКА ОБЛАСТІ)

У статті оцінено економічну ситуацію на Сході України (території Донецької та Луганської областей, що перебувають у зоні збройного конфлікту). Враховуючи, що офіційні статистичні дані для цих територій недоступні, для оцінювання економічних втрат від воєнних дій на Сході України використовувався місячний продукт освітлення за 2014, 2015, 2016 роки за знінками NPP/VIIRS в нічний час.

Ключові слова: продукт Day/Night Band (DNB), освітленість, супутникова зйомка.

Точно оцінити економічний стан країни або регіону – питання досить непросте навіть у мирний час, коли є можливість оперувати достовірними статистичними даними. У разі воєнних дій збирання статистичних відомостей за ступенем важливості відходить на другий план, і навіть грубий аналіз економічної активності перетворюється на надзвичайно складне завдання. Через збройне протистояння на Сході України для того, щоб проаналізувати економічні втрати, особливо на непідконтрольних Україні територіях, доводиться застосовувати непрямі методи оцінювання. Причому такі методи часто використовують не лише для вивчення економічної ситуації в регіоні, а й для того, щоб мати чіткіше уявлення про гуманітарну обстановку в зоні бойових дій.

Один зі способів непрямого оцінювання економічної активності ґрунтується на аналізі зміни освітленості на досліджуваній території в нічний час на основі супутникових знімків. Методи оцінювання економічної ситуації в районах бойових дій висвітлено в роботах [1–4]. В них, зокрема, проаналізовано масштаби сирійської кризи. У роботі [2] оцінено економіку африканських країн на південь від Сахари.

У роботі [5] зроблено спробу оцінити економічну ситуацію на Сході України за допомогою вивчення цін на основні про-

дукти харчування на тимчасово невідконтрольованих українській владі територіях, а в роботі [6] — на основі даних про споживання електроенергії на цих територіях, отриманих із супутникових знімків.

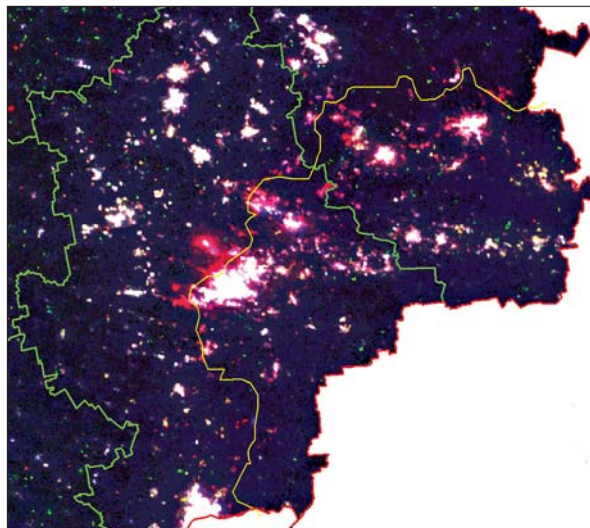
Інтенсивність освітленості тісно пов'язана з важливим показником економічної активності — споживанням електроенергії. Автори відповідної методики Дж. Хендерсон з колегами [2] встановили, що в країнах з низьким і середнім рівнем доходу на душу населення змінення нічної освітленості на 1% приблизно дорівнює зміненню доходів на 1%.

У нашій роботі ми використовували дані зйомок із супутника Suomi NPP, який було виведено на орбіту в 2011 р. Супутник має 5 бортових сенсорів:

- 1) Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS);
- 2) Cross-track Infrared Sounder (CrIS);
- 3) Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS);
- 4) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS);
- 5) Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES).

Для тематичної обробки даних зйомок було використано продукт Day/Night Band (DNB), розроблений на основі знімків з приладу VIIRS, — місячний композит нічної освітленості території з нічних знімків. Дані цього продукту доступні для всієї території земної кулі. Розмір архівного файлу становить приблизно 1,5 Гб.

За допомогою програми для обробки космічних знімків Erdas Imagine та продукту DNB було досліджено територію України з використанням функції Interpreter/Utilities/Subset. Контур України у форматі «.aoi» було зроблено з векторного контуру кордону України з карти «Ukraine 500». Для того, щоб переконвертувати ці матеріали в прямокутну систему, було використано функцію Reproject Images в програмі Erdas Imagine, що дозволило перевести їх у прямокутну систему координат UTM/WGS 84 zone 36. За допомогою такого алгоритму оброблялися всі вхідні дані. Просторове розрізнення становить 450 м, одиниця



а



б

Рис. 1. Продукт Day/Night Band (DNB) з супутника NPP/VIIRS за березень 2014, 2015, 2016 року (а) та відповідний фрагмент території України з контурами Донецької і Луганської областей та лінією розмежування АТО (б)

вимірювання світла — nanoWatts/cm²/sr. Після аналізу отриманих даних було зроблено висновок, що дані за квітень 2015 р. слід видалити, оскільки не було значень освітлення майже на всій території України.

На рис. 1 наведено місячний компонент нічної освітленості за березень 2014, 2015,

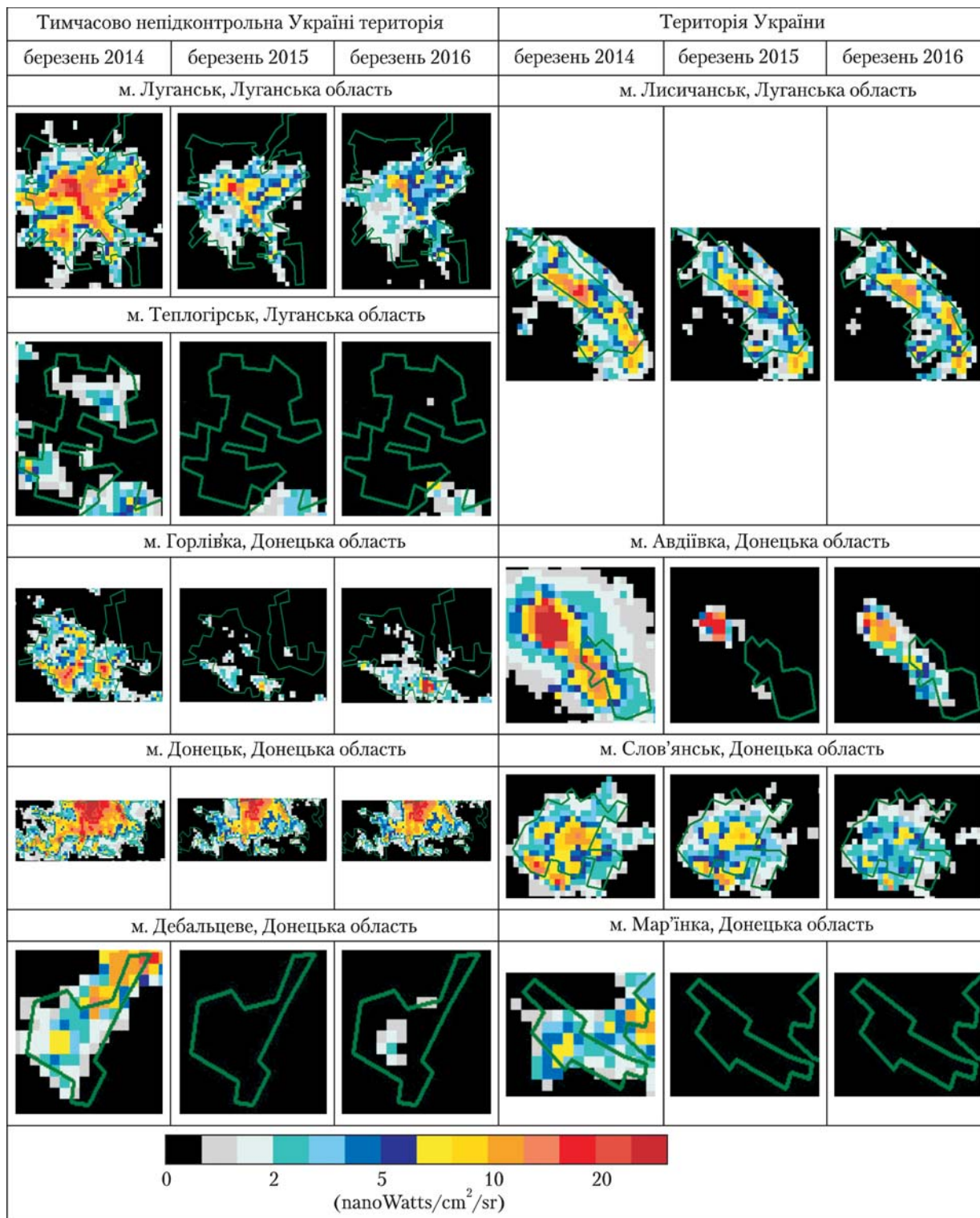


Рис. 2. Нічні супутникові знімки міст Донецької та Луганської областей за березень 2014, 2015, 2016 року

2016 року і лінію розмежування АТО станом на 2016 р., а також фрагмент території з нанесенням міст (29), які використовувалися в дослідженні. Офіційно датою початку АТО є 14 квітня 2014 р., коли вступило у дію рішення РНБО України. Як видно з рис. 1, супутникові дані освітленості добре корелюються з лінією розмежування АТО.

Ми запропонували шкалу значень освітленості для порівняння космічних знімків за різні дати зйомки. Це дозволяє якісно дослідити зміни, що відбулися за період воєнних дій. На рис. 2 представлено супутникові знімки міст Донецької та Луганської областей на підконтрольній та тимчасово невідконтрольній Україні території за березень 2014, 2015, 2016 року. На зображеннях видно, що за два роки (з 2014 по 2016 р.) площа та інтенсивність нічної освітленості території істотно зменшилася. В деяких містах (Луганськ, Теплогірськ, Лисичанськ, Слов'янськ) спостерігається різке зниження освітленості. У Донецьку, як видно з рис. 2, повністю зникла освітленість на околицях міста, а центр зберігає інтенсивність світла. У містах, де точилися жорстокі бої (Дебальцеве), та тих, де зараз тривають бойові дії (Авдіївка, Мар'їнка), спостерігається суттєве зниження освітленості. Населені пункти, розташовані на лінії конфронтації, мають мінімальну освітленість, яка не перевищує 10–20% від рівня березня 2014 р. Міста, розташовані далеко від зони бойових дій, як на тимчасово невідконтрольній Україні території, так і на території України, мають освітленість 50–70% від рівня березня 2014 р.

В інших містах України, де не було бойових дій, відбувається незначне падіння освітленості. Як приклад на рис. 3 наведено картосхему нічної освітленості у м. Києві, де спостерігається спад освітленості за інтенсивністю, а не за площею.

Приклади різкого спаду нічної освітленості показано на рис. 4. За весь період конфлікту освітленість у Дебальцевому зменшилася майже у 8 разів (до 11%) від рівня березня 2014 р., у Мар'їнці — у 18 разів (до 8%).

Для зіставлення міст з різною освітленістю було запропоновано відносити значення освіт-

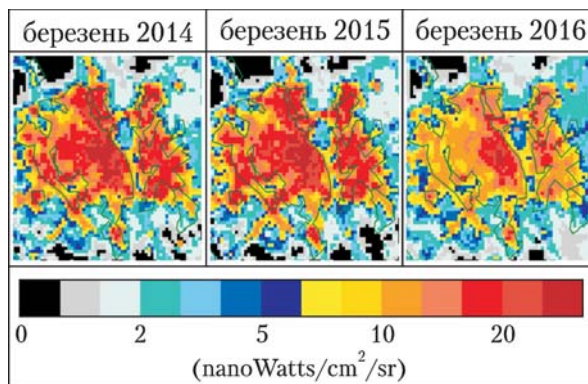


Рис. 3. Нічні супутникові знімки м. Києва за березень 2014, 2015, 2016 року

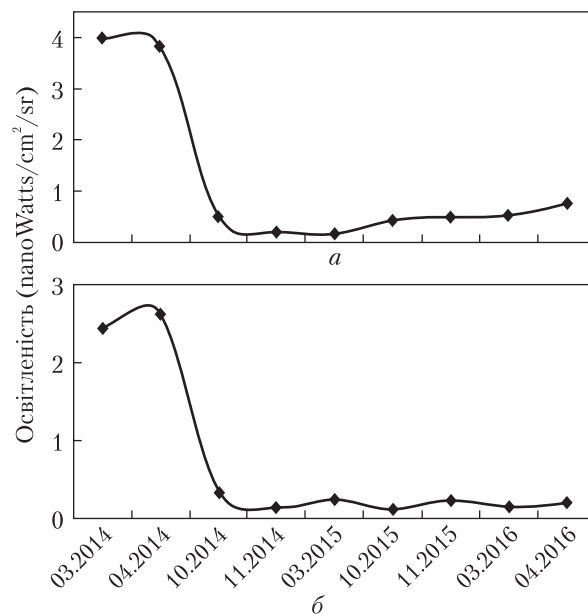


Рис. 4. Приклади різкої зміни нічної освітленості за період 2014–2016 рр.: а — Дебальцеве; б — Мар'їнка

леності за різні дати до даних за березень 2014 р. Відповідно, одиниця означає відсутність змін, значення, більші за одиницю, — підвищення економічної активності, менші за одиницю — зниження економічної активності. У таблиці наведено співвідношення освітленості, що дозволяє порівнювати значення протягом 2014, 2015, 2016 років з березнем 2014 р.

Зміни нічної освітленості деяких міст Донбасу за певні місяці 2014, 2015, 2016 років

Міста	2014				2015			2016		Середні значення за 10.2014–04.2016
	III	IV	X	XI	III	X	XI	III	IV	
<i>Луганська область (тимчасово невідконтрольна Україні територія)</i>										
Луганськ	1,00	1,03	0,12	0,17	0,36	0,38	0,23	0,30	0,43	0,29
Свердловськ	1,00	1,10	1,23	1,08	1,01	1,05	0,87	0,62	1,14	1,00
Первомайськ	1,00	0,95	0,20	0,15	0,23	0,24	0,26	0,28	0,27	0,23
Теплогірськ	1,00	0,93	0,46	0,14	0,19	0,19	0,40	0,26	0,31	0,28
Стаханов	1,00	0,93	0,67	0,50	0,54	0,51	0,33	0,38	0,59	0,50
Брянка	1,00	0,91	0,74	0,57	0,55	0,57	0,48	0,36	0,65	0,56
Алчевськ	1,00	0,96	0,59	0,53	0,49	0,68	0,33	0,37	0,55	0,51
Красний Луч	1,00	1,13	0,75	0,69	0,66	0,67	0,44	0,65	0,69	0,65
Антрацит	1,00	0,95	0,79	0,73	0,68	0,66	0,54	0,60	1,04	0,72
<i>Луганська область (підконтрольна Україні територія)</i>										
Лисичанськ	1,00	0,88	0,63	0,68	0,76	0,77	0,47	0,75	0,57	0,66
Северодонецьк	1,00	0,78	0,60	0,63	0,66	0,54	0,48	0,65	0,57	0,59
Щастя	1,00	1,10	0,74	0,62	0,58	0,55	0,35	0,47	0,58	0,56
<i>Донецька область (тимчасово невідконтрольна Україні територія)</i>										
Горлівка	1,00	0,96	0,31	0,23	0,20	0,55	0,41	0,59	0,45	0,39
Дебальцеве	1,00	0,96	0,12	0,05	0,04	0,11	0,12	0,13	0,19	0,11
Єнакієве	1,00	0,90	0,24	0,32	0,42	0,84	0,41	0,73	0,59	0,51
Харцизьк	1,00	0,97	0,69	0,77	0,56	0,61	0,45	0,44	0,74	0,61
Макіївка	1,00	1,01	0,46	0,59	0,38	0,40	0,32	0,38	0,46	0,43
Донецьк	1,00	1,01	0,68	0,77	0,54	0,56	0,41	0,54	0,59	0,58
Новозавовськ	1,00	1,03	0,93	0,94	0,81	0,74	0,59	0,48	0,53	0,72
Шахтарськ	1,00	0,97	0,41	0,44	0,48	0,61	0,45	0,50	0,62	0,50
Торез	1,00	0,89	0,56	0,48	0,52	0,82	0,64	0,52	0,81	0,62
Сніжне	1,00	0,97	0,81	0,74	0,72	0,68	0,58	0,71	0,65	0,70
<i>Донецька область (підконтрольна Україні територія)</i>										
Слов'янськ	1,00	0,82	0,88	0,73	0,69	0,74	0,58	0,50	0,68	0,68
Краматорськ	1,00	0,77	1,19	0,90	1,01	0,80	0,65	0,69	0,65	0,84
Артемівськ	1,00	0,89	1,04	0,70	0,78	0,68	0,26	0,54	0,57	0,65
Авдіївка	1,00	0,82	0,24	0,20	0,07	0,26	0,24	0,26	0,30	0,22
Мар'їнка	1,00	1,07	0,14	0,05	0,09	0,05	0,09	0,05	0,08	0,08
Волноваха	1,00	1,19	1,21	1,05	0,79	0,85	0,50	0,50	0,68	0,80
Маріуполь	1,00	0,69	0,90	0,84	0,70	0,69	0,53	0,56	0,58	0,69

Аналізуючи дані таблиці, можна зробити висновки, що найбільшою мірою постраждали міста, де середнє значення зміни освітленості знизилося і становить тепер 8–30% відносно рівня березня 2014 р. У цих містах або були за-

пеклі бої (Дебальцеве), або вони постійно потрапляють під обстріли (Мар'їнка, Авдіївка). Середнє значення зміни освітленості від 30 до 50% відносно рівня березня 2014 р. свідчить, що ці міста розташовані поряд з лінією АТО, а

значення, більші за 50% відносно рівня березня 2014 р., вказують на те, що ці міста розташовані досить далеко від зони бойових дій.

Отже, за допомогою космічних знімків NPP/VIIRS, зроблених у нічний час, було оцінено економічну ситуацію в регіоні Донбасу. При цьому було застосовано методику Хендерсона, згідно з якою зменшення нічної освітленості промислово-житлових агломерацій на 1% відповідає зниженню економічної активності досліджуваного регіону на 1%.

При цьому виявилось, що середня зміна нічної освітленості для окупованих частин Донецької та Луганської областей навесні 2015–2016 рр. становить 54% від рівня березня 2014 р. (до початку бойових дій). Відповідно, економічна активність на Сході України ймовірно знизилася майже вдвічі. Ці показники можуть дати уявлення про збитки, яких зазнала економіка регіону внаслідок воєнного конфлікту, оскільки інформація Держкомстату України щодо цієї території відсутня.

REFERENCES

1. Arora V., Lieskovsky J. *Electricity Use as an Indicator of U.S. Economic Activity*. (Washington, U.S. Energy Information Administration, 2014). http://www.eia.gov/workingpapers/pdf/electricity_indicator.pdf.
2. Henderson J.V., Storeygard A.M., Weil D.N. Measuring Economic Growth from Outer Space. *Am. Econ. Rev.* 2012. **102**(2): 994.
3. Hodler R., Raschky P.A. Regional Favouritism. *Quarterly Journal of Economics*. 2014. **129**: 995.
4. Li Xi, Li D. Can night-time light images play a role in evaluating the Syrian Crisis? *Int. J. Remote Sensing*. 2014. **35**(18): 6648.
5. Talavera A., Gorodnichenko Yu. How's DNR/LNR economy doing. *VoxUkraine*. April 7, 2016. <http://archive.voxukraine.org/2016/04/07/hows-dnr-economy-doing-en/>.
[Талавера О., Городниченко Ю. Як себе почуває економіка ДНР/ЛНР або що ціна на сало каже про Донбас. *VoxUkraine*. 7 квітня 2016. <http://archive.voxukraine.org/2016/04/07/hows-dnr-economy-doing-ua/>.]
6. Coupe T., Myck M., Najsztub M. And the Lights Went Out — Measuring the Economic Situation in Eastern Ukraine. *VoxUkraine*. July 18, 2016. <http://voxukraine.org/en/2016/07/18/and-the-lights-went-out-measuring-the-economic-situation-in-eastern-ukraine-en/>.
[Купе Т., Мік М., Найштуб М. Згасаючий регіон: що про економіку так званих ДНР/ЛНР кажуть фото зі супутників. *VoxUkraine*. 18 липня 2016. <http://voxukraine.org/2016/07/18/and-the-lights-went-out-measuring-the-economic-situation-in-eastern-ukraine-ua/>.]

Стаття надійшла 03.10.2016.

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

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, Institute of Geological Science,
National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

APPLICATION OF PRODUCTS FROM NPP/VIIRS SATELLITE IMAGES AT NIGHT FOR ASSESSMENT OF THE ECONOMIC CRISIS IN THE EAST OF UKRAINE (THE DONETSK AND LUHANSK REGIONS)

In article the economic situation in the East of Ukraine (the Donetsk and Luhansk regions which are in a conflict zone) has been assessed. Taking into account, that official statistical data are not available, the monthly products of lighting for 2014, 2015, 2016 years from NPP/VIIRS images at night for assessment of economic losses from military operations in the East of Ukraine have been used.

Keywords: product of Day/Night Band (DNB), lighting, satellites data.