



# УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

ONLINE  
ISSN 2313-2132

8' 2016



**П**очинаючи з третього номеру нашого журналу, в ньому публікується електронна версія монографії “Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки”, створеної колективом авторів Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, Українського гідрометеорологічного центру та Національного університету “Києво-Могилянська академія” під редакцією академіка НАН України В. І. Лялька (Київ, видавництво “Наукова думка”, 2015 р.).

В цій роботі представлено результати теоретико-методичних обґрунтувань та польових інструментальних вимірів спектра та газометричних характеристик довкілля, співставлених з матеріалами тематичної інтерпретації багатоспектральних космознімків.

Також викладено результати співставлення визначення балансу парникових газів, зокрема  $\text{CO}_2$ , в Україні традиційними та дистанційними методами і запропоновано рекомендації по більш широкому застосуванню космічних технологій для вирішення проблем впливу змін клімату на стан довкілля та соціо-економічні процеси в Україні.

Книга може слугувати довідником для широкого кола фахівців та адміністраторів, що займаються вирішенням подібних проблем не лише в Україні, але й за її межами.



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
Інститут геологічних наук  
Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі

# УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Ukrainian Journal of Remote Sensing

№ 8 • 2016

|                                               |                                                                                |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Засновник:                                    | Електронний                                                                    |
| Національна Академія наук України             | науковий фаховий журнал.                                                       |
| Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі | Заснований у березні 2014 року.                                                |
| Інституту геологічних наук                    | Виходить щоквартально.                                                         |
| НАН України                                   | Домашня сторінка: <a href="http://www.ujrs.org.ua">www.ujrs.org.ua</a>         |
|                                               | E-mail: <a href="mailto:o.kudriashov@ujrs.org.ua">o.kudriashov@ujrs.org.ua</a> |

## Головний редактор

академік НАН України В. І. Лялько



Рекомендовано до видання  
Вченою радою Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі  
Інституту геологічних наук НАН України та рішенням Відділення наук про Землю  
Національної Академії наук України

Наказом МОН України від 7 жовтня 2015 року № 1021 журнал включено до  
Переліку електронних наукових фахових видань України у галузях технічних і  
геологічних наук

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**

|                    |                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| В. І. ЛЯЛЬКО       | головний редактор<br>доктор геолого-мінералогічних наук,<br>академік НАН України |
| М. О. ПОПОВ        | заступник головного редактора<br>доктор технічних наук                           |
| О. Т. АЗІМОВ       | доктор геологічних наук                                                          |
| С. О. БАРТАЛЬОВ    | доктор технічних наук (Росія, Москва)                                            |
| В. Г. ВЕРХОВЦЕВ    | доктор геологічних наук                                                          |
| Л. Д. ГРЕКОВ       | доктор технічних наук                                                            |
| М. Д. ГРОДЗИНСЬКИЙ | доктор географічних наук,<br>член-кореспондент НАН України                       |
| С. М. ЄСИПОВИЧ     | доктор геологічних наук                                                          |
| Л. В. КАТКОВСЬКИЙ  | доктор фізико-математичних наук (Білорусь, Мінськ)                               |
| С. С. КОХАН        | доктор технічних наук                                                            |
| Н. М. КУССУЛЬ      | доктор технічних наук                                                            |
| СТ. ЛЕВІНСЬКИЙ     | доктор технічних наук (Польща, Варшава)                                          |
| В. В. ЛУКІН        | доктор технічних наук                                                            |
| М. М. ПОНОМАРЕНКО  | доктор технічних наук                                                            |
| О. І. САХАЦЬКИЙ    | доктор геологічних наук                                                          |
| С. А. СТАНКЕВИЧ    | доктор технічних наук                                                            |
| А. А. ТРОНІН       | доктор геолого-мінералогічних наук<br>(Росія, Санкт-Петербург)                   |
| О. Д. ФЕДОРОВСЬКИЙ | доктор фізико-математичних наук,<br>член-кореспондент НАН України                |
| В. Г. ЯКИМЧУК      | доктор технічних наук                                                            |

**Секретар редакції** О. В. Седлєрова / тел. + 380 44 484 04 85 / [sedlerovaolga@gmail.com](mailto:sedlerovaolga@gmail.com)

**Дизайн, верстка** О. І. Кудряшов / тел. + 380 44 482 03 72 / [o.kudriashov@ujrs.org.ua](mailto:o.kudriashov@ujrs.org.ua)

**Редактор сайту** А. Ю. Порущкевич / [a.porushkevych@ujrs.org.ua](mailto:a.porushkevych@ujrs.org.ua)

---

Матеріали друкуються в авторській редакції.  
Редакція залишає за собою право виправлення статей. Зроблені зміни узгоджуються з автором..  
Якість ілюстрацій відповідає якості наданих авторами вихідних матеріалів.

---

## ЗМІСТ

### Використання інформації дистанційного дослідження Землі

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| АНАЛІЗ КОРЕЛЯТИВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ ЧЕРВОНОГО КРАЮ З ВАЛОВОЮ ПЕРВИННОЮ ПРОДУКТИВНІСТЮ ЗА ДАНИМИ ГАЗО- ТА СПЕКТРОМЕТРИЧНИХ ВИМІРІВ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ПОСІВІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В БАРИШІВСЬКОМУ РАЙОНІ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ<br>В. І. Лялько, О. І. Сахацький, Г. М. Жолобак, О. М. Сибірцева, С. С. Дугін, М. В. Ваколюк, О. О. Халаїм | 4  |
| НОВНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ НАФТОГАЗОВИХ БАСЕЙНІВ ЩОДО ВІДКРИТТЯ РОДОВИЩ НАФТИ І ГАЗУ НА ОСНОВІ ГЛИБИННОЇ КОНЦЕПЦІЇ ЇХ УТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСУ АЕРОКОСМІЧНИХ, МОРФОМЕТРИЧНИХ ТА ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДАНИХ<br>С. М. Єсіпович                                                                                        | 13 |
| ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МОДЕРНІЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ МЕТОДІВ ПОШУКУ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ НА СУХОДОЛІ<br>С. М. Єсіпович, С. Г. Семенова, О. А. Рибак, О. П. Скопенко                                                                                                                                                                               | 17 |
| ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ПОИСКА ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ И НАЗЕМНОГО ФОТОМЕТРИРОВАНИЯ<br>В. Г. Якимчук, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порухевич                                                                                                                                  | 24 |
| МОНІТОРИНГ СТАНУ ТОРФОВИЩ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК ЗА ДОПОМОГОЮ ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ<br>Л. П. Ліщенко, Н. В. Пазинич                                                                                                                                                                                                        | 29 |
| ПОШУКОВІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ АКТИВНИХ НА НОВІТНЬОМУ ЕТАПІ РОЗВИТКУ ГЕОСТРУКТУР УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА ТА ЙОГО СХИЛІВ<br>В. Г. Верховцев, Ю. В. Юськів                                                                                                                                                                                              | 40 |

### Анонс. Розділи монографії

|                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ І ЗМІНИ КЛІМАТУ В УКРАЇНІ: ОЦІНКИ ТА НАСЛІДКИ. РОЗДІЛ 6. ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ. СПИСОК РИСУНКІВ<br>В. І. Лялько, Л. О. Єлістратова, Д. М. Мовчан, Ю. В. Костюченко, І. М. Копачевський, С. М. Киристюк | 51 |
| Правила та рекомендації для авторів (ua, ru)                                                                                                                                                                              | 86 |

УДК 528.8.04: 551.4

# Аналіз корелятивних зв'язків вегетаційних індексів червоного краю з валовою первинною продуктивністю за даними газо- та спектрометричних вимірів для виробничих посівів озимої пшениці в Баришівському районі Київської області

В. І. Лялько<sup>1</sup>, О. І. Сахацький<sup>1\*</sup>, Г. М. Жолобак<sup>1</sup>, О. М. Сибірцева<sup>1</sup>, С. С. Дугін<sup>1</sup>, М. В. Ваколюк<sup>1</sup>, О. О. Халаїм<sup>2</sup><sup>1</sup> ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України" (ЦАКДЗ ІГН НАНУ), Київ, Україна<sup>2</sup> Національний університет "Києво-Могилянська академія" (НаУКМА)

Наведено результати досліджень корелятивних зв'язків вегетаційних індексів червоного краю за даними наземної спектрометричної зйомки з валовою первинною продуктивністю виробничих посівів озимої пшениці в Баришівському районі Київської області у 2015 р., яка визначалась за даними газометричних вимірів потоків CO<sub>2</sub> над рослинним покривом. В роботі проведено обчислення та аналіз таких вегетаційних індексів червоного краю: позиції червоного краю (*REP*), Мерісівського наземного хлорофільного індексу (*TCI*), модифікованого нормалізованого вегетаційного індексу *NDVI*<sub>705</sub>, а також хлорофільного індексу рослинного покриву (*CCI*) та індексу подвійної диференціації (*DD*). Результати досліджень показали, що для дослідженої вибірки вегетаційних індексів найкращу кореляцію з валовою первинною продуктивністю рослинного покриву показав індекс *REP* (коефіцієнт кореляції за формулою Пірсона на рівні  $r = 0.68$ ). Для побудови більш точних статистичних моделей і обґрунтованих висновків доцільним є проведення подальшого дослідження цього питання. Результати робіт будуть використані для оцінок продуктивності агроценозів та визначення балансу потоків CO<sub>2</sub> над рослинним покривом на основі супутникових даних, які включають канали зйомки в області червоного краю (RapidEye, Sentinel-2 і т. п.).

**Ключові слова:** наземна спектрометрична зйомка, індекси червоного краю, польові газометричні виміри, валова первинна продуктивність, виробничі посіви озимої пшениці, корелятивні зв'язки

© В. І. Лялько, О. І. Сахацький, Г. М. Жолобак, О. М. Сибірцева, С. С. Дугін, М. В. Ваколюк, О. О. Халаїм. 2016

## 1. Вступ

Науковці ЦАКДЗ ІГН НАНУ та НаУКМА протягом останніх років проводили спільні наукові роботи з експериментального визначення абсорбції вуглекислого газу рослинним покривом основними сільгоспкультурами України за даними космічних та наземних спектро- та газометричних вимірів. Комплекс польових робіт включав наземне спектрометрування посівів приладом FieldSpec® 3FR (США), оцінку потоків вуглекислого газу газоаналізатором CO<sub>2</sub> Plant CO<sub>2</sub> Analysis Package (виробник Qubit Systems, Канада) та визначення низки інших параметрів рослинного покриву. Такі експериментальні роботи, що включали зазначений комплекс сучасної вимірювальної апаратури, виконувались на території України вперше.

Результати роботи важливі для визначення можливостей застосування спектрометричних вимірів (наземних та космічних) для оцінки балансу потоків CO<sub>2</sub> над рослинним покривом та розробки відповідних методичних підходів визначення балансу парникових газів для території України на основі даних супутникових зйомок, які містять додаткові канали зйомки, що надають інформацію про спектральне відбиття рослинного покриву в області червоного краю в хвильо-

вому діапазоні 650–760 нм. На даний час такі сенсори встановлені на супутниках RapidEye та Sentinel-2.

В статті наведено результати обробки експериментальних даних, отриманих у 2015 році на полігоні "Березань" в Баришівському районі Київської області на полях Баришівської зернової компанії (БЗК). Метою цієї роботи було встановлення корелятивних зв'язків між вегетаційними індексами червоного краю та валовою первинною продуктивністю виробничих посівів озимої пшениці (*ВПП*). Вегетаційні індекси були порашовані за результатами польових наземних спектрометричних вимірів та зіставлені з експериментально визначеною валовою первинною продуктивністю рослинного покриву озимої пшениці на основі газометричних вимірів абсорбції потоків CO<sub>2</sub> з атмосфери. Польові вимірювання спектрометром та газоаналізатором проводились синхронно. Це дозволило отримати певні кореляційні залежності, які описано в даній статті.

## 2. Джерело даних та методи

### 2.1. Об'єкт досліджень

Наземні спостереження за станом рослин, спектро- та газометричні вимірювання проводились на виробничих посівах двох сортів озимої пшениці –

\* E-mail: sakhatyky@casre.kiev.ua



**Рис. 1.** Розташування тестової ділянки, в межах якої проводились синхронні газо- та спектрометричні виміри на виробничих посівах озимої пшениці Баришівської зернової компанії

сорт Богдана і сорт Скаген тестової ділянки полігону “Березань” (рис. 1).

Скаген — це зимостійкий, низькостебловий, середньопізній сорт якісної хлібної пшениці з підвищеною врожайністю (до 90 ц/га), високою стійкістю до проростання в колосі і хорошою резистентністю до хвороб листя та колоса; різновид лютесценс; оригінатор: Saaten Union GmbH; рік реєстрації — 2010 (<http://agrofarmer.net/index.php?pageitem&id=49659>).

Богдана — сорт морозостійкий, середньостебловий, інтенсивного типу, середньостиглий. Стійкість до вилягання, осипання зерна та посушливих умов висока. Толерантність до ураження борошнистою росою та бурюю листовою іржею середня. Сорт високоврожайний (75–85 ц/га); різновид лютесценс; оригінатор: Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла УААН; рік реєстрації — 2006 (<http://agrokolos.com.ua/ru/products/pshenitsya-bogdana.html>).

Морфофізіологічні параметри (довжина основного пагона, площа листків та сира біомаса надземної частини однієї рослини, а також густина стояння та листовий індекс) фіксувались на три дати: 23 квітня, 25 травня та 02 червня 2015 р., коли проводились інструментальні виміри. Ці дати відповідали таким вегетаційним фазам:

- 23 квітня — рослини обох сортів перебували у фазі кущіння;
- 25 травня — рослини сорту Скаген знаходились у фазі виходу в трубку, а рослини сорту Богдана вже почали колоситись;
- 02 червня — рослини обох сортів перебували у фазі цвітіння.

## 2.2. Предмет досліджень

Предмет досліджень — корелятивні зв'язки між вегетаційними індексами, розрахованими за даними наземної спектрометричної зйомки, та показниками валової первинної продуктивності виробни-

чих посівів озимої пшениці, отриманими камерним (абсорбційним) методом.

В роботі порашовані і проаналізовані вегетаційні індекси для даних 11-ти точок, одержаних спектро-радіометром FieldSpec® 3FR (США), де були відомі середні дані валової первинної продуктивності рослинного покриву озимої пшениці, визначені в результаті газометричних вимірів потоків CO<sub>2</sub> з використанням газоаналізатора CO<sub>2</sub> Analysis Package (Канада).

Значення вегетаційних індексів в області червоного краю обчислювались за формулами (1)–(3), що наведені у відповідних роботах: а саме для *REP* (the Red Edge Position) і *TCI* (MERIS Terrestrial Chlorophyll Index) в роботах [1–3] та *NDVI*<sub>705</sub> (red Edge Normalised Difference Index) в роботі [3]:

$$REP = 701 + 41 \frac{(\bar{R} - R(701))}{(R(742) - R(701))},$$

$$\bar{R} = \frac{R(671) + R(783)}{2}, \quad (1)$$

$$TCI = \frac{R(754) - R(708)}{R(708) - R(681)}, \quad (2)$$

$$NDVI_{705} = \frac{R(750) - R(705)}{R(750) + R(705)}, \quad (3)$$

де  $R(\lambda)$  — значення спектрометричного коефіцієнта відбиття на довжині хвилі  $\lambda$ .

Додатком до вегетаційних індексів, наведених вище, можуть бути нові хлорофільні індекси: *CCI* (canopy chlorophyll index) — хлорофільний індекс рослинного покриву [4, 5] та *DD* (Double Difference) — індекс подвійної диференціації [6].

Математичний вираз цих індексів наступний:

$$CCI = D_{720} / D_{700}, \quad (4)$$

де  $D_{700}$  і  $D_{720}$  значення першої похідної коефіцієнтів відбиття (derivative reflectance) на довжині хвилі  $\lambda = 700$  і  $720$  нм, ці значення довжин хвиль, згідно



досліджень [6], застосовуються для визначення перших похідних хлорофільного індексу *CCI* в зоні червоного краю;

$$DD = (R_{750} - R_{720}) - (R_{700} - R_{670}), \quad (5)$$

де, згідно статті [6],  $R_{670}$ ,  $R_{700}$ ,  $R_{720}$  та  $R_{750}$  — коефіцієнти відбиття на довжині хвилі  $\lambda = 670, 700, 720$  і  $750$  нм, які використовуються для обчислення *DD* (Double Difference) індексу.

*DD*-індекс — вегетаційний індекс нового типу, побудований на інтегральній комбінації перших похідних коефіцієнтів відбиття, і визначається, як різниця інтегралів від першої похідної коефіцієнтів відбиття (derivative reflectance):

$$DD = \int_b^{b+\Delta} R' d\lambda - \int_a^{a+\Delta} R' d\lambda, \quad (6)$$

де  $a$  і  $b$  довжини хвиль, на яких обчислюються похідні від коефіцієнтів відбиття  $R$ ,  $\Delta$  — проміжок інтегрування. Згідно статті [6],  $a = 670$  і  $b = 720$  нм,  $\Delta = 30$  нм. В результаті інтегрування одержуємо *DD*-індекс у вигляді:

$$DD = (R_{b+\Delta} - R_b) - (R_{a+\Delta} - R_a) \quad (7)$$

Підставивши значення довжини хвиль і проміжок інтегрування, із формули (7) одержуємо *DD* індекс.

Це новий тип вегетаційного індексу, він має перевагу в простоті обчислення і водночас властивості гіперспектральних індексів, які базуються на других похідних, тобто, математичній комбінації похідних від коефіцієнтів відбиття [6].

### 3. Результати

За даними квартального звіту Баришівської зернової компанії — Зерновий Альянс, стан посівів озимої пшениці на полях БЗК у 2015 р. визначався як добрий та відмінний (<http://www.grainalliance.com/ua/wp-content/uploads/2015-Q2.pdf>).

В табл. 1 наведено дані біометричних вимірів озимої пшениці сортів Богдана та Скаген. З неї видно, що між цими сортами у фазі кушіння майже немає достовірних відмінностей по жодному дослідженому показнику. Через місяць рослини сорту Скаген були достовірно нижчі, ніж пшениця сорту Богдана, проте площа листків однієї рослини у Скагена була вищою, ніж у сорту Богдана. Оскільки рослини сорту Богдана сформували більше продуктивних стебел на одиницю площі, то відмінності у величині листового індексу цих сортів на 25 травня були невеликими. Проте через тиждень у фазу цвітіння рослини сорту Богдана мали майже в півтора рази меншу площу листків однієї рослини, ніж сорту Скаген і тому їх листовий індекс значно зменшився. Впродовж всієї весняно-літньої вегетації сира маса

однієї рослини озимої пшениці сорту Скаген була дещо вищою, ніж у сорту Богдана, але ці відмінності знаходяться в межах похибки дослідів.

Отже, два досліджені сорти озимої пшениці належать до одного різновиду — лютеценс, майже не відрізняються за значенням сирої біомаси однієї рослини та мають морфометричні відмінності за довжиною пагона (рослини сорту Скаген нижчі) та за площею листків (рослини сорту Скаген формують більшу листову поверхню). На дослідженій ділянці рослини сорту Богдана мали дещо більшу густоту стояння, що у поєднанні з вище переліченими відмінностями зумовило певну різницю в показниках *ВПП* (табл. 2) за даними газометричних вимірів потоків  $\text{CO}_2$  над рослинним покривом, оскільки ці вимірювання виконувались на частині посіву площею  $0.2 \text{ м}^2$ , накритій пластиковою прозорою камерою. *ВПП* сорту Скаген була вищою, ніж у сорту Богдана у квітні й травні, в той час як у червні спостерігалось зворотне співвідношення.

Далі представимо результати проведеного зіставлення з *ВПП* індексів червоного краю *REP*, *TCI* та *NDVI*<sub>705</sub>. В табл. 2 показано результати інструментальних газометричних вимірів та обчислень вегетаційних індексів *REP*, *TCI* та *NDVI*<sub>705</sub> за даними наземної спектрометричної зйомки, що виконувалась синхронно з визначенням потоків вуглекислого газу над рослинними покривом озимої пшениці.

За даними, наведеними в табл. 2, був встановлений взаємозв'язок між величинами значень вегетаційних індексів, обчислених за наведеними вище формулами (1)–(3), та середніми значеннями валової первинної продуктивності.

Аналізуючи корелятивну залежність між значеннями вегетаційних індексів і середньою валовою первинною продуктивністю, маємо найвищу кореляцію по Пірsonу між значеннями *REP* і *ВПП*  $r = 0.68$ . Кореляційна залежність по Пірsonу між значеннями *NDVI*<sub>705</sub> і *ВПП* становить 0.46, а між значеннями *TCI* і *ВПП* — 0.43.

Наведемо формулу розрахунку коефіцієнту кореляції за Пірсоном для *ВПП* та *REP*. Формула Пірсона для розрахунку коефіцієнта кореляції між *REP* і *ВПП* для 11-ти точок, представлених в табл. 2, має такий вигляд:

$$r(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^{11} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{11} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{11} (y_i - \bar{y})^2}} = 0.68, \quad (8)$$

де  $x_i = (\text{ВПП})_i$ ,  $y_i = \text{REP}_i$  — значення величин із табл. 2 з порядковим номером  $i$  ( $i = 1, \dots, 11$ );  $\bar{x} = \overline{\text{ВПП}} = 9.16$  і  $\bar{y} = \overline{\text{REP}} = 724.45$  нм — середні арифметичні значення відповідних індексів.

За наведеними даними в табл. 2 побудований графік взаємної зміни *REP* та *ВПП* в залежності від



**Таблиця 1**

Біометрія рослин озимої пшениці сортів Скаген та Богдана впродовж весняно-літньої вегетації (полігон "Березань", 2015 р.)

| Назва сорту | Дата      | Довжина основного пагона (см) | Площа листків однієї рослини (см <sup>2</sup> ) | Листовий індекс | Сира біомаса надземної частини 1 рослини (г) | Густина стояння рослин (шт./м <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Богдана     | 23 квітня | 238 ± 0.6                     | 128 ± 1.0                                       | 1.45            | 0.62 ± 0.14                                  | 1131 ± 146                                   |
| Скаген      | 23 квітня | 209 ± 1.2                     | 135 ± 2.2                                       | 1.57            | 0.66 ± 0.05                                  | 1164 ± 193                                   |
| Богдана     | 25 травня | 696 ± 2.2                     | 323 ± 1.9                                       | 2.3             | 3.62 ± 0.53                                  | 717 ± 64                                     |
| Скаген      | 25 травня | 585 ± 1.6                     | 427 ± 2.1                                       | 2.5             | 4.38 ± 0.71                                  | 596 ± 58                                     |
| Богдана     | 02 червня | 83.7 ± 2.3                    | 23.7 ± 1.7                                      | 1.7             | 4.17 ± 0.63                                  | 717 ± 64                                     |
| Скаген      | 02 червня | 70.1 ± 1.9                    | 39.7 ± 2.9                                      | 2.4             | 4.63 ± 0.53                                  | 596 ± 58                                     |

**Таблиця 2**Значення вегетаційних індексів, обчислені за польовими спектрометричними даними, та середні значення валової первинної продуктивності за даними газометричних вимірів потоків CO<sub>2</sub> над рослинним покривом озимої пшениці для тестових ділянок (полігон "Березань", 2015 р.)

| Дата зйомки | № точки вимірів | Агро-культура, сорт | Валова первинна продуктивність (середнє знач.)<br>$\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ | Значення вегетаційних індексів<br><i>REP</i> (нм)<br><i>TCI</i><br><i>NDVI</i> <sub>705</sub> |
|-------------|-----------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 23.04.2015  | t1              | Пшениця, Скаген     | 8.9                                                                                       | 724.6                                                                                         |
|             | t2              | Пшениця, Богдана    | 6.82                                                                                      | 720.7                                                                                         |
| 25.05.2015  | t1              | Пшениця, Скаген     | 10.4                                                                                      | 725.0                                                                                         |
|             | t2              | Пшениця, Скаген     | 10.4                                                                                      | 725.6                                                                                         |
|             | t3              | Пшениця, Скаген     | 10.4                                                                                      | 724.5                                                                                         |
|             | t4              | Пшениця, Богдана    | 6.8                                                                                       | 724.2                                                                                         |
|             | t5              | Пшениця, Богдана    | 6.8                                                                                       | 724.3                                                                                         |
| 02.06.2015  | t1              | Пшениця, Скаген     | 9.4                                                                                       | 723.5                                                                                         |
|             | t2              | Пшениця, Скаген     | 9.4                                                                                       | 724.6                                                                                         |
|             | t3              | Пшениця, Скаген     | 9.4                                                                                       | 724.8                                                                                         |
|             | t4              | Пшениця, Богдана    | 12                                                                                        | 724.5                                                                                         |

точки, сорту та дати вимірювань (рис. 2). Маючи кореляцію по Пірсону між значеннями *REP* і *ВПП*  $r = 0.68$ , була побудована модель лінійної регресивної залежності *REP* від *ВПП* (середнє значення валової первинної продуктивності  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ ). Одержане рівняння лінійної регресії між цими величинами має такий вигляд:

$$REP = 0.51 \cdot ВПП + 719.7. \quad (9)$$

Графік співвідношення величин *REP* з середніми значеннями *ВПП* за даними табл. 2 у 11-ти точках спектрометрування та кореляційна залежність між ними наведена на рис. 3.

Побудована модель (9) може слугувати для прогнозування зсувів *REP* за величинами серед-

ньої валової первинної продуктивності з області визначення.

Коефіцієнт узгодженості (Index of agreement) *d* моделі (9) із даними вимірювань обчислено за формулою Willmot'a [7, 8]:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y(x_i))^2}{\sum_{i=1}^n (|y(x_i) - \bar{y}| + |y_i - \bar{y}|)^2} = 0.79, \quad (10)$$

де  $y_i$  — значення *REP*<sub>*p*</sub>, що обчислені за формулою (1) для спектрів відбиття знятих в 11-ти точках, приведених в табл. 2;  $x_i$  — значення *ВПП* із табл. 2;  $y(x_i)$  — значення *REP*<sub>*p*</sub>, обчислене за формулою (9) відповідно для  $x_i = ВПП_p$  ( $i = 1 \dots 11$ ),  $\bar{y} = \overline{REP}$  (середнє

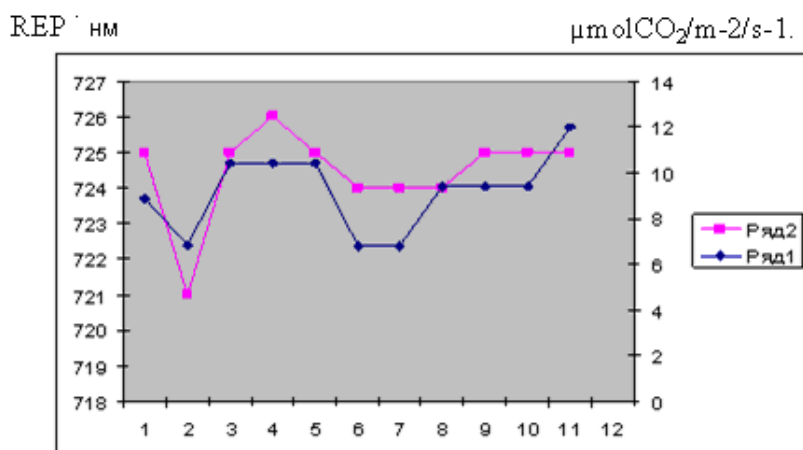


Рис. 2. Зіставлення значень  $REP$  (ряд 2) і  $ВПП$  (ряд 1) посівів озимої пшениці на ділянках БЗК за період 23.04–02.06 2015 р.

значення),  $n = 11$  — кількість даних вимірювань, де  $x_i = ВПП_i$ ,  $y_i = REP_i$  — значення відповідних індексів в точці з порядковим номером  $i$  ( $i=1, \dots, 11$ ), а  $\bar{y} = \overline{REP} = 724.45$  нм — середнє арифметичне значення. За даними обчислень (8) коефіцієнт кореляції між  $REP$  і  $ВПП$   $r = 0.68$  і коефіцієнт узгодженості  $d = 0.79$  із формули (10) для моделі (9).

Згідно рівняння (9), прогнозовані значення в моделі лінійної регресії  $REP$  ( $ВПП$ ) змінюються від 723.2 до 725.8 нм,  $ВПП$  змінюються від 6.8 до  $12 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ . Пораховані прогнозовані значення  $REP_{пр}$  наведені в табл. 3. Значення коефіцієнта  $d$  близьке до 1, що свідчить про добру узгодженість прогнозованої моделі із даними вимірювань [7, 8].

Для валідації прогнозованої моделі лінійної регресії (9) використано дані спектрометрування, наведені в табл. 2, 3, які демонструють значення величин  $REP$ , одержаних за даними спектрометрування, та прогнозні значення  $REP$  (від  $ВПП$ ), що обчислені за формулою (9).

Як свідчать дані обчислень, наведені в таблиці 3, прогнозовані за формулою (9) значення  $REP_{пр}$  добре узгоджуються із даними спостережень. Найбільшу різницю в значеннях вегетаційних індексів  $REP$  маємо 23.04.2015 на ділянці t 2, всі решта мають  $\Delta REP \leq 1.13$ .

Отже, коефіцієнт кореляції між  $REP$  і  $ВПП$  обчислено для 11-и точок, наведених в табл. 2, за формулою Пірсона (9),  $r = 0.68 \approx 0.7$ , що, згідно [9], відповідає нижньому обмеженню проміжку значень високої кореляції (0.7–0.9). Маючи коефіцієнт кореляції між  $REP$  і  $ВПП$   $r \approx 0.7$ , в роботі була побудована прогнозна модель лінійної регресії (9), де використані дані спектрометрування, які приведені в табл. 2. Середня похибка коефіцієнта кореляції між  $REP$  і  $ВПП$   $\varepsilon \approx 0.2$ . Корелятивний зв'язок між величинами  $REP$  і  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$  відображений на рис. 3.

Коефіцієнт кореляції між  $NDVI_{705}$  і  $ВПП$  для 11-и точок, наведених в табл. 2, за формулою Пірсона (8)

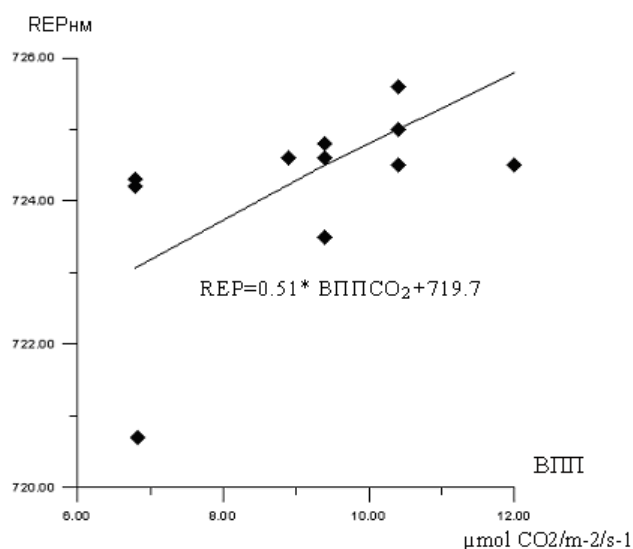


Рис. 3. Корелятивний зв'язок між величинами  $REP$  і  $ВПП \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$

становить  $r = 0.46$ , що відповідає проміжку значень слабкої кореляції (0.2–0.5), корелятивний зв'язок між величинами  $NDVI_{705}$  і  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$  представлений на рис. 4. Середня похибка коефіцієнта кореляції між  $NDVI_{705}$  і  $ВПП$   $\varepsilon \approx 0.3$ .

Коефіцієнт кореляції між  $TCI$  і  $ВПП$  для 11-и точок, що представлені в табл. 2, за формулою Пірсона (8) має значення  $r = 0.43$  і відповідає проміжку значень слабкої кореляції (0.2–0.5), корелятивний зв'язок між величинами  $TCI$  та  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$  показаний на рис. 5. Середня похибка коефіцієнта кореляції між  $TCI$  і  $ВПП$   $\varepsilon \approx 0.3$ .

Також представимо табл. 4, яка доповнена обчисленими вегетаційними індексами  $CCI$  (canopy chlorophyll index) і  $DD$  (Double Difference).

За даними табл. 4 побудована табл. 5, де вказані середні значення вегетаційних індексів та середні значення валової первинної продуктивності на три різні дати спостережень.

**Таблиця 3**

Зіставлення прогнозованих значень  $REP_{np}$  за формулою (9) і обчислених за даними спектрометрування  $REP_c$  від 23.04.2015, 25.05.2015 та 02.06.2015 р.

| Дата зйомки | Точки спостережень |                    |                                                                                 | Прогноз         |                    | $REP =$                      |
|-------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|------------------------------|
|             | № точки вимірів    | Агрокультура, сорт | Валова первинна продуктивність (середнє знач.)<br>$\mu mol CO_2 / m^2 / s^{-1}$ | $REP_c$<br>(нм) | $REP_{np}$<br>(нм) | $ REP_c - REP_{np} $<br>(нм) |
| 23.04.2015  | t1                 | Пшениця, Скаген    | 89                                                                              | 724.6           | 724.24             | 0.36                         |
|             | t2                 | Пшениця, Богдана   | 682                                                                             | 720.7           | 723.17             | 3.10                         |
| 25.05.2015  | t1                 | Пшениця, Скаген    | 10.4                                                                            | 725.0           | 725.00             | 0.00                         |
|             | t2                 | Пшениця, Скаген    | 10.4                                                                            | 725.6           | 725.00             | 0.60                         |
|             | t3                 | Пшениця, Скаген    | 10.4                                                                            | 724.5           | 725.00             | 0.50                         |
|             | t4                 | Пшениця, Богдана   | 68                                                                              | 724.2           | 723.17             | 1.03                         |
|             | t5                 | Пшениця, Богдана   | 68                                                                              | 724.3           | 723.17             | 1.13                         |
| 02.06.2015  | t1                 | Пшениця, Скаген    | 9.4                                                                             | 723.5           | 724.49             | 0.99                         |
|             | t2                 | Пшениця, Скаген    | 9.4                                                                             | 724.6           | 724.49             | 0.11                         |
|             | t3                 | Пшениця, Скаген    | 9.4                                                                             | 724.8           | 724.49             | 0.31                         |
|             | t4                 | Пшениця, Богдана   | 12                                                                              | 724.5           | 725.82             | 0.32                         |

Для обчислених значень коефіцієнтів кореляції за формулою Пірсона (8) за даними спектрометрування в табл. 6 наведена матриця кореляції спектральних індексів та їх модифікованих виразів.

В табл. 6 додатково до вегетаційних індексів (1)–(3) використані хлорофільні вегетаційні індекси (4) і (5), це  $CCI$  (canopy chlorophyll index) і  $DD$  (Double Difference) індекс і приведені пораховані значення коефіцієнтів кореляції для модифікованого індекса  $mCCI$  (modified canopy chlorophyll index) [4, 10].

Математичний вираз індексу  $mCCI$ :

$$mCCI = (R_{730} - R_{710}) / (R_{710} - R_{690}), \quad (11)$$

де  $R_{690}$ ,  $R_{710}$ ,  $R_{730}$  — коефіцієнти відбиття на довжині хвилі  $\lambda = 690, 710, 730$  нм. Формулу (11) можна вважати відношенням перших похідних на довжинах хвиль  $\lambda = 700$  і  $\lambda = 720$  нм,  $\lambda = 20$  нм, ці значення довжин хвиль рекомендують А.Д. Сімс зі співроб. [4]. Згідно табл. 6, кореляція модифікованого індекса  $mCCI$  з вегетаційними індексами, в основному, більша ніж кореляція хлорофільного індекса  $CCI$ .

Підсумком роботи дослідження корелятивних зв'язків вегетаційних індексів з ВПП на посівах озимої пшениці в різні фази її вегетації є табл. 7, де приведені рівняння лінійної регресії та статистичні параметри:  $r$  — коефіцієнт кореляції;  $\epsilon$  — середня похибка коефіцієнта кореляції.

В табл. 7 приведені регресивні рівняння залеж-

ності ВПП від вегетаційних індексів в області червоного краю. Для встановлення точніших взаємозв'язків між величинами вегетаційних індексів та ВПП і побудови надійніших прогнозних статистичних моделей та обґрунтованих висновків доцільно проведення подальшого вивчення цих питань.

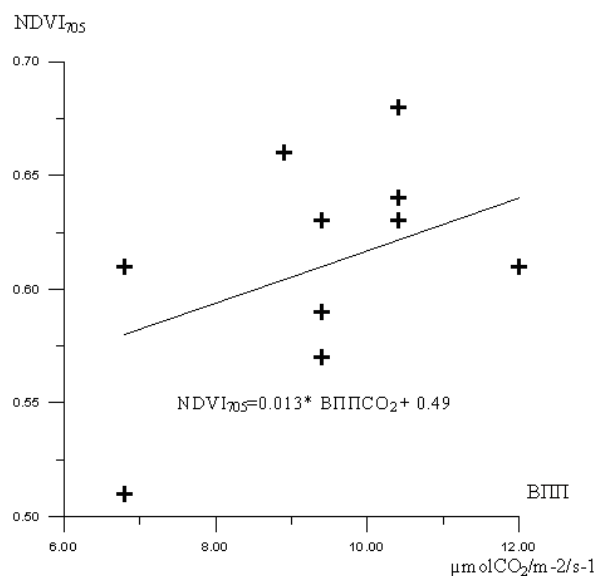
#### 4. Висновки

За допомогою сучасної вимірювальної апаратури вперше здійснено синхронні спектро- та газометричні дослідження ділянок виробничих посівів озимої пшениці сортів Скаген та Богдана впродовж весняно-літньої вегетації 2015 р. на угіддях Баришівської зернової компанії.

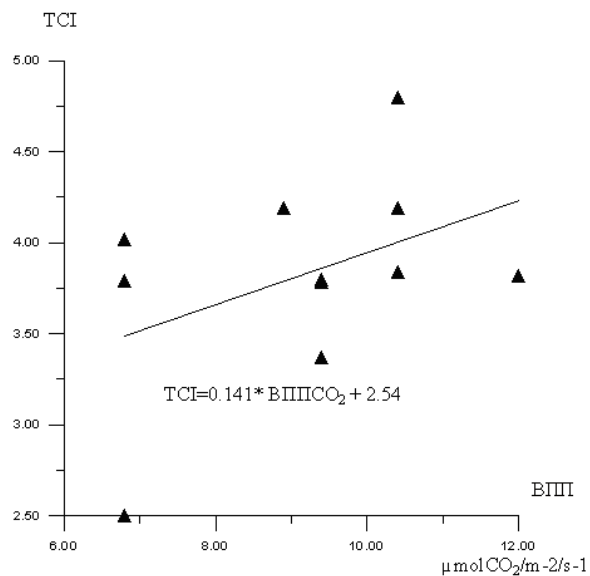
За даними спектрометрування обчислено такі вегетаційні індекси червоного краю, як позиція червоного краю ( $REP$ ), Мерісівський наземний хлорофільний індекс ( $TCI$ ), модифікований нормалізований вегетаційний індекс  $NDVI_{705}$ , а також хлорофільний індекс рослинного покриву ( $CCI$ ) й індекс подвійної диференціації ( $DD$ ).

Проаналізовано корелятивну залежність між значеннями вегетаційних індексів і середньою валовою первинною продуктивністю посівів озимої пшениці, отриманою камерним (абсорбційним) методом, зокрема, обчислено значення коефіцієнтів кореляції між цими параметрами за формулою Пірсона, побудовано матрицю кореляції





**Рис. 4.** Корелятивний зв'язок між величинами  $NDVI_{705}$  і  $ВПП \mu molCO_2/m-2/s-1$



**Рис. 5.** Корелятивний зв'язок між величинами  $TCI$  і  $ВПП \mu molCO_2/m-2/s-1$

**Таблиця 4**

Значення вегетаційних індексів, обчислених за польовими спектрометричними даними, та середні значення валової первинної продуктивності посівів озимої пшениці (полігон Березань, БЗК, 2015 рік)

| Дата     | Номер точки вимірів | $ВПП$ | $CCI$  | $DD$   | $REP$ (нм) | $TCI$ | $NDVI_{705}$ |
|----------|---------------------|-------|--------|--------|------------|-------|--------------|
| 23.04.15 | t1                  | 89    | 1.8244 | 0.1692 | 7246       | 4.187 | 0.661        |
|          | t2                  | 682   | 1.2621 | 0.1501 | 720.7      | 2.503 | 0.512        |
| 25.05.15 | t1                  | 10.4  | 1.749  | 0.2402 | 725.0      | 4.193 | 0.629        |
|          | t2                  | 10.4  | 1.9878 | 0.2107 | 725.6      | 4.799 | 0.684        |
|          | t3                  | 10.4  | 1.7174 | 0.1952 | 724.5      | 3.843 | 0.639        |
|          | t4                  | 6.8   | 1.7331 | 0.1684 | 724.2      | 3.788 | 0.607        |
|          | t5                  | 6.8   | 1.8031 | 0.1829 | 724.3      | 4.019 | 0.612        |
| 02.06.15 | t1                  | 9.4   | 1.4938 | 0.1828 | 723.5      | 3.366 | 0.568        |
|          | t2                  | 9.4   | 1.6329 | 0.1584 | 724.6      | 3.802 | 0.629        |
|          | t3                  | 9.4   | 1.6729 | 0.1700 | 724.8      | 3.782 | 0.590        |
|          | t4                  | 12    | 1.6776 | 0.1764 | 724.5      | 3.816 | 0.613        |

**Таблиця 5**

Середні значення вегетаційних індексів і  $ВПП$  посівів озимої пшениці на три дати спостережень

| Середні значення вегетаційних індексів |                                |                  |                  |                 |                         |                  |                       |
|----------------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------|------------------|-----------------------|
| Дата                                   | Номер точки вимірів            | $\overline{ВПП}$ | $\overline{CCI}$ | $\overline{DD}$ | $\overline{NDVI_{705}}$ | $\overline{TCI}$ | $\overline{REP}$ (нм) |
| 23.04.15                               | t <sub>1</sub> –t <sub>2</sub> | 7.86             | 1.5433           | 0.1597          | 0.5865                  | 3.345            | 722.65                |
| 25.05.15                               | t <sub>1</sub> –t <sub>5</sub> | 8.96             | 1.7981           | 0.1995          | 0.6342                  | 4.1284           | 724.72                |
| 02.06.15                               | t <sub>1</sub> –t <sub>4</sub> | 10.5             | 1.6193           | 0.1719          | 0.6000                  | 3.6915           | 724.35                |

**Таблиця 6**

Кореляційна матриця коефіцієнтів кореляції спектральних індексів, використаних в нашому дослідженні.

|                            | <i>REP</i> | <i>TCI</i> | <i>NDVI</i> <sub>705</sub> | <i>CCI</i> | <i>mCCI</i> | <i>DD</i> |
|----------------------------|------------|------------|----------------------------|------------|-------------|-----------|
| <i>REP</i>                 | ÷          | 0.935      | 0.876                      | 0.896      | 0.89        | 0.546     |
| <i>TCI</i>                 | 0.935      | ÷          | 0.946                      | 0.978      | 0.985       | 0.612     |
| <i>NDVI</i> <sub>705</sub> | 0.876      | 0.946      | ÷                          | 0.926      | 0.939       | 0.497     |
| <i>CCI</i>                 | 0.896      | 0.978      | 0.926                      | ÷          | 0.975       | 0.530     |
| <i>mCCI</i>                | 0.89       | 0.985      | 0.94                       | 0.957      | ÷           | 0.612     |
| <i>ВППСО</i> <sub>2</sub>  | 0.68       | 0.43       | 0.46                       | 0.303      | 0.424       | 0.473     |

**Таблиця 7**Корелятивний зв'язок вегетаційних індексів з *ВПП*, обчислений за даними спектрометрування посівів озимої пшениці (полігон "Безань", 2015 р.)

| № | Веgetаційні індекси ( <i>BI</i> ) | Регресивне рівняння <i>BI</i> залежне від <i>ВПП</i> $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ | <i>r</i> | $\varepsilon$ |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|
| 1 | <i>REP</i> (нм)                   | $y = 0.51x + 719.7$                                                                               | 0.68     | 0.20          |
| 2 | <i>TCI</i>                        | $y = 0.141x + 2.54$                                                                               | 0.43     | 0.30          |
| 3 | <i>NDVI</i> <sub>705</sub>        | $y = 0.013x + 0.49$                                                                               | 0.46     | 0.30          |
| 4 | <i>CCI</i>                        | $y = 0.033x + 1.38$                                                                               | 0.30     | 0.32          |
| 5 | <i>mCCI</i>                       | $y = 0.042x + 1.35$                                                                               | 0.42     | 0.30          |
| 6 | <i>DD</i>                         | $y = 0.007x + 0.10$                                                                               | 0.47     | 0.29          |

спектральних індексів та їх модифікованих виразів з *ВПП* та складено рівняння лінійної регресії залежності *ВПП* та цих вегетаційних індексів. Встановлено, що для дослідженої вибірки вегетаційних індексів найкращу кореляцію з валовою первинною продуктивністю рослинного покриву показав індекс *REP* (коефіцієнт кореляції на рівні  $r = 0.68$ ). Результати роботи будуть використані для оцінок продуктивності агроценозів та визначення балансу потоків  $\text{CO}_2$  над рослинним покривом на основі даних супутникових зйомок, які надають інформацію про спектральне відбиття рослинного покриву в області червоного краю в хвильовому діапазоні 650–760 нм. На даний час такі канали зйомки забезпечують сенсори, встановлені на супутниках RapidEye та Sentinel-2.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом (Конкурс Ф64, Лот 5, І. 1 05, 2015 р.).

## Література

- Лялько В. І. Зіставлення супутникових та наземних гіпер-спектральних даних при визначенні позиції червоного краю спектрів відбиття / В. І. Лялько [та ін.] // Космічна наука і технологія. — 2010. — В. 16. — № 3. — С. 39–45.
- Шпортюк З. М. Вплив просочування природного газу на наземний хлорофільний індекс та позицію червоного краю спектрів відбиття пшениці над газовим родовищем / З. М. Шпортюк, О. М. Сибірцева, С. С. Дугін // Доповіді НАН України. — 2011. — № 11. — С. 115–119.
- Gitelson A. Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L. and *Acer platanoides* L. leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation / A. Gitelson, M. N. Merzlyak // Journal of Plant Physiology. — 1994. — 143. — P. 286–292.
- Sims D. A. Use of Hyperspectral Reflectance Indices for Estimation of Gross Carbon Flux and Light Use Efficiency Across Diverse Vegetation Types / D. A. Sims, Abdullah F. Rahman [et al.] // International Journal of Geoinformatics. — Vol. 2. — No. 1, 15–30, March 2006.
- Sims D. A. Parallel adjustments in vegetation greenness and ecosystem  $\text{CO}_2$  exchange in response to drought in a Southern California chaparral ecosystem / D. A. Sims, H. Luo [et al.] // Remote Sensing of Environment. — 2006. — v. 103. — P. 289–303.
- Maire G. Le. Towards universal broad leaf chlorophyll indices using PROSPECT simulated database and hyperspectral reflectance measurements / G. Le Maire [et al.] // Remote Sensing of Environment. — 2004. — 89. — P. 1–28.
- Willmot C. J. On the validation of models / C. J. Willmot // Phyal Geography. — 1981. — v. 2. — № 2. — P. 184–194.
- Krause P. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment / P. Krause, D. P. Boyle, F. Base // Advances in Geosciences. — 2005. — 5. — P. 89–97.
- Математическая статистика. Издание 2-ое, переработанное и дополненное. — М.: Высшая школа, 1981. — 361 с.
- Rahman A. F. Modeling spatially distributed ecosystem flux of boreal forest using hyperspectral indices from AVIRIS Imagery / A. F. Rahman, J. A. Gamon, D. A. Fuentes [et al.] // Journal of Geophysical Research. — 2001. — v. 106. — № D24. — P. 33, 579–591.

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯТИВНЫХ СВЯЗЕЙ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ КРАСНОГО КРАЯ С ВАЛОВОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ПО ДАННЫМ ГАЗО- И СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В БАРЫШЕВСКОМ РАЙОНЕ КИЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. Лялько, А. И. Сахацкий, Г. М. Жолобак, О. Н. Сибирцева, С. С. Дугин, М. В. Ваколюк, А. О. Халаим

Приведены результаты исследований коррелятивных связей вегетационных индексов красного края по данным наземной спектрометрической съемки с валовой первичной продуктивностью производственных посевов озимой пшеницы в Барышевском районе Киевской области в 2015 г., которая определялась по данным газометрических измерений потоков  $\text{CO}_2$  над растительным покровом. В работе проведены вычисления и анализ таких вегетационных индексов красного края: позиции красного края (*REP*), Мерисовского наземного хлорофильного индекса (*TCI*), модифицированного нормализованного вегетационного индекса  $NDVI_{705}$ , а также хлорофильных индексов растительного покрова (*CCI*) и индекса двойной дифференциации (*DD*). Результаты исследований показали, что для исследуемой выборки вегетационных индексов лучшую корреляцию с валовой первичной продуктивностью растительного покрова показал индекс *REP* (коэффициент корреляции по формуле Пирсона на уровне  $r = 0.68$ ). Для построения более точных статистических моделей и обоснованных выводов целесообразно проведение дальнейшего исследования этого вопроса. Результаты работ будут использованы для оценок продуктивности агроценозов и определения баланса потоков  $\text{CO}_2$  над растительным покровом на основе спутниковых данных, которые включают каналы съемки в области красного края (RapidEye, Sentinel-2 и т. п.).

**Ключевые слова:** наземная спектрометрическая съемка, индексы красного края, полевые газометрические измерения потоков  $\text{CO}_2$ , валовая первичная продуктивность, посевы озимой пшеницы, коррелятивные связи

ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN THE RED EDGE VEGETATION INDICES AND THE GROSS PRIMARY PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT CROP ACCORDING TO GAS AND SPECTROMETRIC MEASUREMENTS IN BARYSHEVSKY DISTRICT OF KIEV REGION

V. I. Lyalko, A. I. Sakhaty, G. M. Zholobak, O. N. Sibirtseva, S. S. Dugin, M. V. Vakoljuk, A. O. Khalaim

The results of studies of the correlation between the red edge vegetation indices, defined from the ground spectrometric survey, and gross primary productivity of winter wheat crops in Baryshevsky district of Kiev region in 2015, which was determined using gasometric measurements of  $\text{CO}_2$  fluxes over vegetation cover are presented. In this work the calculations and analysis of following vegetation indices of red edge were carried out: the red edge position (*REP*), MERIS Terrestrial Chlorophyll Index (*TCI*), a modified red Edge Normalised Difference Index  $NDVI_{705}$ , as well as canopy chlorophyll index (*CCI*) and the index of Double Difference (*DD*). According the results of the research the index *REP* showed the better correlation with gross primary productivity of vegetation cover for the studied sample of vegetation indices (correlation coefficient using the formula Pearson at  $r = 0.68$ ). To build a more accurate statistical models and valid conclusions it is advisable to carry out further research of this issue. The results will be used for evaluation of the cropland productivity and for determining of the balance of  $\text{CO}_2$  fluxes over vegetation cover based on satellite data, which include the red edge bands (RapidEye, Sentinel-2 and so on).

**Keywords:** ground-based spectrometry, red edge indices field,  $\text{CO}_2$  fluxes measurements, gross primary productivity, winter wheat crops, correlation

УДК 550:834

# Новий підхід до оцінки перспективності нафтогазових басейнів щодо відкриття родовищ нафти і газу на основі глибинної концепції їх утворення та використання комплексу аерокосмічних, морфометричних та геолого-геофізичних даних

С. М. Єсіпович \*

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

На основі дослідження області розміщення родовищ вуглеводнів модернізованим комплексом методів пошуку нафтогазових скопчень обґрунтовується закладання пошукової свердловини (свердловин) в межах пасток як антиклінального, так і неантиклінального типів. Суттєвими особливостями цих свердловин будуть високі прогнозні дебіти вуглеводневої сировини.

**Ключові слова:** перспективи нафтогазоносності, модернізований комплекс, поверхневі аерокосмічні аномалії, глибинні геофізичні аномалії, шовна рифтогенна зона, родовища вуглеводнів, пошукова свердловина

© С. М. Єсіпович. 2016

## 1. Вступ

Однією з основних проблем, які стоять сьогодні перед нафтогазовою геологією, є збільшення видобутку вуглеводневої сировини та зниження затрат на її пошуки та розвідку. У всьому світі коефіцієнт успіху нафтогазового буріння дорівнює 30%. Якщо строго підійти до цього питання і виключити з числа продуктивних свердловин з низькими дебитами, а також ті, що дають короткочасний приплив вуглеводневої сировини, то процент успіху (у всякому разі на території України) буде ще менший. Причина в тому, що обмежено впроваджуються нові наукові підходи по геологічному осмисленню, обробці та інтерпретації всієї наявної інформації, а також методи її комплексування [4]. Багато нафтогазоносних структур підготовлені в минулі роки на базі структурної сейсмічної інформації, яка на новітньому етапі не переоброблялась і не переосмислювалась. Саме тому сьогодні бракує науково обґрунтованих точок під буріння, хоча значна кількість потенційно високопродуктивних зон нафтогазових басейнів ще не опішуквана.

Підвищити ефективність пошуково-розвідувального буріння можна, здійснивши перехід від високозатратного площинного опішуккування до економічного зонального. При цьому пошуки та розвідка ведуться не в межах структурних форм нафтогазового басейну, а в межах певних тектоно-фаціальних зон, де є глибинні передумови утворення вуглеводнів. Адже сприятливі умови для утворення високодебітних родовищ виникають в найбільш мобільних зонах земної кори — так званих шовних рифтогенних зонах (ШРЗ) — де до механічних умов

“перетирання”, а отже, і примусової фільтрації ювенільних вуглеводнів через динамічно напружені осадово-магматичні товщі, збагачені органічною речовиною, добавляються умови високої температури та тиску. Ширина таких зон від 8 до 12 км, і виділяються вони по історії геологічного розвитку регіону, а пошук в їх межах перспективних на нафту та газ блоків проводиться на базі аналізу широкого комплексу аерокосмічних та геолого-геофізичних робіт. Це дозволяє не тільки отримати уточнену структурну модель перспективної ділянки, але й наповнити її неструктурною інформацією, яка прогнозує фізичний стан порід (ущільнення, розущільнення, епігенетичні зміни, фаціальний склад, тощо) і визначає, в якому місці — антиклінальному склепінні, крилі чи монокліналі треба закласти пошукову свердловину.

При цьому пошукове буріння ведеться не на один чи кілька продуктивних комплексів, а на вивчення всього розрізу свердловини, оскільки з глибиною вірогідність відкриття нових покладів підвищується. Площина пасток з глибиною в цілому зменшується, і вони можуть навіть не збігатися в плані, але дебіти вуглеводневої сировини будуть тільки зростати.

Сьогодні традиційні підходи по пошуку родовищ вуглеводнів базуються на комплексному аналізі геолого-геофізичних робіт, який трудомісткий, потребує багато часу та значних асигнувань і, надаючи структурну модель пастки, не дає відповіді щодо її заповнення продукцією. Залучення до нафтогазопішуккових робіт матеріалів багатоспектральних аерокосмічних зйомок в комплексі з морфометричними дослідженнями, дозволяють виділяти ділянки земної поверхні, де фіксується аномальна концентрація вуглеводнів. Такі малозатратні, випереджуючі сейсмозвідку роботи проводяться Науковим цен-

\* Тел.: +380 44 486 84 21



тром аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України.

В результаті комплексування аерокосмічних, морфометричних та геолого-геофізичних даних на детальному рівні даються рекомендації по закладанню пошукової свердловини.

Як свідчать попередні дослідження, реалізація даного підходу дозволяє підвищити ефективність пошукового буріння мінімум у два рази в межах блоків, де ще відсутні свердловини, і до трьох раз, де вже є свердловинна інформація [3].

## 2. Мета досліджень

Дослідивши область розміщення відомих родовищ вуглеводнів модернізованим комплексом методів пошуку нафтогазових скопчень, обґрунтувати закладання пошукової свердловини (свердловин) в межах пасток як антиклінального, так і неантиклінального типів. Суттєвими особливостями цих свердловин будуть високі прогнозні дебіти вуглеводневої сировини.

## 3. Засоби досліджень

Модернізований комплекс методів (МКМ) прогнозу нафтогазоперспективних об'єктів в нафтогазових басейнах базується на реальній моделі зв'язку певних компонентів ландшафту і особливостей сейсмічного поля Землі в межах промислових скопчень ВВ. Результатом досліджень є додаткова інформація для прийняття оптимального рішення при плануванні детальних сейсморозвідувальних робіт та пошукового буріння. На основі аналізу різноманітних методик вивчення геологічної будови земної кори з використанням результатів аерокосмічних досліджень обґрунтовано оптимальний комплекс аерокосмічних, геоморфологічних та геолого-геофізичних методів вивчення геологічних структур, доступних для промислової розробки родовищ корисних копалин.

Базовими є геолого-геофізичні та аерокосмічні дослідження, при яких вирішуються наступні задачі:

- структурне дешифрування матеріалів нових видів космічних зйомок;
- визначено комплекс індикаційних ознак відображення нафтогазоносних структур в ландшафті;
- обґрунтовано пакет структурно-геоморфологічних досліджень, виконаний на базі космічної радарної топографічної зйомки SRTM та цифрової моделі рельєфу;
- інтерпретація та переосмислення геолого-геофізичних матеріалів, основними з яких є теплові, гравіметричні та сейсморозвідувальні з метою створення нової схеми геодинамічної будови регіону (регіональний рівень) та виділення глибинного об'єкту можливого покладу ВВ в межах поверхневої суперпозиційної аномалії (локальний рівень);

- створено нові комп'ютерні програми обробки космічних знімків та сейсморозрізів.

Відповідно до глибинної концепції утворення вуглеводнів обґрунтований та вибудований модернізований комплекс методів передбачає:

- побудову принципово нової геодинамічної схеми тектоніки регіону та історії його геологічного розвитку на базі циклічних процесів формування земної кори [1]. В історії розвитку першочергова увага приділяється міжблоковим (шовним рифтогенним) зонам (ШРЗ) і визначається їх геодинамічна активність. Виділяються ШРЗ за широким комплексом аерокосмічних, морфометричних та геолого-геофізичних методів. ШРЗ і стають регіональним об'єктом пошуку родовищ ВВ;
- шовні зони як теоретично, так і практично забезпечують дві принципові переваги пошуку родовищ ВВ:
  - звужують площу пошуку в межах самої ШРЗ, а це 8–12 км, та 3–5-ти кілометрової оторочки;
  - тільки в цій, визначеній зоні пошуку можна сподіватися на відкриття родовищ ВВ з високими та стабільними дебитами вуглеводневої сировини, причому чим молодша та активніша за віком буде ШРЗ — тим потужніший її вуглеводневий потенціал;
- в межах регіонального об'єкту ШРЗ проводяться пошукові та детальні аерокосмогеологічні роботи за методом суперпозиції (накладання-співставлення) аномальних зон, виділених різними методами. Обґрунтовується положення суперпозиційної аномалії на поверхні, яка може говорити про існування покладу ВВ на глибині.
- виділення глибинного об'єкту можливого покладу ВВ, в межах поверхневої суперпозиційної аномалії, виконується в результаті переобробки сейсмічної інформації по методу Тимошина-Семенової [2]. При цьому виділяється та аналізується неструктурна інформація сейсмічного поля.

В залежності від задач, які вирішуються, комплекс таких досліджень може проводитися:

- на регіональному рівні для виділення ШРЗ в межах осадового басейну та перед детальними геологорозвідувальними роботами, коли йде мова про попередню привабливість та оцінку даної площі або ділянки;
- при плануванні оптимального об'єму детальних геологорозвідувальних робіт;
- на стадії проведення детальних пошукових робіт з метою одержання додаткової інформації про перспективність виявлених об'єктів і місцезонавання пошукових свердловин.

Для досліджень використовують:

1. Матеріали космічних зйомок (Landsat 7, 8, Rapid Eye, TERRA (Aster), SRTM, що отримуються через Internet.
2. Топографічні карти різного масштабу.

3. Дані потенційних геофізичних полів (теплого, гравітаційного, магнітного), як регіонального, так і детального масштабів.
4. Дані сейсморозвідки, профільні спостереження 2.5 Д (сумотраси загальної глибинної точки в SEG-форматі).
5. Вся наявна геологічна інформація.

#### **4. Визначення перспектив нафтогазоносності ліцензійної ділянки (блоку) відносно загальних перспектив регіону, області, площі**

##### *Початкові дані*

Замовник має намір взяти ліцензію на певну ділянку (блок), але перед цим хоче визначитись, наскільки він виявиться перспективним у нафтогазоносному відношенні у порівнянні з іншими блоками нафтогазового басейну.

Виконавець робіт вивчає дане питання, аналізуючи геолого-геофізичну та аерокосмічну інформацію і через деякий час (до п'яти місяців) видає заключення по перспективам нафтогазоносності ділянки-блока:

- неперспективна;
- слабо перспективна;
- перспективна,
- високо перспективна.

Якщо ділянка виявляється слабо перспективною або неперспективною, то по бажанню замовника простір аналізу може бути розширений і йому пропонується область басейну, де може бути розміщена перспективна ділянка.

#### **5. Обґрунтування місцеположення пошуково-розвідувальної свердловини**

##### *Початкові дані*

Ліцензію на ділянку отримано, проведено роботу геофізичними методами, треба визначитись з місцеположенням точки під буріння. Можливо й таке, що місцеположення свердловини вже рекомендовано, але, враховуючи її велику собівартість, Замовник хоче підстрахуватись і звертається до Виконавця, надаючи йому для аналізу всю наявну геолого-геофізичну інформацію, якою володіє.

Виконавець робить комплексний аналіз, при потребі надані матеріали доопрацьовуються, і якщо їх не вистачає для однозначного висновку, рекомендується отримати нові, в тому числі і певний об'єм аерокосмічних досліджень та сейсморозвідки. В результаті Виконавець або рекомендує точку під буріння на цій площі, або ні (особливо, якщо ліцензійна ділянка була визначена без врахування аналізу першого рівня).

Аналіз другого рівня виконується протягом пев-

ного часу, до шести місяців (все залежить від необхідної повноти інформації, яку Замовник надає Виконавцю). Ускладнення роботи і продовження терміну аналізу виникає тоді, коли наданий матеріал неякісний або його не вистачає.

Виконання Замовником рекомендацій Виконавця (при якісному бурінні та випробуванні) дозволить отримати продукцію з хорошими дебітами в двох свердловинах з трьох. Процент успіху на площах, де вже є пробурені свердловини, буде ще вищий.

#### **6. Аналіз причин негативних результатів пошуково-розвідувального буріння як в окремих свердловинах, так і в межах ліцензійних блоків**

##### *Початкові дані*

Замовник хоче визначитись, чому в межах його ліцензійної ділянки пошуково-розвідувальне буріння дає негативний результат — припливів вуглеводневої сировини або взагалі немає, або вона короткочасна і не забезпечує економічного ефекту буріння.

Виконавець виконує роботи першого рівня складності з елементами другого рівня і надає аналітичний звіт Замовнику.

#### **7. Визначення доцільності відновлення свердловини**

##### *Початкові дані*

Замовникові рекомендують взяти під відновлення ту чи іншу свердловину, яка давала продукцію. Однак він хоче знати доцільність цієї операції, чи вдасться отримати запланований приплив вуглеводневої сировини?

Відповідно до конкретного замовлення Виконавець робить аналіз по першому рівню (див. розділ 4) і деякі елементи аналізу другого рівня (див. розділ 5).

В результаті проведених комплексних досліджень рекомендується витратити кошти на відновлення свердловини, або цього не робити.

#### **Література**

1. Єсіпович С. М. Історія планети Земля — пульсуючий розвиток під дією космічного пресингу [Електронний ресурс]: монографія: С. М. Єсіпович; ДУ Наук. центр аерокосміч. досл. Землі Інст-ту геолог. наук НАН України. — Електрон. дані (1 файл). — К., 2015 — 190 с. — Інтернет-портал "Research Gate". — Режим доступу: [http://www.researchgate.net/profile/Staniislav\\_Yesepovych/publications](http://www.researchgate.net/profile/Staniislav_Yesepovych/publications). — Назва з екрану. — Дата звернення: 19.01.2016.

2. Єсіпович С. М. Геолого-геофізичне обґрунтування моделі складнопобудованої осадової товщі в межах північної шовної рифтогенної зони Дніпровсько-Донецької западини / С. М. Єсіпович, С. Г. Семенова, О. А. Рибак // Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво: матеріали міжнародного геологічного форуму, 7–12 вересня 2015 р., Одеса, Україна, Державна геологічна служба України. Український Державний геолого-розвідувальний інститут. — К., 2015. — Т. 1. — С. 67–73.
3. Модернізований комплекс методів прогнозу нафтогазоперспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької западини з використанням даних дистанційного зондування Землі: звіт про НДР (заключний). Кер. С. М. Єсіпович, викон.: О. І. Архіпов, З. М. Товстюк [та ін.]; ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України”. — К., 2014. — 382 с. — № ДР 0109U008821. — УкрНТІ. 26.01.2015 №0215U003197.
4. Спутниковые методы поиска полезных ископаемых. Сб. статей под ред. акад. НАН Украины В. И. Лялько и докт. техн. наук М. А. Попова. ГУ Науч. центр аэрокосмич. исслед. Земли Инст-та геолог. наук НАН Украины. — К.: Карбон-Лтд, 2012. — С. 43–49.

# НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ БАССЕЙНОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ОТКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА НА ОСНОВЕ ГЛУБИННОЙ КОНЦЕПЦИИ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ, МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

С. М. Єсіпович

На основе исследований области размещения месторождений углеводородов модернизированным комплексом методов поиска нефтегазовых скоплений обосновывается закладка поисковой скважины (скважин) в пределах ловушек как антиклинального, так и неантиклинального типов. Существенными особенностями этих скважин будут высокие прогнозные дебиты углеводородного сырья.

**Ключевые слова:** перспективы нефтегазоносности, модернизированный комплекс, поверхностные аэрокосмические аномалии, глубинные геофизические аномалии, шовная рифтогенная зона, месторождения углеводородов, поисковая скважина

# NEW APPROACH TO ASSESSING THE PROSPECTS OF OIL AND GAS POOLS ON THE DISCOVERY OF OIL AND GAS BASED ON DEEP CONCEPT OF FORMATION AND USE OF A WIDE RANGE OF AEROSPACE, MORPHOMETRIC, GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA

S. M. Yessypovych

After investigations of the zone of the hydrocarbon fields by upgraded methods for oil and gas assemblages it is possible to prove position of searching well (wells) on traps of anticline as well nonanticline type. Essential peculiarities of this wells will be high predicted debits of hydrocarbons.

**Keywords:** oil and gas potential, modernized complex, aerospace surface anomalies, deep geophysical anomaly, seam rift zone, hydrocarbon deposits, exploration well

УДК 550:834

## Перспективи розвитку модернізованого комплексу методів пошуку родовищ вуглеводнів на суходолі

С. М. Єсіпович \*, С. Г. Семенова, О. А. Рибак, О. П. Скопенко

ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України", Київ, Україна

Модернізований комплекс методів (МКМ) прогнозу нафтогазоперспективних об'єктів в нафтогазових басейнах базується на реальній моделі зв'язку певних компонентів ландшафту і особливостей сейсмічного поля Землі, яке формує глибинну геологічну модель промислових скупчень ВВ. Саме достовірність та детальність глибинних моделей дозволяє обґрунтувати закладання пошукової свердловини (свердловин) в межах пасток як антиклінального, так і неантиклінального типів. Суттєвими особливостями цих свердловин будуть високі прогнозні дебіти вуглеводневої сировини.

**Ключові слова:** модернізований комплекс методів, родовища вуглеводнів, шовні рифтогенні зони, сейсмічне поле, аномалії "м'якого" та "жорсткого" розрізу, геодинамічна активність

© С. М. Єсіпович, С. Г. Семенова, О. А. Рибак, О. П. Скопенко. 2016

**Модернізований комплекс методів (МКМ) пошуку родовищ корисних копалин (ВВ) на суходолі** [1] базується на реальному зв'язку регіональної геодинамічної глибинної моделі міжблокових (шовних) зон земної кори з певними компонентами ландшафту і особливостями сейсмічного поля Землі, причому, сам комплекс, як і всі три його компоненти, є відкритою системою та весь час поповнюється і модернізується. Використання результатів МКМ по пошуку родовищ ВВ призведе до значного зниження собівартості даних робіт та підвищить їх ефективність.

Розглянемо третю складову МКМ, що будує глибинну модель родовища КК, а саме, хвильове сейсмічне поле. Воно має часову компоненту і дозволяє побудувати модель розрізу та або ототожнити, або ні, поверхневі аномалії рельєфу з глибинними об'єктами.

Сучасний стан вивчення геологічної будови нафтогазоперспективних об'єктів сейсмічними методами

Методологія загальної глибинної точки (ЗГТ) придумана та реалізована з метою підвищення інформативності сейсмічного методу відбитих хвиль (МВХ) та полягає в спеціально розробленій системі спостережень та обробки. Дозволяє отримувати структурну інформацію для відносно простих розрізів з невеликими кутами нахилу відбиваючих горизонтів. Кожний глибинний сегмент розрізу досліджується в межах певної бази спостереження на різних відстанях від пунктів входу та виходу відбитої хвилі по всьому її годографу. Це дає змогу при сумуванні різних сегментів годографа підсилювати реальний сигнал, послаблюючи хвилявади, але завдяки ефекту осереднення, затушовує суттєві неоднорідності розрізу.

Отже, методологія ЗГТ, безумовно маючи свої переваги, реально досліджує тільки прості структурні моделі, коли швидкість плавно збільшується з глибиною, а відбиваючі горизонти мають невеликі кути нахилу. Геологічні моделі навіть середнього ступеню складності спотворюються осередненням до нереальних, і робити по них навіть структурний аналіз при пошуках родовищ ВВ є проблематичним.

Одним з перших це зрозумів Ю. В. Тимошин, який розробив свій метод дифракційної сейсморозвідки, а потім з С. Г. Семеновою вони розробили методологію виділення в полі відбитих хвиль сліду дифузійно-ефузивного потоку вуглеводневих сполук [5]. Для цього спочатку видаляється з поля відбитих хвиль компонента ЗГТ, а потім по розсіяному полю розраховуються компоненти акустичної жорсткості (швидкість помножена на щільність) для геологічного розрізу. Називають даний розріз неструктурної інформації — акустичним полем розсіяних хвиль, оскільки саме структурна компонента з нього вилучена, а аномальні об'єкти — умовно "м'якими" та "жорсткими".

Підхід І. В. Карпенка [2] в моделі розрахунку спектральних характеристик середовища (СХС), також базується на сейсмічному полі розсіяних хвиль, яке виділяється з сейсмічного поля МЗГТ.

Обидві методології перевірені на реальному сейсмічному матеріалі, як на морі, так і на суходолі, та довели, що можуть картувати неструктурну геологічну інформацію, яка може бути пов'язана з родовищами ВВ.

На сьогоднішній день у відділі АКДГ реалізована методологія Тимошина-Семенової, яка базується на переобробці сейсмічної інформації.

Практично з самого початку структурна інформація за даними МЗГТ, а вона була та, на жаль, залишається домінуючою у всьому світі, вступила в

\* Тел. +380 44 486 84 21



протиріччя з даними промислової розробки родовищ ВВ. Єдина структурна форма антиклінального склепіння, чи будь-якої іншої пастки, в результаті буріння дуже суттєво ускладнювалася — умовна “тарілка антикліналі” розбивалася на ряд блоків, які ділилися на високо продуктивні, мало продуктивні та непродуктивні. Газо-водяні та нафто-водяні контакти не завжди були витримані навіть в межах окремих блоків.

Однак, будувати реальні моделі заважав цілий ряд причин, що концентрувались по двох напрямках — недосконалості наукових положень біогенної гіпотези “...яка в принципі не в змозі правильно направляти пошуки та розвідку родовищ ВВ” (М. О. Кудрявцев [3]) та відсутності фактичного матеріалу по глибинних горизонтах. Хоча добре відомо (Н. Я. Мармалевський), що карбонатна матриця може давати продукцію від 20 до 400 тон на добу, в залежності від певних геодинамічних умов в різних тектоно-фаціальних зонах [4].

**Липоводолинська площа** знаходиться в межах 5-ти кілометрової отороочки (на південь) міжблокової зони між схилом Воронежського кристалічного масиву та Дніпровського грабену. В регіональному плані за методологією МКМ, це зона високих перспектив нафтогазоносності [1].

Для визначення структурних та тектонічних особливостей відбиваючих горизонтів на рівні відкладів нижнього карбону була виконана динамічна переобробка хвильового поля. Порівняння результатів динамічної обробки ПАТ “Укрнафта” та ДГП “Укргеофізика” свідчить про покращення динамічних характеристик за рахунок ексклюзивного алгоритму розширення спектра корисного сигналу (рис. 1а), що надає змогу більш якісно визначати поведінку відбиваючих сейсмічних границь у межах візейських відкладів і нижчезалягаючих горизонтів та виділяти диз’юнктивні елементи.

На сейсмічних профілях 60 та 2 096 в межах блоку 7 свердловини (рис. 2), з максимальною детальною ПАТ “Укрнафта” виконала сейсмічну кореляцію, виділила систему тектонічних порушень, та побудувала поверхню  $2T_0$  відбиваючого горизонту на рівні нижньовізейських відкладів (див. вставку на рисунках).

Хоча перед спеціалістами ПАТ “Укрнафта” не стояло завдання досліджувати розріз нижче 3 секунд, результати переобробки дають змогу виконати сейсмофаціальний аналіз та виділити в сейсмічному розрізі стратиграфічні комплекси девону, нижнього карбону, середнього-верхнього карбону та пермі.

На глибині 5 000 м, час відбиття 3 100 мс, свердловини розкрили відклади верхнього девону, який неузгоджено перекривають породи турнейського ярусу нижнього карбону. Покрівля нижнього карбону зафіксована на глибині 3 760 м, час відбиття 2 540 мс. Вище даної відмітки до глибини 2 380 м

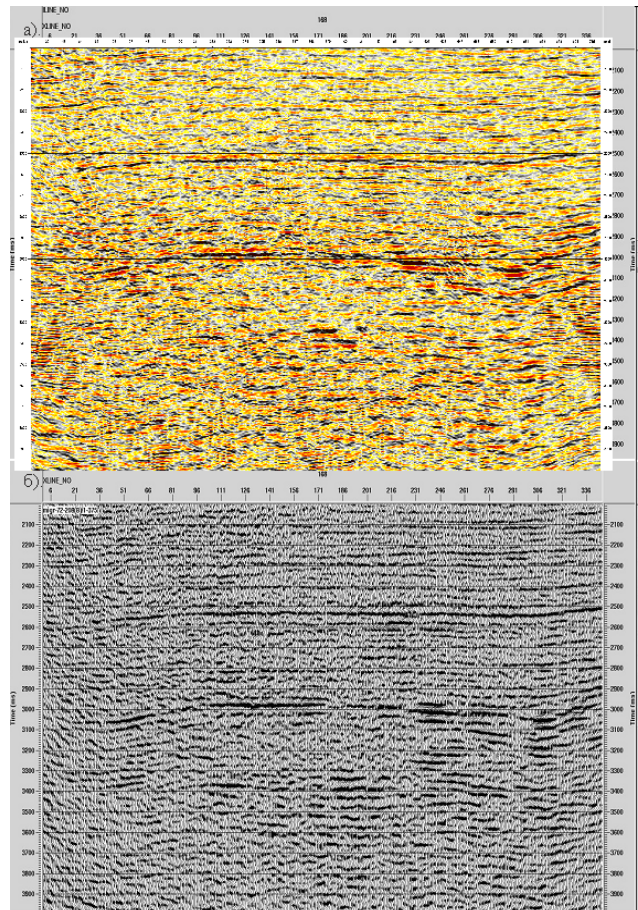


Рис. 1. Фрагмент часового розрізу по профілю 60: а) обробка ПАТ “Укрнафта”; б) обробка ДГП “Укргеофізика”

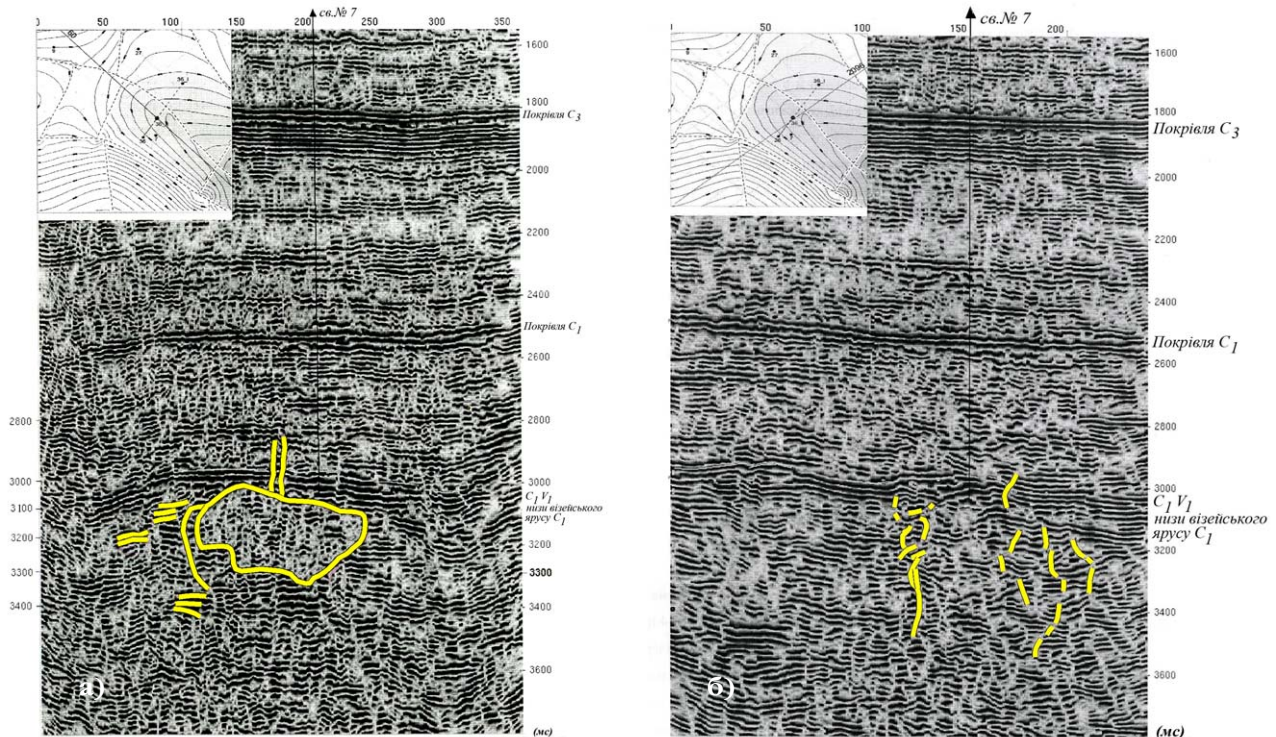
(час відбиття 1 800 мс) залягає комплекс порід середнього-верхнього карбону, який неузгоджено перекривають породи пермі. Якщо комплекс карбону в цілому має узгоджену будову нашарувань своїх комплексів, то відклади девону не витримані ні по глибині, ні по простяганню. В межах пікетів 110–240 профілю 60, в інтервалі глибин 3 100–3 300 мс виділяється тіло з характерною відсутністю відбиттів, що може бути пов’язано з наявністю солі. Спеціалісти ПАТ “Укрнафта”, що займалися обробкою сейсмічної інформації, допускають наявність у девонському розрізі солі, але тільки у вигляді не штокових пластівців тіл.

Фактично нафтогазоносним є інтервал 4 840–4 500 м (3 040–2 880 мс) — це низи візейського ярусу нижнього карбону. Профілі 60 та 2 096 були оброблені за методологією Тимошина-Семенової, і результати представлені на рис. 3, 4.

Представлені на рисунках аномальні зони “м’якого” та “жорсткого” розрізу дозволяють зробити наступні висновки:

- фактичні дані промислової нафтогазоносності свердловини №7 підтверджуються аномаліями “м’якого розрізу” на обох профілях, як вздовж простягання, так і впоперек простягання склад-





**Рис. 2.** Сейсмічні профілі: а) — № 60, повздовжній напрямку складки; б) — № 2 096, перпендикулярний до напрямку складки. Фактично нафтогазоносним є інтервал 4 840–4 500 м (3 040–2 880 мс) — це низи візейського ярусу нижнього карбону. Профілі 60 та 2 096 були оброблені за методологією Тимошина-Семенової, і результати представлені на рис. 3, 4

ки, що незаперечно свідчить про існування аномального об'єкту в просторі;

- явно не витримується субгоризонтальність аномальних зон, тобто насиченого вуглеводневими сполуками колектора — він очевидно має не пластову форму і не може контролюватись, як вважалося завжди і вважається, тільки структурними формами;
- аномальні об'єкти “м'якого” розрізу рідко мають субгоризонтальну форму, а частіше — похилу, або субвертикальну — таким чином аномальна зона нижнього візе раннього карбону плавно переходить в породи турнейського ярусу і нижче — в породи девона;
- в інтервалі пікетів 100–270 (проф. 60) та 90–220 (проф. 2 096) зафіксовані складні куполоподібні тіла з загальною регіональною покрівлею на рівні покрівлі нижнього карбону (сейсмічний горизонт на глибині 3 760 м (2 500 мс). Нижче залягає субпокрівля в низах візе раннього карбону, яка за уявленням геологів ПАТ “Укрнафти” контролює продуктивну товщу візейського ярусу, не є достатньо щільною. Куполоподібне тіло, зафіксоване в аномальному полі розсіяних хвиль, складається з серії дрібніших куполів, накладених (вкладених) один на одного;
- куполоподібне тіло, виділене по профілю 60 (див. рис. 3), в цілому збігається з передбачуваним розповсюдженням солі (див. рис. 2);
- якщо прив'язуватись до промислових об'єктів

свердловини №7, то більш інтенсивні та добре ізольовані покрівлями аномалії “м'якого” розрізу розміщені нижче (майже завжди зі зміщенням у просторі), у відкладах девону, причому на цілком доступних для буріння глибинах.

Сьогодні практика пошуково-розвідувальних робіт на нафту та газ обов'язково потребує вивчення сейсморозвідкою структурної форми пастки, за якою рахуються запаси в умовних паливних одиницях та приймається рішення щодо точки буріння. Згідно історії геологічного розвитку ДДЗ [3] пізньо-франсько-фаменському геотектонічному етапу відповідає структурно-формаційний комплекс (СФК) соленосно-теригенно-карбонатних та ефузивних формацій пізнього девону. Нижня та верхня границі комплексу, а також нижня та верхня сіль і ефузиви формувались у регресивні періоди розвитку осадових нашарувань, і тому невитримані в стратиграфічному відношенні, залягають з перериванням, але без помітного кутового неузгодження на підстиляючих породах. Товщина всього СФК змінюється від 0 до 5 000 м, причому зміни товщин відбуваються на коротких відстанях, збільшуючись у прогинах та зменшуючись на підняттях. Максимуми товщин зосереджені в бортових міжблокових зонах — північній та південній, які сьогодні мають ширину 10–12 км. По суті, це були рифтогенні шви між каледоно-герцинським цоколем Дніпровського грабену та схилами УЩ і ВКМ. От вони і заповнювались ефузивами, теригенами та сіллю



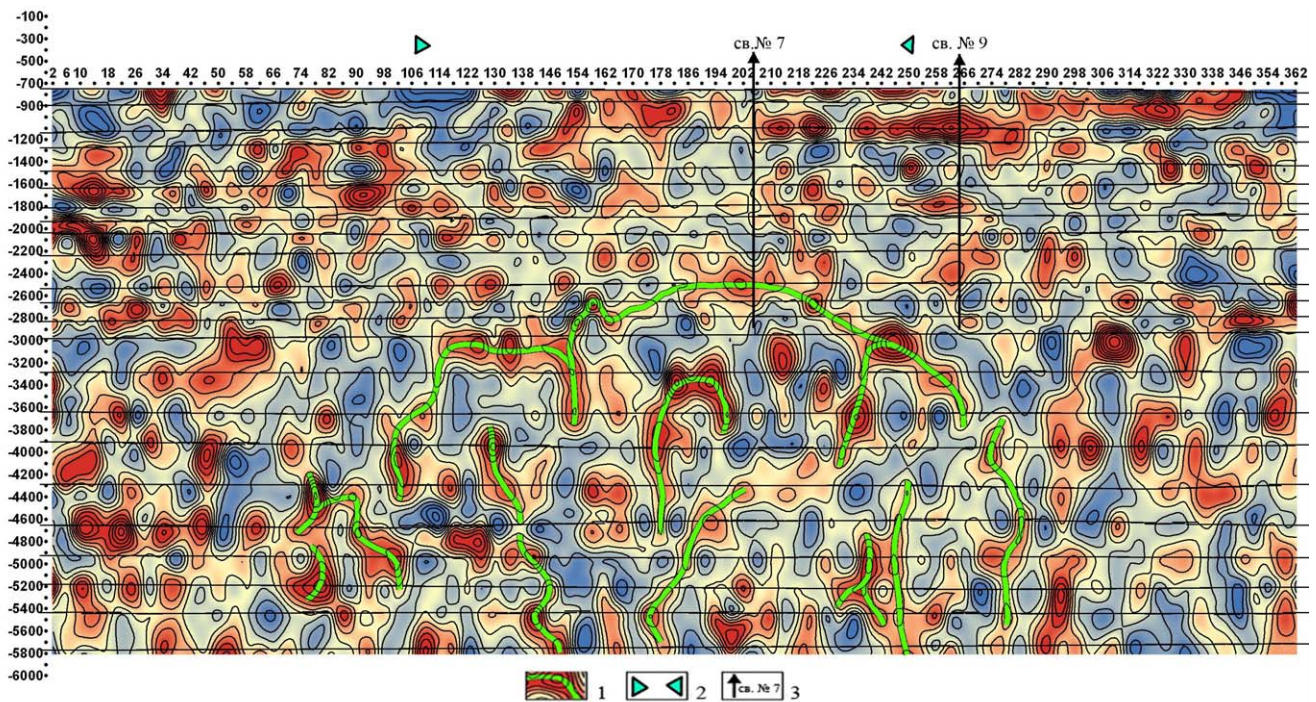


Рис. 3. Розріз сейсмічного поля розсіяних хвиль по профілю 60.

1 — куполоподібна аномальна зона, 2 — межі куполоподібної аномальної зони, 3 — продуктивні свердловини

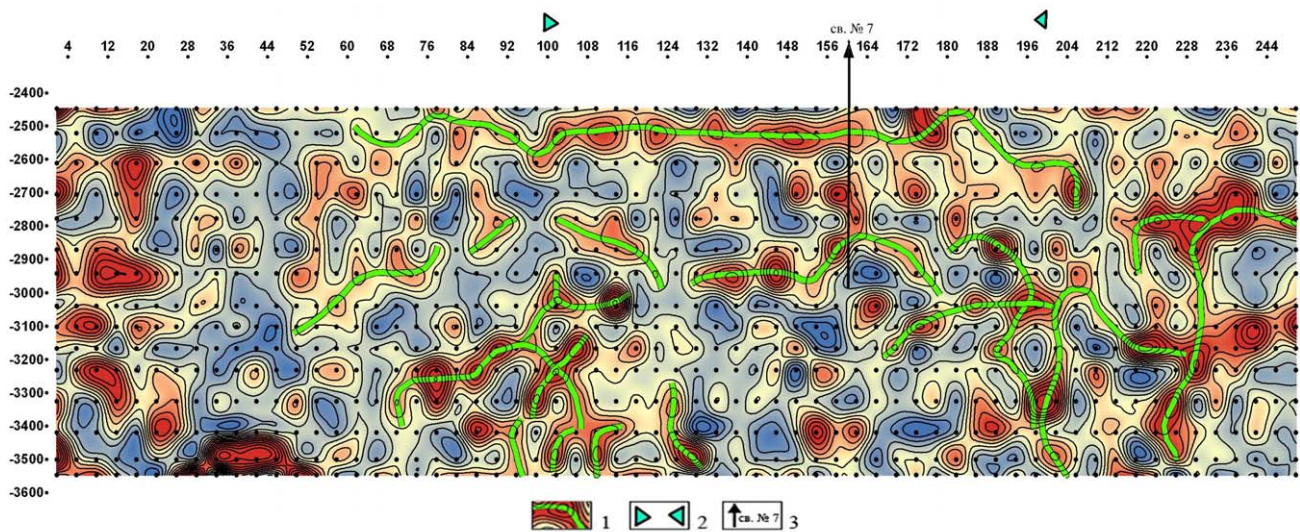


Рис. 4. Розріз сейсмічного поля розсіяних хвиль по профілю 2096.

1 — куполоподібна аномальна зона, 2 — межі куполоподібної аномальної зони, 3 — продуктивна свердловина

ендогенного походження. А оскільки сам простір шва весь час пульсував у режимах розширення-стиснення, то і утворювалася така собі “мішанина” різних порід, різко не витриманих по площі і, як наслідок, не маючих витримані літофаціальні границі (сейсмічні горизонти). Розвинути успіх білоруських геологів, які відкрили у відкладах девону нафтові родовища, — в Дніпровсько-Донецькій западині не вийшло — багаторічні цілеспрямовані пошуки дали практично нульовий результат. Порівняння з Прип'ятською западиною через різницю геологічних умов формування явно не можливе —

структурна сейсморозвідка не давала доказів присутності відбиваючих горизонтів у породах девону.

Підсумовуючи все вище наведене, можна констатувати, що розбурюються в ДДЗ тільки структурні форми по відбиваючому горизонту в низах нижнього карбону (низи візейського ярусу), який не завжди контролює нижчезалягаючі колекторські товщі і є частково проникним для флюїдних потоків. Головні запаси вуглеводневої сировини ДДЗ зосереджені в нижчезалягаючих горизонтах, але недостатньо розвинута наукова база нафтогазової геології та геофізики не дозволяє цілеспрямовано їх шукати.



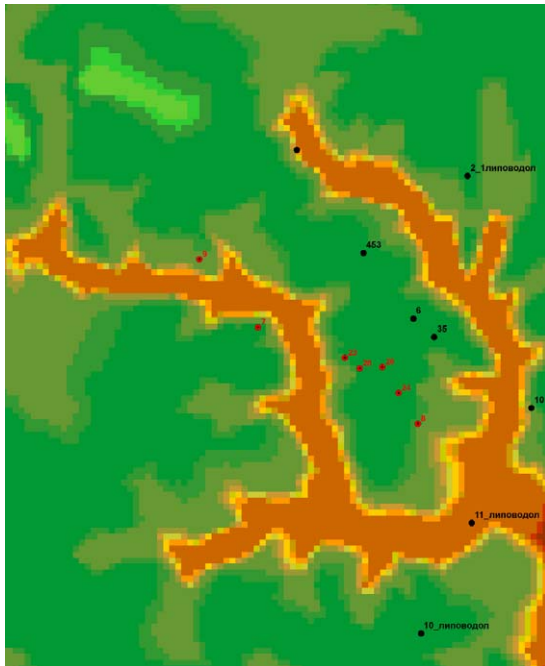
Навіть суперсучасні та супердорогі просторові системи сейсмозондування дозволяють тільки дещо збагатити структурну інформацію — не вирішуючи кардинально завдання в цілому.

Результати неотектонічного аналізу даних багатоспектральних аерокосмічних досліджень в межах Липоводолинського нафтогазового родовища

З метою вивчення неотектонічної будови Липоводолинської площі зроблено перегляд даних структурно-геоморфологічних досліджень, результатів дешифрування багатоспектральних космічних знімків TERRA Aster, Landsat-7/ETM+ і космічної топографічної зйомки SRTM.

Площа Липоводолинської структури розташована на правобережжі р. Хорол в межах новохарківської неогенової тераси. Склепіння структури підкреслюється дискордантним закладанням правостороннього притоку-балки р. Хорол, верхів'я якої розгалужується, охоплюючи припіднятий блок рельєфу в межах склепіння структури з обох боків, утворюючи вилкоподібний плановий рисунок (рис. 5).

На космічних знімках цей блок чітко фіксується за короткими лівими та правими притоками основних балок, що стікають з вершини блоку. Перевага Aster полягає в тому, що на цьому КЗ чітко фіксується площинний змив поверхневих ґрунтів з площини блоку, що свідчить про його неотектонічну активність. Схожий за активністю блок спостерігається на північний захід від свердловини № 9, відділений лінеamentом. Можливо тут слід очікувати структурне ускладнення у відкладах нижнього карбону.



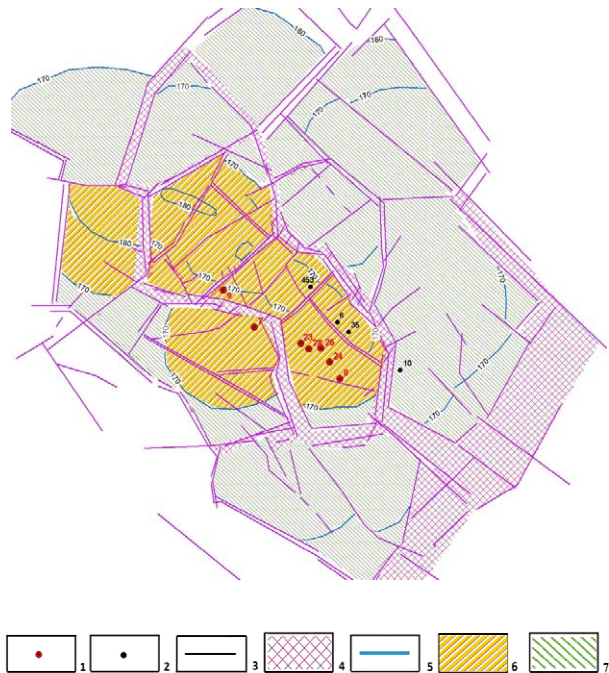
**Рис. 5.** КЗ SRTM. Будова сучасного рельєфу в межах Липоводолинської площі. Над склепінням абсолютні відмітки рельєфу підвищені на 5–10 м по відношенню до оточуючої території, що також підкреслюється вилкоподібним плановим рисунком двох балок, дніща яких зближаються між собою по лінії свердловин №№ 7, 453

Матеріали космічної топографічної зйомки масштабу 1 : 500 000 дозволяють віддешифрувати крупні неотектонічні блоки, що було взято за основу при побудові схеми морфотектоїзогіпс (рис. 6).

На цій схемі виділяється зона північно-західного простягання в межах вилкоподібної зони лінеamentів. Неотектонічні блоки з абсолютними відмітками рельєфу 170–180 м підкреслюють встановлені промислові припливи вуглеводневої сировини. Це враження вимальовується ще більш рельєфно, якщо від загальної зони відділити правий неотектонічний блок зі свердловинами 35, 6, 453. Роль лінеamentів та зон лінеamentів однозначно необхідно інтерпретувати разом зі схемою морфотектоїзогіпс.

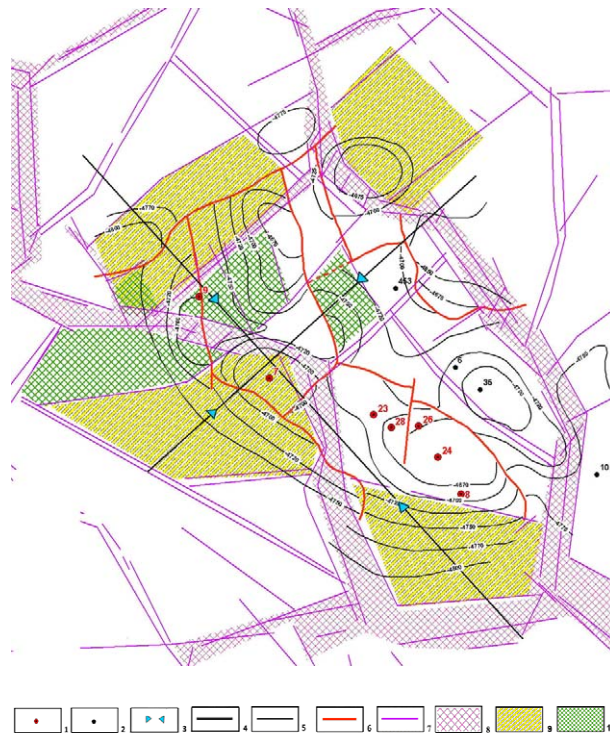
В результаті інтегрування результатів структурно-геоморфологічних досліджень та дешифрування космічних знімків в межах Липоводолинської площі було виділено ряд неотектонічних блоків поза межами продуктивних свердловин. В їх межах можуть бути відкриті пастки вуглеводнів у відкладах нижнього карбону, а, можливо, і верхнього девону (рис. 7).

Звертаємо увагу на просторове розміщення куполоподібного тіла в товщі  $C_1-D_3$ , показаного на рис. 3–4. Умовний контур його, маючи північно-західне простягання, дійсно відділяє область продуктивних свердловин від непродуктивних, збігаючись де з ізогіпсами горизонту відбиття  $C_1V_1$  (4 720 м), де з розломами за даними геофізики, а де з лінеamentами, підтверджуючи вище обґрунтований тезис, що продуктивна товща низів карбону-верхнього девону не контролюється структурними формами карбону.



**Рис. 6.** Липоводолинська площа. Схема морфотектоїзогіпс. 1 — продуктивні свердловини, 2 — непродуктивні свердловини, 3 — лінеamenti, 4 — зони лінеamentів, 5 — морфотектоїзогіпс, 6 — неотектонічні блоки з абсолютними відмітками рельєфу 170–180 м, 7 — неотектонічні блоки з абсолютними відмітками рельєфу 160–170 м





**Рис. 7.** Липоводолинське нафтогазове родовище.

1 — продуктивні свердловини, 2 — непродуктивні свердловини, 3 — межі куполоподібної аномальної зони по полю розсіяних хвиль на сеймопрофілях № № 60, 2096, 4 — ізогіпси горизонту відбиття  $C_1V_1$  ( $B_{26}$ ), 5 — сеймопрофілі, 6 — розломи за даними геофізики, 7 — лінементи, 8 — зони лінементів, 9 — неотектонічні блоки, першочергові для постановки пошуково-розвідувальних робіт, 10 — другочергові неотектонічні блоки

## Висновки

Подальша розробка МКМ при пошуках нафти та газу повинна зосереджуватись на двох напрямках:

- ускладнення глибинних геологічних моделей на базі неструктурної сейморозвідки, по полю розсіяних хвиль;
- подальше вдосконалення та впровадження більш точних поверхневих морфометричних методів на базі аерокосмічних досліджень.

## Література

1. Модернізований комплекс методів прогнозу нафтогазо-перспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької западини з використанням даних дистанційного зондування Землі: звіт про НДР (заключний) / кер. С. М. Єсипович, викон.: О. І. Архіпов, З. М. Товстюк [та ін.]; ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України". — К., 2014. — 382 с. — № ДР 0109U008821. — УкрНТІ. 26.01.2015. № 0215U003197.
2. Литологическая интерпретация геофизических материалов при прямых поисках нефти и газа / В. А. Бабадаглы, Т. С. Изотова, И. В. Карпенко, Е. В. Кучерук. — М.: Недра, 1988. — 256 с.
3. Теоретичні основи нетрадиційних геологічних методів пошуку вуглеводнів / М. І. Євдошук, І. І. Чебаненко, В. К. Гавриш [та ін.]. НАН України. Інститут геологічних наук. Колективна монографія. — К.: Вид-во НТП "Нафто-газ-прогноз", 2001. — 288 с.
4. Розробка методики пошуку пасток вуглеводнів в девонських відкладах південної приобтової зони ДДЗ на основі комплексної інтерпретації даних с/р, ВСП та ГДС: звіт про НДР № 657 (заключний) / кер. О. Ю. Лукін; від. викон.: Н. Я. Мармалевський, Державна геологічна служба України. Український Державний геолого-розвідувальний інститут. — К., 2007. — 349 с. — № ДР У-05-66/10.
5. Сейсмогеологическая модель разреза осадочных пород, включающих залежь углеводородов / Ю. В. Тимошин [и др.] // Геофиз. журнал. — 1993. — т. 15, № 2. — С. 77–84.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА МЕТОДОВ ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА СУШЕ

С. М. Єсипович, С. Г. Семенова, Е. А. Рыбак, Е. П. Скопенко

Модернизированный комплекс методов (МКМ) прогноза нефтегазоперспективных объектов в нефтегазовых бассейнах основан на реальной модели связи определенных компонентов ландшафта и особенностей сейсмического поля Земли, которое формирует глубинную геологическую модель промышленных скоплений УВ. Именно достоверность

и детальность глубинных моделей позволяет обосновать заложение поисковой скважины (скважин) в пределах ловушек как антиклинального, так и неантиклинального типов. Существенными особенностями этих скважин будут высокие прогнозные дебиты углеводородного сырья.

**Ключевые слова:** модернизированный комплекс методов, месторождения углеводородов, шовные рифтогенные зоны, сейсмическое поле, аномалии “мягкого” и “жесткого” разреза, геодинамическая активность

#### DEVELOPMENT PROSPECTS OF UPGRADED METHODS COMPLEX OF ON-LAND HYDROCARBON DEPOSITS' FINDING

S. M. Yesypovych, S. G. Semenova, O. A. Rybak, A. P. Skopenko

The upgraded methods complex (UMC) (“модернізований комплекс методів (МКМ)” (uk)) of oil-gas promising objects prognosis in the oil-gas basins based on the real model of particular components connection and Earth's field seismic features, which form deep geological model of hydrocarbons' industrial clusters. It is, exactly, the certainty and details of the depth models allow to justify the searching well's laying within the of anticlinal as well as non-anticlinal traps types. The essential features of these wells will be high forecast reserves of hydrocarbon raw material.

**Keywords:** upgraded methods complex, hydrocarbon deposits, joint riftogenic zones, seismic field, anomalies of the “soft” and “hard” section, geodynamic activity

УДК 553.981:528.8(535.33:581.45)(477.75)

## Применение адаптивных спектральных индексов для поиска залежей углеводородов с использованием материалов космической съемки и наземного фотометрирования

В. Г. Якимчук, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порущкевич \*

ГУ "Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины", Киев, Украина

Получена сравнительная характеристика информативных значений длин волн адаптивного спектрального индекса (АСИ) растительности по космическим снимкам и наземным данным, исходя из условия максимального расстояния между средними значениями индексов для точек на участках, газопродуктивность которых подтверждена бурением, и на участках без залежей углеводородов. АСИ получены для поля пшеницы над Глебовским газовым месторождением (Крым, Украина) и вне месторождения по данным космического снимка Landsat 7 от 06 июня 2010 г. и результатам наземного спектрометрирования 28 мая 2010 г.

**Ключевые слова:** залежи углеводородов, адаптивный спектральный индекс растительности, спектрорадиометр FieldSpec 3 FR, Landsat 7, Глебовское газовое месторождение

© В. Г. Якимчук, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порущкевич. 2016

### 1. Введение

Повышение результативности геологоразведочных газопоисковых работ может быть осуществлено путем внедрения современных космических технологий, что позволит с минимальными затратами уточнять и получать новые данные об особенностях геологического строения площадей и локализовать газоперспективные площади. В предлагаемом методе анализируется комплекс материалов космических снимков (КС) и съемки гиперспектральным спектрорадиометром (ГС) для решения геологических задач. Выбор наиболее информативных признаков для района поиска производится для наземных мультиспектральных съемок и космических снимков путем сравнительного анализа цифровых моделей, получаемых из данных ГС и КС.

### 2. Проблема

Главными факторами, влияющими на спектральные характеристики растений, являются пигментация, особенности внутреннего строения листьев, общее содержание влаги. В синей и красной зоне спектра отражательная способность растений очень низкая, в зеленой зоне энергии отражается больше, а в ближнем инфракрасном диапазоне наблюдаются максимальные значения коэффициентов отражения для растительности. Обусловлены они особенностями внутреннего строения листьев и связанными с ним очень высокой пропускной и отражательной способностью, при очень низком поглощении энергии. В среднем инфракрасном

диапазоне сильное влияние на форму спектральной кривой оказывают полосы поглощения воды в длинах волн 1.4, 1.9 и 2.7 мкм. Большая часть падающей энергии поглощается водой, имеющейся в листе, а остальная ее часть отражается.

Влияние залежей углеводородов на спектральные характеристики растений рассматривается во многих работах. Результаты спектрометрирования пшеницы над Глебовским газовым месторождением (Крым, Украина), где значительные объемы миграции углеводородов из месторождений нефти и газа наблюдаются в зонах разломов, получены дистанционно портативным спектрорадиометром FieldSpec® 3 FR в солнечную погоду 28 мая 2010 г. [3]. Установлено, что в местах аномально высоких концентраций газообразных углеводородов в грунте значения вегетационных индексов положения красного края (Red-edge Position — REP) и мерисовского наземного хлорофиллового индекса (MERIS Terrestrial Chlorophyll Index — MTCI) уменьшаются по сравнению с их значениями для фонового участка за пределами месторождения. Это может позволить использование при поиске газа данных сенсоров, которые имеют в зоне красного края необходимые 3 канала и соответствующее пространственное разрешение, как например RapidEye (MSI Multi Spectral Imager DLR Waveband: 4 VIS + 1 NIR band: 440–510 nm, 520–590 nm, 630–685 nm, 690–730 nm, 760–850 nm Spatial resolution: 6.5 m).

При гиперспектральной съемке спектрорадиометром FieldSpec® 3 FR формируются значения в диапазоне 350–2500 нм в спектральных зонах величиной 1 нм. Гиперспектральная космическая информация требует новых подходов к анализу данных, так для дешифрирования применяется спект-

\* E-mail: a.porushkevych@ujrs.org.ua



ральная функции сдвига по длине волны электромагнитного излучения, как интегральный показатель спектральных характеристик элементов ландшафтов [2]. Значение угла наклона спектральной функции сдвига возрастает с увеличением доли растительности на снимке и уменьшением участков без растительности (грунт, дороги, крыши и т. д.).

### 3. Возможности

Предлагается информативные спектральные характеристики газовых месторождений вырабатывать на основе спектрального индекса (СИ) — показателя, рассчитываемого в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) данных наземного и дистанционного зондирования. В настоящее время существует множество вариантов спектральных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв.

При обработке космических снимков в программном комплексе ENVI имеется специальный калькулятор спектральных вегетационных индексов ENVI, который позволяет рассчитать 27 вегетационных индексов, используемых для оценки состояния растительности, содержания пигментов, азота, углерода, воды [6]. При работе с гиперспектральным снимком может быть выполнен расчет всех 27 индексов. Это рассчитываемые в разных спектральных зонах индексы — “зелености”, эффективности использования света, содержания углерода в виде лигнина и целлюлозы и др.

Известно, что эмпирические спектральные индексы по гиперспектральным спутниковым данным были использованы для построения карт хвойных, принадлежащих семейству кипарисовых в Кордильерах Южной Америки [7], а решение задачи классификации покрытий ландшафта по многоспектральным аэрокосмическим изображениям выполняется путем оптимизации состава индексов, обеспечивающего максимальную разделимость классов с использованием дивергенции Кульбака–Лейблера [4].

### 4. Проведение измерений и анализ данных спектрометрирования

Спектрометрирование пшеницы над Глебовским газовым месторождением проводилось дистанционно в солнечную погоду 28 мая 2010 года портативным спектрорадиометром FieldSpec® 3 FR. Схему маршрута наземной спектрометрической съемки с номерами точек, в которых осуществлялось измерение спектров отражения озимой пшеницы, приведено на рис. 1, где на фоновом участке за границами месторождения находятся точки 95–105 и над месторождением — точки 106–116.

### 5. Модель

Адаптивный спектральный индекс (Adaptive Spectral Index — ASI) может определяться по оптимальным длинам волн, которые получаются исходя из условия максимального модуля разности между значениями индексов для эталонных точек на участках, газопроодуктивность которых



**Рис. 1.** Схема маршрута проведения спектрометрической съемки на Глебовском газовом месторождении 28 мая 2010 г. (22 точки с номерами 95–116)

подтверждается бурением (сигнал)  $ASI(s_i)$  и для участков без залежей углеводородов (фон)  $ASI(f_j)$  [2].

В данной работе алгоритм построен на оценке вдоль маршрута расстояния между средними значениями СИ области месторождения и фоновой области с учетом их среднеквадратических отклонений. Определение оптимальных длин волн  $\lambda_p$  и  $\lambda_q$  ( $p = 1, 2, \dots, P-1, q = 1, 2, \dots, P$ ), где  $P$  — количество спектральных каналов, производится по представленному далее алгоритму.

Для спектров области месторождения и фоновой области  $ASI$  определяется в соответствии с выражением

$$ASI = \frac{L(\lambda_p) - L(\lambda_q)}{L(\lambda_p) + L(\lambda_q)}, \quad (1)$$

где  $p = 1, 2, \dots, P-1, q = 1, 2, \dots, P$ .

На основе средних значений СИ для области месторождения  $ASI(S)$  и вне месторождения  $ASI(F)$  для множества  $N$  упорядоченных пар значений  $\lambda_p$  и  $\lambda_q$  отсчетов составляем декартово произведение  $N^2$  и вычисляем значения

$$M_n = \frac{|\Delta ASI| - \sigma[ASI(S)] - \sigma[ASI(F)]}{|\Delta ASI|}. \quad (2)$$

Из полученных значений  $M_n$  выбираем наибольшие, пары длин волн которых используются при вычислении значений  $ASI$  для каждой точки маршрута.

## 6. Эксперимент

В ходе эксперимента из спектрограмм, полученных спектрометрическим FieldSpec® 3 FR, моделируются спектральные каналы Landsat 7 в соответствии с приведенной таблицей.

Для модели Landsat 7, построенной по данным спектрометрического FieldSpec® 3 FR, определены значения  $M_n$  в соответствии с выражениями (1), (2), которые с указанием каналов Landsat 7 представлены на рис. 2. Также для снимка Landsat 7 от 6 июня 2010 г. были получены значения  $M_n$ , которые представлены на рис. 3. В полученных результатах введены обозначения  $B_p$  и  $B_q$ , соответствующие обозначениям спектральных каналов Landsat 7.

Пороговое значение для разделения классов сигнала и фона выбирается в виде среднего значения по всей выборке и допускается, что две выборки  $ASI$

( $s_i$ ) и  $ASI(f_j)$  объемами  $i = 1, 2, \dots, I$  и  $j = 1, 2, \dots, J$  являются нормально распределенными случайными величинами. По выборочным данным проверяется нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий этих случайных величин  $ASI(S)$  и  $ASI(F)$ . Если нулевая гипотеза выполнена, т. е.  $ASI(S) - ASI(F) = 0$ , тогда, исходя из независимости выборок, оценка дисперсии разности выборочных средних равна  $D = \frac{D_S^2}{I} + \frac{D_F^2}{J}$ . Следовательно,  $t$  — статистика для проверки нулевой гипотезы равна

$$t = \frac{|ASI(S) - ASI(F)|}{\sqrt{\frac{D_S^2}{I} + \frac{D_F^2}{J}}}.$$

После того как  $t$  рассчитано, его необходимо сравнить с коэффициентом Стьюдента, найденным в табл. [1].

При сравнении критерия достоверности разности двух средних арифметических с коэффициентом Стьюдента возможны два случая:

1.  $t \geq t_T$ . Разность двух сравниваемых средних арифметических достоверна, т. е. с точки зрения математической статистики они отличаются друг от друга с выбранной доверительной вероятностью.
2.  $t \leq t_T$ . Разность двух сравниваемых средних арифметических недостоверна, т. е. нельзя сказать, что одно среднее арифметическое больше или меньше второго.

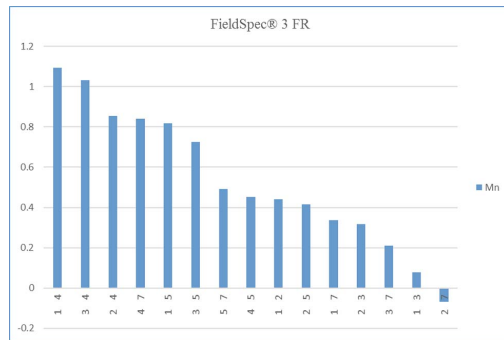
В результате проверки гипотезы установлено, что разность двух сравниваемых средних арифметических достоверна для модели Landsat 7 для всех  $ASI$ , за исключением двух наименьших  $M_n$  (рис. 2)  $ASI(B1, B3)$  и  $ASI(B2, B7)$ . Для снимка Landsat 7 — достоверна для всех  $ASI$ , за исключением трех наименьших  $M_n$  (рис. 3)  $ASI(B3, B7)$ ,  $ASI(B2, B3)$  и  $ASI(B1, B4)$ .

Как пример, для всей трассы точек (95–116) для модели Landsat 7 (по данным FieldSpec® 3 FR) показаны значения спектральных индексов  $FS14$  и  $FS47$ , которые представлены на рис. 4, а для снимка Landsat 7 — значения  $LS47$  и  $LS25$ , которые представлены на рис. 5, ( $n = 95, 96, \dots, 116$  — номер точки). Представляет интерес посмотреть значения спектральных индексов каналов, соответствующих индексу  $NDVI$  (0.63–0.69  $\mu\text{км}$ ) и (0.75–0.90  $\mu\text{км}$ ), значения которого приведены на рис. 6.

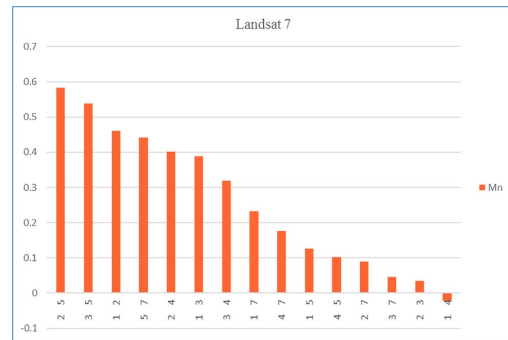
**Таблица**

Спектральные каналы Landsat 7 [8]

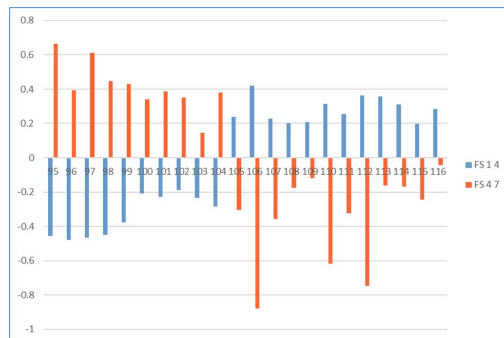
| № канала                              | Band 1<br>(B1) | Band 2<br>(B2) | Band 3<br>(B3) | Band 4<br>(B4) | Band 5<br>(B5) | Band 6<br>(B6) | Band 7<br>(B7) |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Спектральный диапазон, $\mu\text{км}$ | 0.45–0.515     | 0.525–0.605    | 0.63–0.69      | 0.75–0.90      | 1.55–1.75      | 10.40–12.5     | 2.09–2.35      |



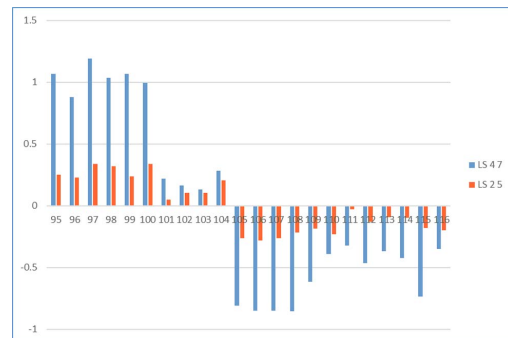
**Рис. 2.** Значения  $M_n$  для модели Landsat 7 по данным спектрометра FieldSpec® 3 FR, где значения  $B_p$  и  $B_q$  указаны в таблице



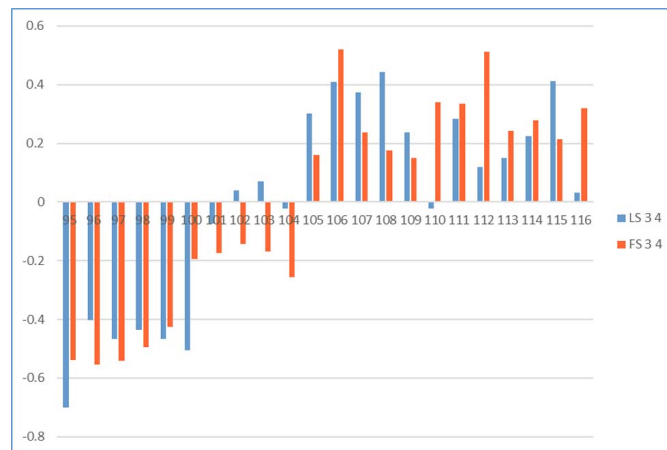
**Рис. 3.** Значения  $M_n$  по данным Landsat 7, где значения  $B_p$  и  $B_q$  указаны в таблице



**Рис. 4.** Значения  $ASI$  вдоль трассы по данным спектрометра FieldSpec® 3 FR, где обозначено  $FS$  1 4 есть спектральный индекс  $ASI$  ( $B_1, B_4$ ) и  $FS$  4 7 –  $ASI$  ( $B_4, B_7$ )



**Рис. 5.** Значения  $ASI$  вдоль трассы по данным снимка Landsat 7, где обозначено  $LS$  4 7 есть спектральный индекс  $ASI$  ( $B_4, B_7$ ) и  $LS$  2 5 –  $ASI$  ( $B_2, B_5$ )



**Рис. 6.** Значения  $ASI$  для пар каналов, соответствующих индексу  $NDVI$ , где обозначено  $LS$  3 4 есть спектральный индекс  $ASI$  ( $B_3, B_4$ ) по данным снимка Landsat 7 и  $FS$  3 4 –  $ASI$  ( $B_3, B_4$ ) по данным спектрометра FieldSpec® 3 FR

## Выводы

По данным, представленным на рис. 4 и рис. 5 видно, что для участков с месторождением и без месторождения выполнена правильная классификация для Landsat 7 и FieldSpec® 3 FR. Однако расстояние от порогового значения для данных FieldSpec® 3 FR меньше изменяется по множеству точек ( $FS$  1 4, что соответствует спектральным интервалам 0.45–0.515  $\mu\text{км}$  и 0.75–0.90  $\mu\text{км}$ ). Для дан-

ных снимка Landsat 7 ( $LS$  4 7, что соответствует спектральным интервалам 0.75–0.90  $\mu\text{км}$  и 2.09–2.35  $\mu\text{км}$ ) наряду с точками со значительным превышением порога есть точки близкие к пороговым значениям. По результатам на рис. 6, соответствующих индексу  $NDVI$  (0.63–0.69  $\mu\text{км}$ ) и (0.75–0.90  $\mu\text{км}$ ), для модели по данным FieldSpec® 3 FR выполнена правильная классификация, а для данных Landsat 7 имеем неправильные решения для нескольких точек маршрута.



## 7. Заключение

Проведенные исследования показали принципиальную возможность использования адаптивных спектральных индексов для поиска залежей углеводородов по данным наземных спектрограмм и космических снимков. Нужно отметить, что для данных FieldSpec® 3 FR наиболее часто встречается канал Band 4 (0.75–0.90 мкм), а для Landsat 7 — Band 5 (1.55–1.75 мкм). Результаты получены для поля пшеницы над Глебовским газовым месторождением и для обобщения метода необходимы исследования на других месторождениях и растениях.

## Литература

1. Большев Л. Н. Таблицы математической статистики / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. — М.: Наука, 1983. — 416 с.
2. Дешифрування гіперспектральної космічної інформації на основі текстурних і спектральних характеристик досліджуваних об'єктів / В. Г. Якимчук [та ін.] // Доповіді Національної академії наук. — 2008. — № 2. — С. 129–134.
3. Дослідження варіацій індексів червоного краю спектрів відбиття пшениці над газовим родовищем / В. І. Лялько [та ін.] // Космічна наука і технологія. — 2010. — Т. 6. — № 6. — С. 5–10.
4. Использование полного набора нормализованных межканальных индексов многоспектральных космических изображений при классификации покрытий ландшафта. / М. А. Попов [та ін.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. — 2007. — Т. 20 (59). — № 1. — С. 175–182.
5. Застосування спектральних індексів спектрограм листя дерев для оцінки екологічних умов їхнього росту в м. Києві [Електронний ресурс] / В. Г. Якимчук, Л. П. Ліщенко, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порущкевич // Український журнал дистанційного зондування Землі. — 2015. — № 5. — С. 4–14. — Режим доступу до журналу: <http://www.ujrs.org.ua/ujrs/index> (2015). — Назва з екрану.
6. Exelis. ENVI Tutorial: Vegetation Analysis [Електронний ресурс] — Режим доступу: [http://www.exelisvis.com/portals/0/pdfs/envi/Vegetation\\_Analysis.pdf](http://www.exelisvis.com/portals/0/pdfs/envi/Vegetation_Analysis.pdf). — Назва з екрану.
7. Peca Marco A. Constructing satellite-derived hyperspectral indices sensitive to canopy structure variables of a Cordilleran Cypress (*Austrocedrus chilensis*) forest. / Marco A. Peca, Alexander Brenning, Ariel Sagredo // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. — 2012. — № 74. — Р. 1–10.
8. National Aeronautics and Space Administration (NASA). Landsat 7 Science Data Users Handbook [Електронний ресурс] — Режим доступу: [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7\\_Handbook.pdf](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7_Handbook.pdf). — Назва з екрану.

ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНИХ СПЕКТРАЛЬНИХ ІНДЕКСІВ ДЛЯ ПОШУКУ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛІВ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ І НАЗЕМНОГО ФОТОМЕТРУВАННЯ

В. Г. Якимчук, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порущкевич

Отримано порівняльну характеристику інформаційних значень довжин хвиль адаптивного спектрального індексу (*ASI*) рослинності за космічними знімками та наземним даними, виходячи з умови максимальної відстані між середніми значеннями індексів для точок на ділянках, газонасиченість яких підтверджена бурінням, і на ділянках без покладів вуглеводнів. *ASI* отримані для поля пшениці над Глібовським газовим родовищем (Крим, Україна) і поза родовищем за даними космічного знімка Landsat 7 від 6 червня 2010 року і результатами наземного спектрометрування 28 травня 2010 року.

**Ключові слова:** поклади вуглеводнів, адаптивний спектральний індекс рослинності, спектрорадіометр FieldSpec 3 FR, Landsat 7, Глібовське газове родовище

THE USE OF THE ADAPTIVE SPECTRAL INDEXES FOR THE HYDROCARBON DEPOSITS EXPLORATION USING REMOTELY SENSED DATA AND GROUND-BASED PHOTOMETRY

V. H. Yakymchuk, K. Yu. Sukhanov, A. Yu. Porushkevych

The comparative characteristics of the informative values of the wavelengths of the adaptive spectral index (*ASI*) of vegetation using remotely sensed data and in-situ measurements, based on the condition of the maximum distance between the average values for the indexes on the points where the gas availability has been confirmed by drilling and on areas without hydrocarbon deposits were obtained. *ASI* was obtained for the wheat fields over Hlibovskiy gas field (Crimea, Ukraine) and out the deposit using data from Landsat 7, dated 06 June 2010 and the results of in-situ spectrometry dated May 28, 2010.

**Keywords:** hydrocarbon deposits, adaptive spectral index, FieldSpec 3 FR, Landsat 7, Hlibovskiy gas field

УДК 504.064.3:528.8:[553.97(0492)] (477)

## Моніторинг стану торфовищ для виявлення пожежонебезпечних ділянок за допомогою дистанційних методів

Л. П. Ліщенко \*, Н. В. Пазинич

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

За даними дистанційного зондування Землі — багатозональними космічними знімками, цифровими моделями рельєфу, повітряними та наземними вимірюваннями теплового поля поверхні, виявлено ділянки торфовищ різного ступеню прогрівання та встановлена їх пожежна небезпечність.

**Ключові слова:** торфовища, дистанційні методи, пожежна небезпека, космічні знімки Landsat, теплове поле поверхні  
© Л. П. Ліщенко, Н. В. Пазинич. 2016

### 1. Вступ

Торфовища — складна багатокомпонентна і унікальна природна система, що в значній мірі впливає на екологічний стан довкілля, особливо в останній час, у зв'язку з потеплінням клімату. Торфовища виконують водорегулюючу та природоохоронну функцію, але при всіх своїх “плюсах” вони можуть стати справжнім лихом для людини і головне, порушити тепловий баланс екосистеми.

Актуальність теми полягає в тому, що хоча торфовища займають 2–3% поверхні суходолу, проте утримують 25% ґрунтового вуглецю планети. Торфові пожежі є найбільшим у світі явищем за обсягом викидів вуглецю і найдовші за тривалістю. Тліюча пожежа може тривати роками. Торф'яні пожежі, навіть встановлені, надзвичайно важко контролювати, і вкрай важко загасити. Приховане горіння відбувається в підземних шарах торфу, пожежі можуть витримати вологу і дощову погоду і, навіть, продовжувати тління взимку під снігом. У світі, кількість вуглецю, що зберігається в торфовищах перевищує кількість вуглецю, що зберігається у всій рослинності і може бути прирівняною за обсягом до існуючого атмосферного басейну вуглецю [12, 13].

До торфовищ відносяться водно-болотні території з потужністю торфу більшою за один метр. Торф, як порода містить приблизно 60% вуглецю і до 40% кисню в залежності від складу, зольності, гумусності. Один кілограм сухого торфу може утримати до 20 літрів води і є хорошим резервуаром для збереження вологи. Після меліорації осушене торфовище спрацьовується внаслідок вивільнення вуглецю, втрачаючи до 2.5 см потужності на рік. Властивості та сфери застосування торфу демонструються на рис. 1.

Крім того в сухому стані торфовища легко займаються. Під час пожеж осушених торфовищ в ат-

мосферу надходить значний об'єм зважених часток (сажа, чорний вуглець), “парникові” хімічно активні гази  $\text{CO}_2$  (диоксид вуглецю),  $\text{NO}$  (окис азоту),  $\text{SO}_2$  (диоксид сірки) органічні сполуки  $\text{NH}_3$  (аміак),  $\text{H}_2\text{CO}$  (формальдегід),  $\text{C}_2\text{OH}_{12}$  (бензапірен), феноли, альдегіди) та інші сполуки. Це негативно впливає на довкілля, збільшує захворюваність органів дихання, астми та викликає смертність населення [9].

На торфовищах поширених на територіях у тій чи іншій мірі постраждалих від аварії на ЧАЕС встановлено, що максимальне накопичення цезію 137 — одного з найбільш рухомих радіонуклідів зафіксовано лише на глибині 2–6 см від поверхні. Таке відносно неглибоке залягання максимальних забруднень є потенційною загрозою розповсюдження їх зі стоком під час періоду повеней або атмосферним, під час пожеж [5].

Надходження значних кількостей сполук азоту і фосфору з прогорілого торфу у річкову мережу може призвести до евтрофікації водних об'єктів та різкого зниження якості річкових вод. Тривале тління торфу має негативні наслідки для довкілля далеко за межами ділянки горіння. Глибоке горіння торфу вивільнює тисячолітні накопичення вуглецю, які досі не були частиною активного вуглецевого циклу і утворений надлишок вуглецю не може бути засвоєним живими організмами та рослинністю. На рис. 2 показано, що у природному стані торфовища накопичують вуглець, а в осушених торфовищах внаслідок літфікації в атмосферу виділяється діоксид вуглецю, підсилюючи парниковий ефект, що в рази посилюється під час горіння.

За оцінками спеціалістів критична вологість торфовищ, при якій можливе загорання становить 73%. Хоча насправді, торф може зневоднюватись до набагато нижчих значень. Під час тривалого посушливого періоду даний показник вологості досягає 40%, а це вже практично сухий легкозаймистий торф в якому вогонь розповсюджується вглиб товщі. Коли горіння доходить до ґрунтових вод або

\* E-mail: Lischenko.lp@gmail.com  
Tel. +380 044 482 03 72



Рис. 1. Властивості і сфери застосування торфу

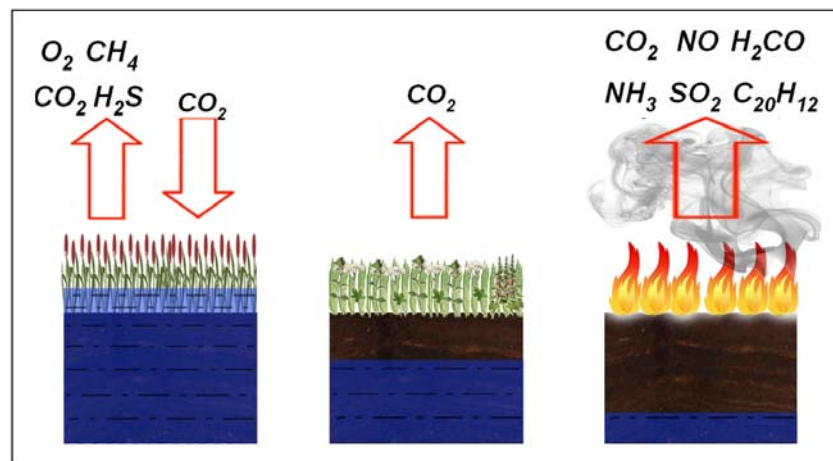


Рис. 2. Функціонування та небезпека торфово-болотних систем в різних умовах

мінерального ложа пожежа припиняється. Виникненню 80–90% усіх торф'яних пожеж сприяє людський фактор, необережне поводження з вогнем. Решта 10–15% пожеж можуть виникати від блискавок, проїжджаючого транспорту та не виключається можливість самозаймання [10].

Торф має властивість до самозаймання. При цьому не обов'язковим є приплив тепла ззовні. У процесі зростання температури беруть участь мікроорганізми, продукти життєдіяльності яких накопичуються в анаеробних умовах і призводять до поступового прогрівання маси торфу до 60–65°C [3]. При диханні деяких видів термофільних та термогенних бактерій та мікроорганізмів, що витримують нагрів до 70°C, виділяється велика кількість тепла. При подальшому підвищенні температури торф перетворюється на напівкокс, схильний до спонтанного самозаймання під дією кисню повітря. Са-

монагрівання відбувається зі швидкістю від 0.5 до 4.5°C за добу і поступово прискорюється. Ступінь ендегенної пожежонебезпеки залежить від ботанічного складу торфу і ступеня його розкладання. До займання може бути схильний також і видобутий торф в процесі його зберігання.

На сьогодні в Україні існує близько 1 млн. га осушених торфовищ, основна частина яких знаходиться на правобережному Поліссі [8]. У більшості заторфованих заплав малих річок, що оточують Київ (Ірпінь, Здвиж, Тетерів, Остер, Трубіж та їх притоків), в заболочених притерасних частинах заплав Десни і Дніпра потужність торфу місцями сягає 6–7 метрів. Отже Київ кільцем оточений такими складними природними торфово-болотними комплексами, які за певних умов можуть не тільки приносити користь, але й ставати екологічно небезпечними.



## 2. Методичні прийоми моніторингу стану торфовищ

Для виявлення пожежонебезпечних ділянок на торфовищах потрібно володіти наступною інформацією:

- місцезнаходження торфовищ;
- потужність торф'яних відкладів;
- стан вологості торфовища;
- погодні показники в тому числі і синоптичний прогноз.

Низку цих показників можливо отримати, використовуючи багатозональні космічні зображення різного просторового розрізнення. Так, на регіональному рівні може використовуватись широко відомий супутник Terra з апаратурою Modis, що має ряд теплових каналів, які показують зміни температури поверхні в просторі. Також існують готові продукти з Terra Modis, а саме MOD14A2, що фіксують як одномоментні, так і сумарні перевищення наземної температури за 8 днів спостережень, тобто “гарячі точки”. Теплове поле поверхні поділяється на 7 класів, три з яких відносяться до аномальних перевищень температур і з різною достовірністю ідентифікують пожежі.

Для більш достовірного визначення місця та обставин пожежі на регіональному рівні застосовуються космічні знімки (КЗ) серії Landsat, особливо після того як на носії Landsat 8 були розміщені два теплових канали (TIR) з діапазонами 10.8 та 12.0 мкм. У ЦАКДЗ використовуються і вдосконалюються методики перерахунку теплового поля з врахуванням атмосферної корекції та введення поправок на відповідні властивості поверхні [2].

Різні земні об'єкти відрізняються за поглинанням, накопиченням та відбиттям теплового випромінювання (емісією), отже утворюють різний тепловий образ поверхні. Оскільки, торф як порода має значні розбіжності в тепловіддачі та відбитті з поверхні в залежності від стану вологості, то саме в теплових діапазонах спектру це чітко проявляється. Порівнюючи стан поверхні заторфованої долини можливо визначити коли ця поверхня стає переосушеною і починає інтенсивно прогріватися [14].

Звичайно, зафіксувати на знімку осередки пожеж не дуже складно. Комбінація TIR каналів 10 чи 11, NIR-каналу та, наприклад, використання індексу вологості NDWI (див. формулу), який є готовим продуктом для Landsat 8, дає можливість виділити всі гарячі ділянки на зображенні, в тому числі і пов'язані з переосушенням торфу та його горінням. Нормалізований різницевий водний індекс NDWI є чутливим до змін вмісту води в рослинному покриві, оскільки коефіцієнти відбиття в NIR (857 нм) та SVIR (1241 нм) діапазонах подібні, але дещо різняться властивостями поглинання води. Індекс застосовується для аналізу стресу рослинності та вивчення пожежної небезпеки та набуває

значень від -1 до +1 NDWI визначається наступним рівнянням:

$$NDWI = \frac{\rho_{857} - \rho_{1241}}{\rho_{857} + \rho_{1241}}; \quad NDWI = \frac{NIR - TIR}{NIR + TIR}.$$

В результаті геоморфологічного аналізу цифрових моделей рельєфу (ЦМР), ретроспективного картографічного дослідження території, порівняння і дешифрування різносезонних та різночасових КЗ визначаються межі поширення торфовищ. Найкраще для цього використовувати ранньовесняні та осінні знімки [11]. Побудова повздовжніх та поперечних профілів допомагає визначитися з максимально пониженими ділянками, де могли відбуватися застійні явища та накопичення органічних решток. У долинах великих рік, таких як Дніпро і Десна, звичайно найбільше торфонакопичення відбувається у староріччях, прибортових ділянках заплави та пониззях низьких терас. А от для невеликих річок, заторфованою може виявитися вся заплава, особливо, коли існують незначні ухили русла внаслідок чого уповільнюється стік. Для точного визначення меж розповсюдження торфів і торф'яних ґрунтів проводиться дешифрування КЗ середнього і високого просторового розрізнення.

Головними ознаками прояву торфовищ на КЗ є специфічна планова конфігурація, морфологічна виразність та спектральні властивості. В результаті інтерактивного дешифрування та спектрального аналізу багатозональних КЗ аналізується і диференціюється заплава, виділяються ділянки поширення торфовищ, визначається стан русла та дренажних каналів, ступінь їх обводненості (рис. 3) [6].

На детальному рівні досліджень розглядаються окремі ділянки (вибрані тестові ділянки), що останнім часом вважаються екологічно небезпечними.

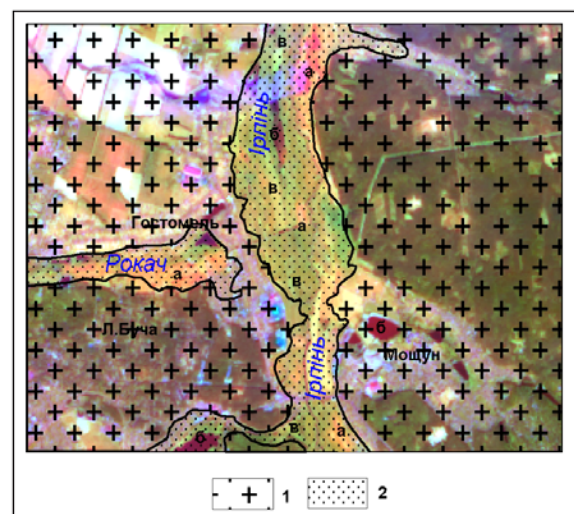


Рис. 3. Дешифрування долини річок Ірпін та Рокач за КЗ Landsat, 15.10.2015, композит 11, 6, 1 каналів.

1 — схили і межиріччя; 2 — заторфовані заплави; а — перегріті та палаючі ділянки заплави, б — перезволожені ділянки, в — заплавні луки

Технологія їх досліджень включає наступні етапи:

- виділення місцезнаходження торфовищ, що можуть складати пірогенну загрозу, застосовуючи дешифрування КЗ, аналіз рельєфу за ЦМР, використання нормалізованих різницевого спектральних індексів — вологості, посушливості, вегетаційних;
- моніторинг за станом торфовищ за КЗ середнього і високого просторового розрізнення з використанням методики розрахунку абсолютної температури поверхні за TIR діапазонами;
- застосування повітряних безпілотних апаратів: а) для виявлення перегрітих ділянок торфовищ передпожежного стану, б) для фіксування осередків займання, в) виявлення підземних осередків залишкового горіння торфовища після вжитих протипожежних заходів;
- використання польового наземного тепловізора з метою виявлення прихованих підземних залишкових осередків підвищеної температури торфу і контролю ефективності гасіння, а також можливий періодичний нагляд (моніторинг) за тепловим станом потенційно пожежонебезпечних торфовищ.

### 3. Результати робіт

На прикладі теплового поля заплав річок Ірпінь, Здвиж та Тетерів (на вододільні ділянки накладена маска) на регіональному рівні виконано порівняння стану торфовищ за КЗ Landsat різних років у один і той же сезон — жовтень 1986, 2011, 2014, 2015 років. Визначено, що прогрівання торфових заплав є нерівномірним і залежить від сумарної кількості опадів та температурних показників. На рис. 4 термоізогісами показані моделі теплового поля поверхні заплави на регіональному і детальному рівні, де жовтим і червоним кольором виділені аномальні ділянки, що відповідають умовам підвищеної пожежонебезпечності.

Моніторинг пожежонебезпечних торфовищ на детальному рівні виконувався за КЗ Landsat, тому що площі досліджуваних об'єктів, як правило, більші ніж просторове розрізнення теплового каналу даного КЗ. Крім того, періодичність зйомки однієї й тієї ж сцени становить 25 днів, що дає можливість прослідкувати зміни стану торфовища не тільки за роками але й за сезонами, починаючи з 1986 року.

На детальному рівні досліджувались окремі торфовища, на яких за останні 2014–2015 роки у зв'язку з тривалим періодом аномально теплої і сухої погоди, значно зросла кількість пожеж. У цілому за літні місяці 2015 року температура повітря перевищила середні показники на 1.5–3°C, а кількість опадів становила лише 15–40% від норми [7]. Абсолютний максимум температур сягнув 37°C. Кількість пожеж на торфовищах зросла в 4 рази, при цьому їх площа збільшилася майже у 8 разів [4].

Масові загорання відбувалися саме на осушених торфовищах. Переважало неповне горіння торфу з виділенням великої кількості диму. Відкриті осередки полум'я спостерігалися досить рідко, в місцях з деревною рослинністю. З аналізу теплових зображень середини жовтня 2014 та 2015 років, не зважаючи на вже відносно низькі температури приземного повітря, перегрів ґрунту на деяких торфовищах досяг температури 47°C.

Порівнювався стан поверхні за останні три місяці — серпень, вересень, жовтень 2015 року, де зафіксовані зміни дистанційного образу при комбінації 11, 6, 1 каналів КЗ Landsat 8 за рахунок прогрівання та горіння торф'яних покладів. Аналіз теплового поля поверхні та побудований тепловий профіль через гарячу ділянку демонструють зміни температури ґрунту саме в пониззях рельєфу, на заторфованих ділянках долин. На детальному рівні досліджень розглядалися окремі тестові ділянки, що останнім часом вважаються екологічно небезпечними.

#### 3.1. Ділянка Чорногородка

Значні площі заторфованих і частково заболочених заплави річок Ірпінь та Унави були осушені в 50 роках минулого століття і використовувалися в сільському господарстві під пасовища та городи. Меліорована заплава добре виконувала свої функції до посушливого періоду, а вже у кінці вересня 2015 року відбулося загорання великої ділянки торфовища.

За КЗ Landsat різних років на один і той же сезон — жовтень 2011, 2014 та 2015 рр., на даній ділянці проведено порівняння стану торфовищ як у видимому, так і тепловому діапазоні. Визначено, що спектральний образ торфовищ змінюється і залежить від ступеню вологості торфу, кількості опадів за попередній період та температури поверхні на дату знімання (рис. 5). Також для даної ділянки порівнювався стан поверхні за останні три місяці — серпень, вересень, жовтень 2015 року, де спостерігається зміна дистанційного образу поверхні торфовища (комбінація каналів 11, 6, 1) за рахунок прогрівання. Спостерігається збільшення спектральної яскравості відбиття як у оптичних, так особливо, у теплових каналах аж до появи теплової аномалії пов'язаної з горінням торф'яних покладів у жовтні 2015 року (рис. 6).

Ретроспективний аналіз заплави р. Ірпінь за Landsat 5 від 20 жовтня 1986 року зафіксував в тепловому каналі відносно холодні перезволожені торф'яні відклади під правим берегом в районі с. Перевіз. Підвищені ділянки заплави були або розорані, або використовувалися під пасовища, добре відслідковуються діючі дренажні канали. Восени ж 2015 р. посуха та високі температури сприяли перегріву торф'яних відкладів та їх загоранню, за розрахунками температура поверхні досягла 47°C. За



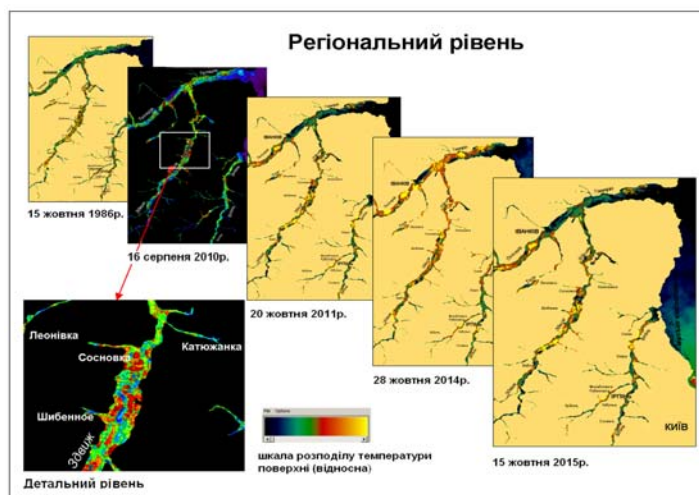


Рис. 4. Порівняння стану теплового поля поверхні заливів рік Ірпін, Здвиж та Тетерів (за даними обробки теплових каналів КЗ Landsat 5, 7, 8)

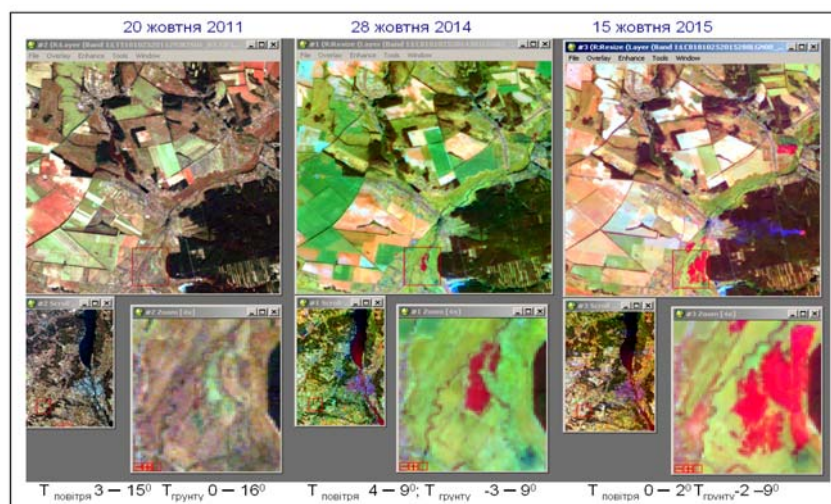


Рис. 5. Зміни дистанційного образу торфовища Чорногородка за КЗ Landsat, протягом 3-х років

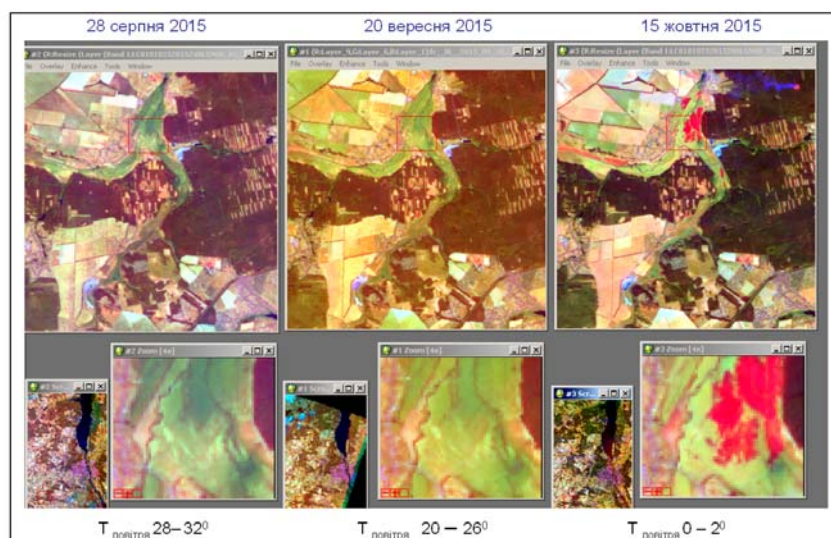


Рис. 6. Зміни дистанційного образу торфовища Чорногородка за КЗ Landsat, протягом 3-х місяців 2015 року



даними ЦРМ побудований поперечний профіль заплави, геоморфологічний аналіз виявив, що перегріті ділянки розташовані в пониззях виповнених торфогрунтами (рис. 7).

Отже аналіз теплових профілів та гіпсометричного поперечного профілю поверхні заплави демонструє різку зміну температури ґрунту саме на понижених заторфованих ділянках, які наражаються на небезпеку займання.

### 3.2. Ділянка Рокач

Проведено космічний моніторинг стану заторфованої долини р. Рокач (біля впадіння в р. Ірпінь) в районі смт. Гостомель за КЗ Landsat за серпень, вересень, жовтень 2015 року. Незважаючи на зниження температури повітря за цей час, фіксується постійна температурна аномалія поверхні (рис. 8). Ретроспективний аналіз ділянки Рокач показав, що заплава була частково меліорована, а частково заболочена, в долині проводився видобуток торфу, про що свідчать топокарти 1937 та 1943 років. Моніторинг даної території за дистанційними матеріалами, встановив горіння торфу протягом трьох місяців, таке ж явище спостерігалось також восени 2014 р. (рис. 9).

### 3.3. Ділянка Бородянка

Особливо значна кількість пожеж зареєстрована в долині меліорованої р. Здвиж виповненої торфогрунтами, що в наслідок переосушення торфових відкладів сприяло їх займанню. Досліджуючи пожежу на торфовищі в долині р. Здвиж, в районі смт. Бородянка та селища Пилиповичі за КЗ Landsat протягом трьох місяців 2015 року припускається, що загорання торфу відбулося внаслідок підпалу, тому що ще 20 вересня поверхня торфовища була хоч і сухою, але не перегрітою, та вже 15 жовтня зафіксовано сильно перегріті ґрунти і велика площа загорання (рис. 10). На зображенні пожежа має червоний колір, дим — блакитне забарвлення, а температура поверхні становить 47°C.

На рис. 11 показано аналіз ділянки Бородянка проведений із залученням даних топокарт 1943 року, зображення Landsat 1986 та 2015 років та розрахунками температури поверхні. Також побудовані температурний профіль станом на 15.10.2015р. і гіпсометричні профілі через заплаву.

### 3.4. Ділянка Михайлівка-Рубежівка

Порівнюючи космічні зображення жовтня 2014 та 2015 років долини р. Бучанка (лівий приток р. Ірпінь) на відтинку між селами Красне та Михайлівка-Рубежівка відмічено дуже високі значення температур поверхні і значні площі загорання торфу. Досліджуючи ретроспективні довоєнні і повоєнні топографічні карти бачимо, що на цій ділянці існу-

вали торфорозробки, які пізніше виповнилися водою, замулились. З часом у посушливі періоди виповнена торфом долина р. Бучанки стала являти собою небезпеку, майже щорічно тут спостерігаються осередки займання.

### 3.5. Ділянка Білогородка

Заплава в долині Ірпеня між селами Стоянка та Білогородка загорілась після 15 жовтня 2015 р., але на зображенні теплового поля червоним кольором видно ділянки нагрітого торфу, вже 17 жовтня там розпочалась пожежа. На тепловому зображенні видно ділянки сухої нагрітої до 20°C поверхні торфу, при температурі повітря біля 0°C. За даними ЦМР побудований гіпсометричний поперечний профіль через долину р. Ірпінь (горизонталі проведені через 5 м), перегріті ділянки розташовані в найбільш понижених ділянках долини. Проаналізувавши топокарту 1943 р., де зафіксована заболочена заплава, заболочені схили та порівнюючи з сучасним зображенням Landsat 8 від 15.10.2015 р. визначено, що заболочені ділянки зараз меліоровані, вкриті мережею дренажних каналів, землі використовується під пасовища, городи, частково під сільську та дачну забудову (рис. 13). Навіть в умовах очікуваних кліматичних змін обводнення заплави в даному місці буде сприяти запобіганню пожеж. В той же час, при зменшенні антропогенного тиску заплава поступово повертатиметься до свого природного заболоченого стану, але при цьому можливо підтоплення селищних і дачних новобудов, що може призвести до соціальної напруги.

## 4. Польові дослідження

19 листопада 2015 р. співробітники ЦАКДЗ разом зі спеціалістами компанії DronUA та МНС України проводили польові дослідження по визначенню температури поверхні палаючого торфовища Трубіж, що знаходяться на схід від с. Данівка Козелецького району Чернігівської області та виявленню осередків прихованого горіння торфу.

З 50-х років минулого століття проведена меліорація болота Трубіж, внаслідок чого значно понизився рівень ґрунтових вод. Русло р. Остер було спрямлене, що збільшило витрати води, частина води з болота була відведена в р. Трубіж. В наслідок пересихання і зuboжіння торфогрунтів почастишали пожежі. Горінням було охоплено біля 70 га торфовища.

Проаналізувавши ситуацію за КЗ Landsat 8 2014 та 2015 років та розрахувавши температуру поверхні, робимо висновок, що дане торфовище є значним осередком пожежі в даному регіоні і відрізняється великими площами займань. На жовтневих зображеннях КЗ Landsat 2014 та 2015 років помаранчевим і червоним кольором виділяються гарячі поверхні, а світло-жовтим безпосередньо

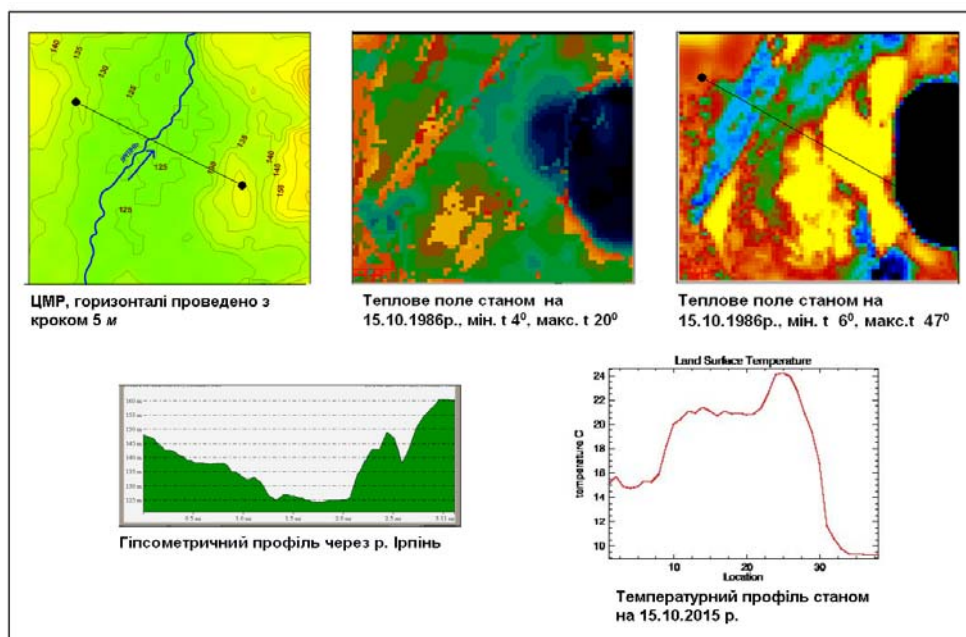


Рис. 7. Результати вивчення теплового поля торфовища у заплаві р. Ірпін за ЦМР (ділянка Чорногородка)

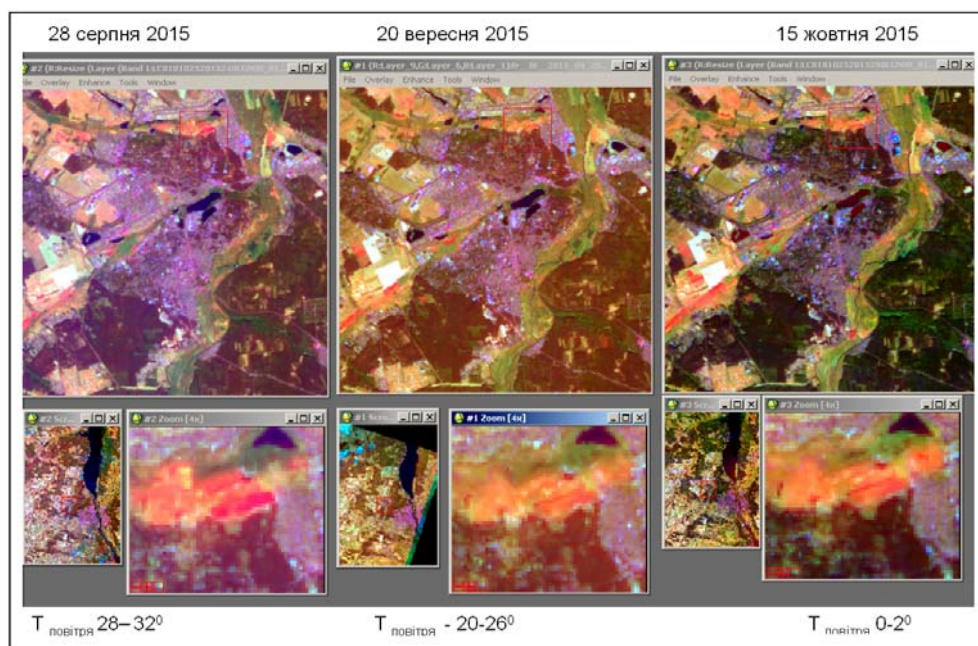


Рис. 8. Порівняння стану території долини р. Рокач, охопленої пожежею (за КЗ Landsat протягом 3-х місяців 2015р.)

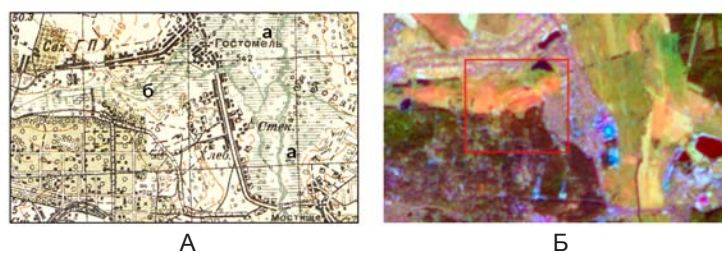
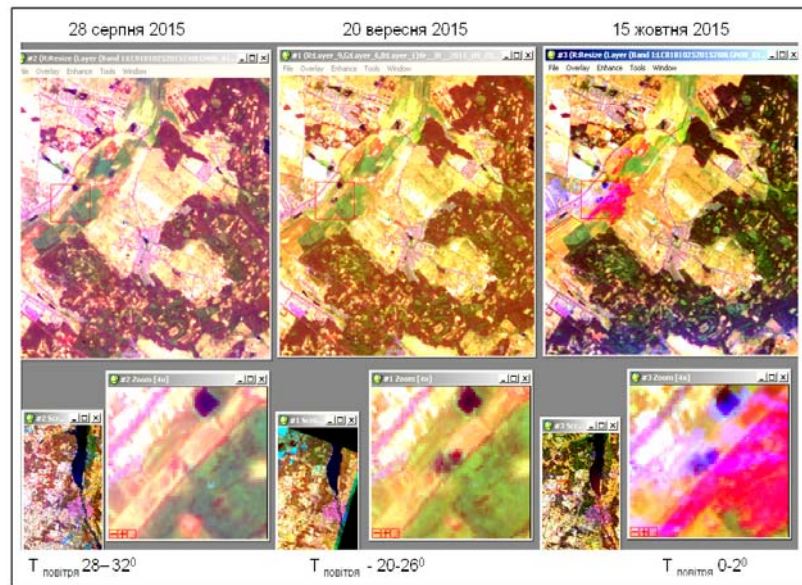
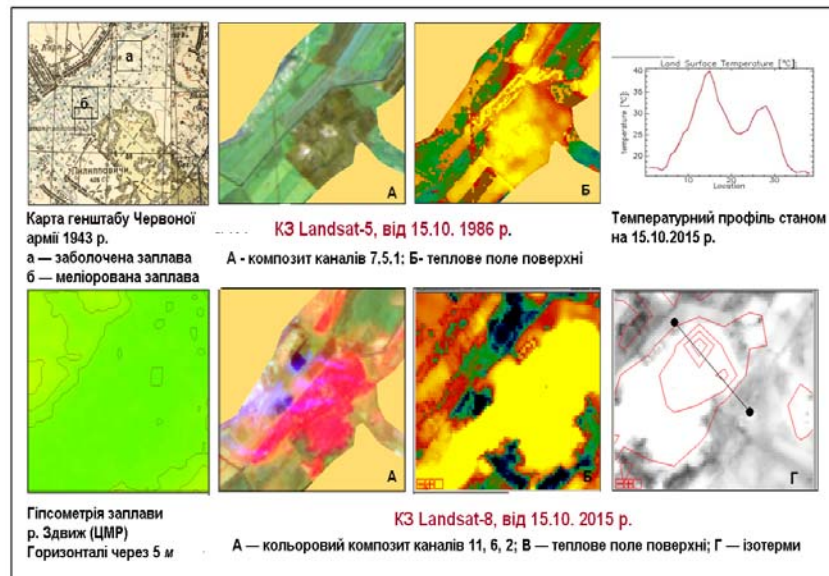


Рис. 9. Стан заторфованої долини р. Рокач біля смт. Гостомель: А — за картою генштабу Червоної армії 1943 р.; а — заболочена заплава, б — меліорована заплава, Б — за КЗ Landsat, від 15.10.2015 р.

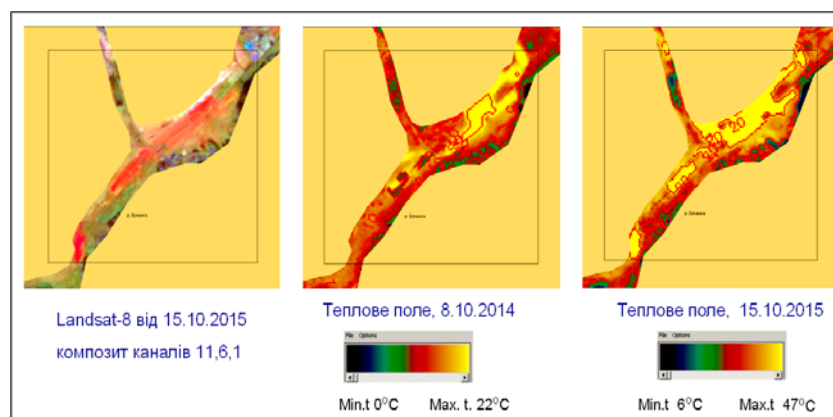




**Рис. 10.** Порівняння стану охопленого пожежею торфовища Бородянка на р. Здвиж протягом 3 місяців 2015 р. за K3 Landsat



**Рис. 11.** Результати вивчення торфовища Бородянка за ЦМР та тепловими зображеннями



**Рис. 12.** Стан теплового поля заплави р. Бучанка між селами Красне та Михайлівка-Рубежівка



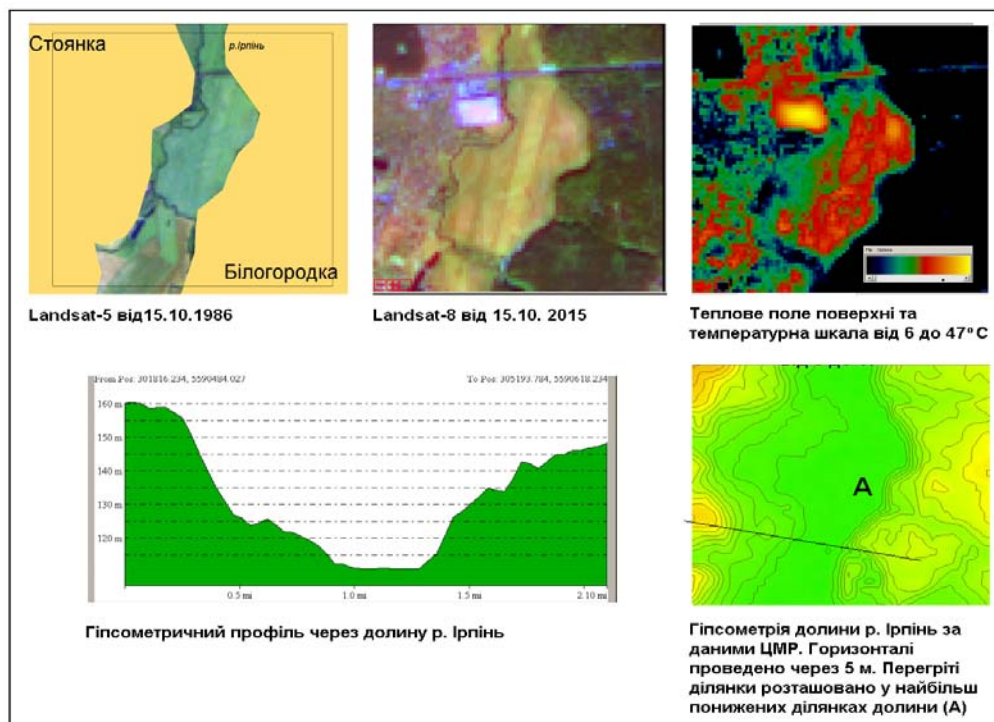


Рис. 13. Результати дослідження торфовища у долині р. Ірпін між селами Стоянка та Білогородка

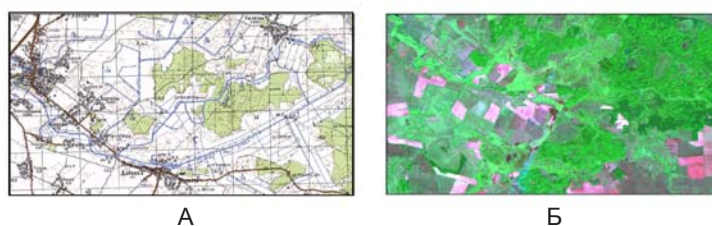


Рис. 14. Торфовище Трубиз: А — на топографічній карті; Б — на КЗ Landsat 2007 р.

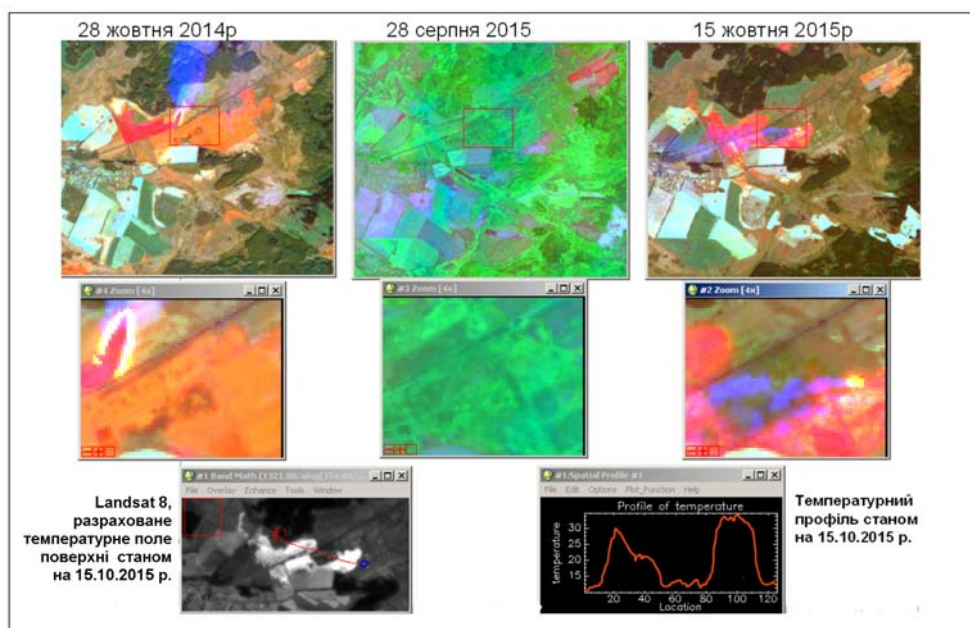


Рис. 15. Зміни дистанційного образу торфовища Трубиз за КЗ Landsat 8 з використанням TIR діапазонів

осередки вогню. Серпневий знімок не виявив теплову аномалію на торфовищі Трубіж (рис. 15).

В результаті оперативних робіт під час гасіння пожежі на даній ділянці за допомогою безпілотного апарату з тепловізійною апаратурою на борту та наземного польового тепловізора були виявлені підземні залишкові осередки горіння торфовищ вже після вжитих МНС заходів гасіння пожежі (рис. 16).

Технологічна схема оперативних досліджень під час пожежі включає:

- гасіння пожежі підрозділами МНС;
- регіональні дослідження обсягів пожежі за допомогою наявних оперативних даних з багатозональних КЗ різного просторового розрізнення;
- оглядові рекогносцирувальні та вимірні дослідження з безпілотників, що мають на борту необхідне обладнання (GPS, тепловізори, радари);
- наземні завіркові дослідження за допомогою тепловізора з метою виявлення залишкових підземних осередків горіння торфу після вжитих заходів гасіння (рис. 17).

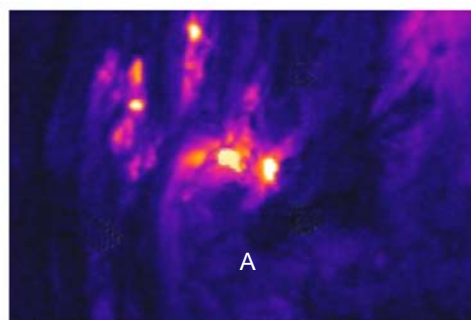


А

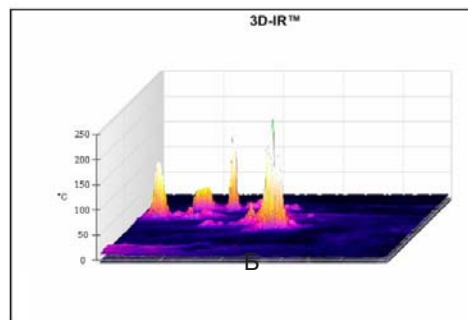


Б

Рис. 16. Вигляд торфовища Трубіж 19.11.2015р.: А — ділянка охоплена пожежею; Б — ділянка, де пожежу загашено



А



Б

8°C 214°C

Рис. 17. Приховані осередки горіння торфу, на ділянках де проведено гасіння: А — зображення теплового поля; Б — 3D - модель

## 5. Висновки

Багатозональні космічні знімки дозволяють безпосередньо виділити заболочені та заторфовані ділянки земної поверхні, вирахувати спектральні індекси вологості, посушливості та вегетаційні з метою диференціації ландшафтних комплексів.

Багаторічні дослідження та застосування часових рядів КЗ середньої і високої просторової розрізненості дають можливість виконувати дистанційний моніторинг довготривалих змін водно-болотних угідь і торфовищ.

Перерахунки та аналіз теплових каналів багатозональних КЗ середнього просторового розрізнення серії Landsat дозволяють виявити ділянки аномальних температур пов'язаних з перегрівом торфовищ у долинах річок та пониззях рельєфу, що являються потенційно небезпечними ареалами виникнення пожеж.

Використання супутникових даних високого розрізнення та залучення безпілотних літальних апаратів з тепловою знімальною апаратурою на борту дають можливість контролювати пожежонебезпечні території і виявляти локальні осередки займання.

За допомогою польової тепловізійної зйомки контролюється якість протипожежних заходів і виявляються приховані залишкові підземні осередки горіння торфу на ділянках, де гасіння вже проведено, а також можливий періодичний нагляд (моніторинг) за тепловим станом торфових ділянок.

Використання цілісного комплексу дистанційних досліджень (космічні, повітряні, наземні завірки) може успішно реалізовуватися для запобігання небезпеки пожежних явищ на торфовищах і вести контроль за гасінням пожеж та залишковими підземними осередками займання.

Отже, в умовах глобального потепління та зневоднення, пожежі на торфовищах можуть спонукати подальші зміни клімату, через те що в атмосферу потрапляє надлишок вуглецю більший ніж рослини та організми всієї Землі можуть поглинути. Враховуючи важливу роль водно-болотних угідь для збереження ландшафтного та біотичного різноманіття необхідне здійснення сукупного оцінювання та стратегії подальшого використання болотно-заплавних і та болотно-озерних комплексів.

### Литература

1. Вегетационные индексы /GIS LAB [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://gis-lab.info/qa/vi.html> (25.01.2016). — Назва з екрану.
2. Интеркалибрация методов восстановления термодинамической температуры поверхности урбанизированной территории по материалам тепловой космической съёмки [Електронний ресурс] / С. А. Станкевич [и др.] // Український журнал дистанційного зондування Землі, 7 (2015) — С. 14–23. — Режим доступу до журналу <http://www.uirs.org.ua/uirs/index> (05.12.2015). — Назва з екрану.
3. Обводнение болот Московской области [Електронний ресурс] // РИА Новости.—Режим доступу до журналу [http://ria.ru/trend/peat\\_watering\\_moscow\\_region\\_12082010/](http://ria.ru/trend/peat_watering_moscow_region_12082010/) (12.12.2015). — Назва з екрану.
4. Оперативна інформація щодо пожеж в природних екосистемах Київської області та м. Києва станом на 20.10.2015 [Електронний ресурс] / Головне управління ДСНС у Київській області. — Режим доступу: <http://www.kyivobl.mns.gov.ua>. — Назва з екрану.
5. Орлов О. О. Биогеохимия Цезия 137 у лісобо́лотних екосистемах Українського полісся / О. О. Орлов, В. В. Долин. — К.: Наук. думка, 2010. — 198 с.
6. Пазинич Н. В. Методические аспекты использования материалов многоспектральной космической съёмки для выявления закономерностей распространения и определения признаков проявления торфяных болот и связанных с ними залежей торфа / Н. В. Пазинич // Спутниковые методы поиска полезных ископаемых. Под ред. В. И. Лялько — К.: Карбон-Лтд, 2012.— С. 330–350.
7. Підсумки досить теплої і помірно вологої календарної осені у столиці. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news\\_full&p](http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news_full&p). — Назва з екрану.
8. Руденко В. П. Природно-ресурсний потенціал України / В. П. Руденко — К.: Либідь, 1994. — 150 с.
9. Свойства и области применения торфа [Електронний ресурс] // РИА Новости. — Режим доступу: [http://ria.ru/hs\\_mm/20100816/265823766.html#ixzz3qhv5YEwI](http://ria.ru/hs_mm/20100816/265823766.html#ixzz3qhv5YEwI). — Назва з екрану.
10. Торфяные пожары [Електронний ресурс] // РИА Новости. — Режим доступу: <http://ria.ru/documents/20100812/264558102.html#ixzz3qiZgmCXu>. — Назва з екрану.
11. Lishchenko L. Detecting climate induced changes of habitat diversity using Rapid Eye data / L. Lishchenko, A. Kozlova // International Scientific Conference “Zarządzanie systemami krajobrazowymi”. Roztocze. Zwierzyniec, Poland, 2012.
12. Merchanth Brain How Climate Change Is Fueling the World's Longest-Burning Fires / Brain Merchanth [Електронний режим]. — Режим доступу: <http://motherboard.vice.com/read/climate-change-is-about-to-start-the-worlds-longest-burning-fires> (2015). — Назва з екрану.
13. Pomm Joe Peat's Sake: Drying And Burning Wetlands Amplify Global Warming [Електронний ресурс] / Joe Pomm // Jornal Climateprogress. — Режим доступу: <http://thinkprogress.org/climate/2015/01/13/3610618/peat-wetlands-global-warming> (2015). — Назва з екрану.
14. The analysis of hydrogenic landscape in the Shatsk National Park. Based on data from Landsat satellite/ M. Popov, S. Stankevich, L. Lishchenko, A. Kozlova // The future of hydrogenic landscapes in European biosphere reserves. — Lublin, Poland, 2010. — p. 89–111 (en), p. 111–125 (pl).

### МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНИКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ УЧАСТКОВ С ПОМОЩЬЮ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Л. П. Лищенко, Н. В. Пазинич

По данным дистанционного зондирования Земли — многозональным космическим снимкам, цифровой модели рельефа, воздушным и наземным тепловым измерениям теплового поля поверхности, выявлены участки торфяников различной степени прогревания и устанавливалась их пожароопасность.

**Ключевые слова:** торфяники, дистанционные методы, пожароопасность, космические снимки Landsat, тепловое поле поверхности

### MONITORING OF PEAT BOGS AREAS TO IDENTIFY FIRE HAZARDS BY REMOTE SENSING

L. P. Lischenko, N. V. Pazynych

Identified areas of peatbogs in different conditions and determined their fire hazard used the remote sensing data: multi-zone satellite imagery, digital elevation models, aerial and ground servay measurements of land surface temperature.

**Keywords:** peat bogs, remote sensing, fire hazards, satellite imagery of Landsat, land surface temperature (LST)



УДК 551.243.8+551.248.2 (477)

## Пошукові аспекти вивчення активних на новітньому етапі розвитку геоструктур Українського щита та його схилів

В. Г. Верховцев\*, Ю. В. Юськів

ДУ "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України", м. Київ, Україна

На підставі спільного аналізу результатів комплексних структурно-геоморфологічних (морфографічних і морфометричних) і аерокосмогеологічних досліджень та даних про корисні копалини Українського щита та його схилів виділені і охарактеризовані основні типи активних на новітньому етапі розвитку рудоконтролюючих структур.

**Ключові слова:** тектоніка, новітні рухи, лінеамент, лінеаментна зона, кільцева структура, пізньопліоцен-четвертинні вертикальні рухи, геоструктура, уран, родовище

© В. Г. Верховцев, Ю. В. Юськів. 2016

Територія України розглядається як металогенічна провінція, що складається з окремих металогенічних одиниць. Більшістю дослідників виділяються металогенічні і структурно-металогенічні зони (райони). У металогенічних зонах зруденіння, як правило, пов'язано з однією ведучою геологічною формацією чи групою родинних формацій (близьких за складом і структурою). Структурно-металогенічна зона відповідає структурно-формаційній зоні, тобто це зона поширення зруденіння, пов'язаного з рудоносним комплексом певної стадії розвитку земної кори. Іноді виділяються генералізовані структурно-металогенічні зони, які поєднують рудоносні утворення, що відносяться до різних, часто різновікових структурно-формаційних зон, але обмежені єдиною структурою. Уточнення перспектив вищеписаних металогенічних одиниць дозволяє виділити більш локальні продуктивні площі — рудні і рудоносні зони (поля), родовища і рудопрояви [4–11].

Перспективність застосування результатів неотектонічних досліджень, що базуються на структурно-геоморфологічних і аерокосмічних методах, у пошукових цілях впливає з відомого зв'язку корисних копалин з районами аномальної роздробленості земної кори (високої, рідше — відносно зниженої), що упевнено дешифруються по топо- і аерокосмоматеріалам.

На підставі спільного аналізу результатів комплексних структурно-геоморфологічних (морфографічних і морфометричних) і аерокосмогеологічних досліджень по виявленню активних на новітньому етапі розвитку геоструктур і даних про корисні копалини України [1–12] нами виділені такі основні типи рудоконтролюючих структур:

1) склепінчасто-брилові підняття підкорового (астеносферного) закладення (регіональні кільцеві

структури (КС) — макроструктури, іноді мезоструктури), що контролюють розміщення генералізованих структурно-металогенічних районів;

2) осередкові структури внутрішньокорового закладення (головним чином, локальні КС — мезо-, міні- і мікроструктури) — локальні склепіння, гранітогнейсові куполи, малі інтрузії, а також з певною мірою умовності ізометричні блоки, що контролюють розміщення різнопорядкових металогенічних одиниць (у залежності від своїх розмірів) — від структурно-металогенічних і металогенічних районів до рудних і рудоносних полів;

3) трансрегіональні і регіональні лінеаментні зони (ЛЗ), у тому числі т. з. наскрізного типу, що контролюють розміщення структурно-металогенічних і металогенічних зон;

4) вузли перетину різнонаправлених трансрегіональних і регіональних ЛЗ (як правило, не менш трьох), що мають значну сферу впливу (до перших сотень квадратних кілометрів) і контролюють розміщення рудних і рудоносних полів і металогенічних районів.

Встановлено, що не менш 70–75% усіх відомих родовищ корисних копалин, просторово пов'язані з КС [4–8 та ін.]. Такий тісний зв'язок між родовищами і КС не випадковий і не тільки відбиває статистичний збіг великих чисел, але має міцні генетичні взаємини. Доведено, що певним генетичним типам КС відповідає тільки свій специфічний набір корисних копалин. Однак досить упевнено розпізнати мінералогічне "обличчя" того чи іншого структурного типу не завжди вдається однозначно, оскільки КС в багатьох випадках ускладнюють одна одну. Протягом геологічної історії відбувається накладення більш молодих КС на древні — їхня своєрідна інтерференція [6, 7, 9–11]. Визначальним фактором є ступінь проникності земної кори, обумовлений її роздробленістю. У залежності від положення зони

\* E-mail: verkhovtsev@ukr.net

проникності стосовно КС локалізація корисних компонентів може йти як у периферичних, так і центральних частинах. Найбільш прийнятним варто вважати прогноз, заснований на порівнянні пізнаних і добре вивчених кільцевих рудоносних структур, що являють собою еталон для виділених структур даного генетичного різновиду, які можна оцінювати як перспективні.

Плутонічні КС складені інтрузивними породами різного складу: гранітоїдами, нефеліновими сієнітами, карбонатитами і т. д. Кільцеві інтрузії можуть бути прийняті за еталони гранітових родовищ танталу, ніобію, олова, берилію, міді, цинку, поліметалів, золота, срібла. Особливо цікаві в мінералогічному відношенні зони перетину плутонічних КС з лінеаментами. Кільцеві масиви нефелінових сієнітів також мають важливе значення в мінералогічному відношенні. Високі концентрації апатиту не вичерпують їхніх мінералогічних можливостей: потенційні і реальні джерела танталу, ніобію, стронцію, цезію, титана, ванадію, калію, цирконію, алюмінієвої сировини й ін. Кільцеві масиви лужного ультраосновного складу (карбонатити) також широко відомі і численні, містять промислову кількість магнетиту, бадделіту, апатиту, флогопіту, вермикуліту, кальцити, діопсиду, урану, ніобію, бариту, титану, РЗЕ. Великий інтерес викликають мінералогічні особливості плутонічні КС основного складу, що характеризуються комплексною мінералізацією: промислове значення мають концентрації міді, нікелю, кобальту, заліза, титану, ванадію, хрому, платини, золота, молібдену, олова, флюориту. З вулканічними і вулканоплутонічними КС пов'язані мідно-порфірові руди, кольорові, рідкісні і благородні метали.

Вивчення магматогенних КС становить інтерес для прогнозування корисних копалин у двох основних аспектах. З одного боку, тенденцію до утворення масивів правильної округлої форми виявляють інтрузії як кислого, так ультраосновного ряду, але, як правило, — породи з підвищеною лужністю, а отже, і зі специфічною металогенією. Ймовірно, це можна пояснити формуванням магми з підвищеною лужністю на великих глибинах у порівнянні з мамою нормального складу [3, 6, 7, 10 та ін.]. З іншого боку, часто кільцеві форми дешифруються в тих районах, де на поверхні немає виходів магматичних порід. У цьому випадку вони служать індикаторами нерозкритих інтрузивних масивів, що залягають на порівняно невеликих глибинах. У межах рудних полів особливого значення набуває виявлення малих кільцевих структурних форм, що фіксують як власне вулканічні жерла, так і ділянки проникнення до поверхні рудоносних флюїдів.

Відомо, що вуглеводні (ВВ) головним чином пов'язані з структурами, які розташовані в чохлах молодих і древніх платформ, крайових прогинів. У цьому зв'язку здобувають найважливіше значення

КС тектонічного походження — округлі западини і підняття. У першу чергу дані про тектонічні структури застосовуються при пошуках локальних ускладнень платформного чохла, що є структурними пастками для скупчення ВВ. Багато з них являють собою округлі чи овальні брахіантикліналі чи солянокупольні структури, що супроводжуються системами розривних плікативних дислокацій центрального типу і виявляються у виді КС міні- і мікρο-структурного класів. Структури другого порядку — зони нафтогазонакопичення — також часто спостерігаються у вигляді кільцевих утворень. Особливо це відноситься до ізометричних платформних склепін. Відомі приклади і більш великих нафтогазоносних структур — нафтогазоносних областей і басейнів, проявлених кільцевими об'єктами (Прикаспійський нафтогазоносний басейн та ін.).

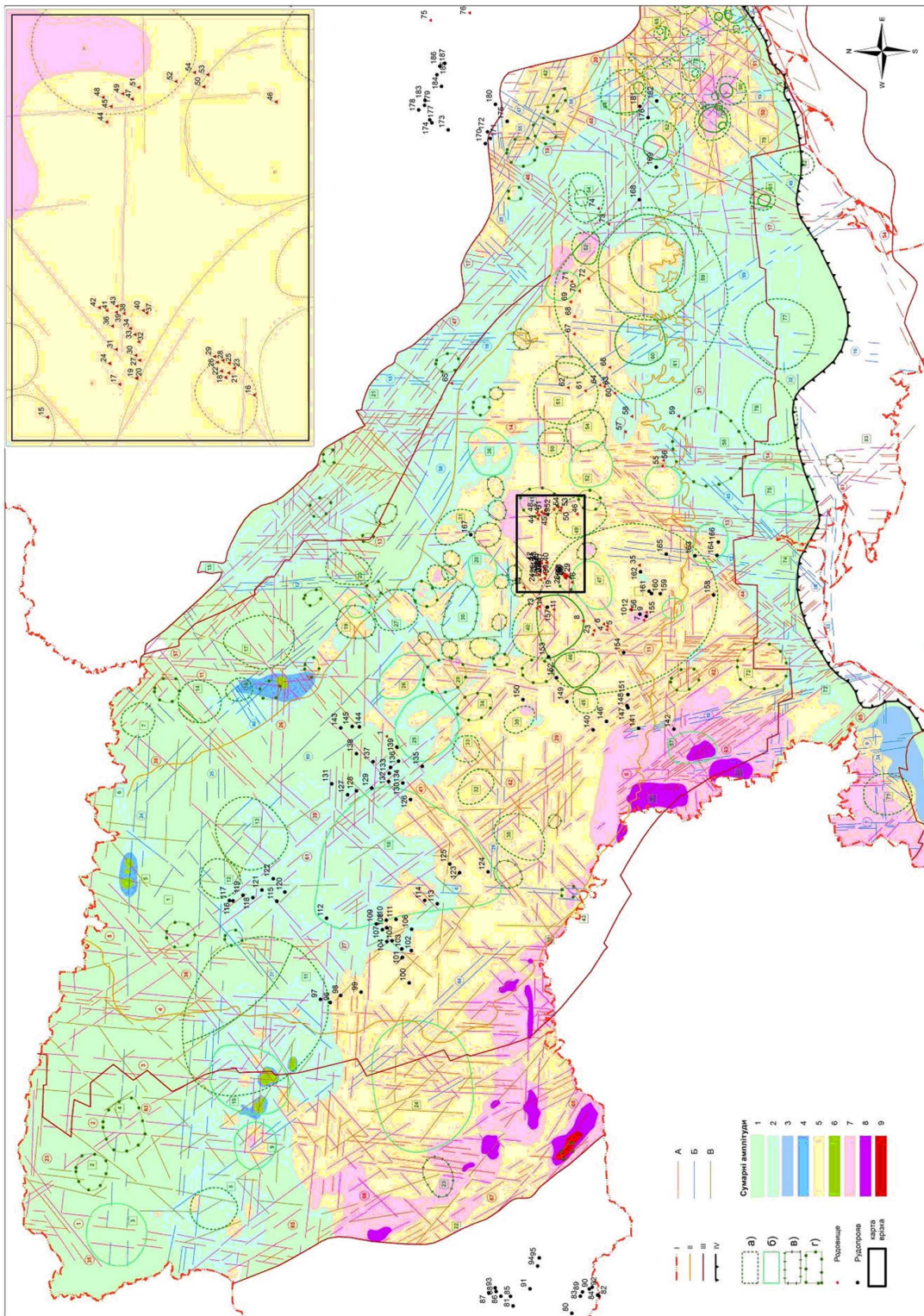
Виявлені склепінчасто-брилові підняття характеризуються кільцевою (ізометричною) конфігурацією обмежувачів їх розломів; розміщенням, головним чином у центральних їхніх частинах ізометричних, як правило, найбільш молодих осередкових структур і малих інтрузій, а в зонах радіально-концентричних розломів — рифтогенних зеленокам'яних структур; ускладненням і обмеженням їх западинами і прогинами; проявом у межах структур багатоактного магматизму і метаморфізму різної фаціальної приналежності; специфічною будовою земної кори (як правило, із трохи зниженою потужністю); наявністю в основі більшості структур мантийних діапїрів [3, 6, 7, 10 та ін.]. Корисна спеціалізація склепінчасто-брилових підняття знаходиться у відповідності до їх будови і розвитку, що підтверджується нижче приведеними прикладами.

Бердичівське склепінчасто-брилове підняття (№ 18 на рисунку) характеризується зруденням нікелю і міді, зв'язаним з лейкократовими істотно калієвими гранітами, і молібдену в зв'язку з грубозернистими і пегматоїдними піроксеновими гранітами, розташованими в його периферійних частинах (у цих же місцях сконцентровані скупчення гранатів і графіту) і проявами золота в центрі геоструктури.

Загальним для Першотравневого, Приазовського і Мелітопольського склепінчасто-брилових підняття є інтенсивний розвиток гранітоїдного, а для останніх двох і лужного магматизму з зруденням рідкісних (Mo, W, Ta, Nb), кольорових (Ni, Cu, Zn, Al, Pl) металів, титану, золота і срібла.

До класичних прикладів структур цього типу відноситься Приазовське склепінчасто-брилове підняття, що виділяється в якості самостійного генералізованого структурно-металогенічного району і характеризується наявністю численних рудопоявів чорних металів (Fe, Ti), рідкісних металів (Ta, Nb, Li, Rb, Cs і ін.), РЗЕ, кольорових металів (Cu, Pb, Co, Mo, Zn), алюмінієвої сировини, ртуті, благородних металів тощо.





Карта новітньої тектоніки Українського щита та його схилів і її співставлення з родовищами і рудопроявами урану (назви родовищ наведені в табл.). Склали В. Г. Верховцев, В. Г. Швайко, Ю. В. Юськів, С. Б. Краснов.  
 I — межа, південніше якої були детальні дослідження можливе знаходження невеликих за розміром локальних контурів з від'ємними значеннями сумарних амплітуд пізньопліоцен-четвертинних вертикальних рухів земної кори; II — нульова ізопаса поверхні кристалічного фундаменту; III — тектонічні межі; IV — державний кордон України.  
 Сумарні амплітуди пізньопліоцен-четвертинних вертикальних рухів земної кори (за морфометричними даними), мм: 1 — 0–25; 2 — 25–50; 3 — 50–75; 4 — 75–100; 5 — 100–150; 6 — 150–200; 7 — >200.  
 Лінійні зони: А — трансрегіональні і регіональні 1-го порядку; Б — регіональні 2-го порядку; В — одиночні лінійні; С — кільцеві структури; Д — неспадковані; Е — проміжні; Ф — безкореневого морфогенетичного типу.



При цьому спостерігається виявлена О. О. Гавриловим металогенічна асиметрія КС: якщо структура перетинається діаметральним магмаконтролюючим розломом, зруденіння концентрується в одному з напівколових у плані блоків, у той час як другий є малопродуктивним у відношенні даного типу зруденіння. Зокрема, істотно розрізняються між собою дві половини структури, які розділяються Центрально-Приазовською міжблоковою зоною. Для західної характерна локалізація практично усіх відомих у межах структури родовищ заліза, для східної — РЗЕ, алюмінієвої сировини, ртуті.

З внутрішнім концентром цієї структури (Східно-Приазовською КС) збігається відома Східно-Приазовська генералізована структурно-металогенічна зона. Вона характеризується широким розвитком інтрузивних формацій пізнього орогенезу й активізації: нефелінових і лужних сієнітів, граніт-сієнітової, габро-верлітової. Тут інтенсивно проявився лужний метасоматоз, окварцювання, ослюденіння, флюоритизація. Ведучими корисними копалинами є: алюміній, молібден, флюорит; з кінцигітовою формацією пов'язані рудопрояви графіту [3, 5, 10, 11].

З певною часткою умовності до цього ж типу відноситься Мелітопольська КС (сумніви пов'язані, головним чином, з наявністю в її межах проявів самих різномірних геологічних процесів, що свідчить, очевидно, про гетерогенність цієї структури). У її межах установлені численні родовища і рудопрояви заліза в зв'язку з залізисто-кварцит-гнейсовою формацією, рудопрояви апатиту (Новополтавський масив ультраосновних, лужних порід і карбонатитів та Мелітопольський масив лужних порід). Відомі прояви мінералізації нікелю, кобальту, і міді, свинцю, танталу, ніобію й ін. [3, 5, 10, 11 та ін.]. Тут також відзначається явище металогенічної асиметрії КС. Зокрема, апатитова мінералізація слідується тільки на захід від Чернігівської ЛЗ.

У цілому для цих геоструктур характерна чітко виражена латеральність у розміщенні ендегенного зруденіння. Пояснюється це локалізацією в їхніх центральних частинах осередкових структур, головним чином, з літофільним (в гранітоїдних пегматитах) і сидерофільним (в анортозитах, габро та ін.) зруденінням метасоматичного і магматичного походження. Ближче до периферії підняття, де широко розвиті гібридні породи, одержують поширення нікель-кобальтове і поліметалеве зруденіння, а також широкий розвиток мають теригенно-хемогенні залізні руди, графіт, корунд.

Більшість виявлених осередкових геоструктур зв'язано з ультраметаморфізмом і насиченням земної кори гранітами. Еволюційний ряд таких структур починається з утворення гнейсових куполів (при досить тривалому стаціонарному надходженні глибинної енергії і речовини, що веде до істотного приросту обсягу, розуцільнення порід, переходу їх кварцвмісних різновидів у в'язкопластичний стан,

виникають гнейси, а приріст об'єму реалізується появою гнейсових куполів). Наступний ріст куполів зв'язаний з розвитком масової гранітизації і переродженням гнейсових куполів у мігматит-гнейсово-мігматитові. Масовий прояв у гнейсово-гранітних куполах магматичного заміщення, яке завершується анатексисом, а потім і полігенезисом, веде до утворення автохтонних, потім і алохтонних гранітоїдів і до переродження куполів в осередкові (осередково-купольні) структури, що стають магнезуючими структурами і скупченнями гранітоїдного магматизму. Практично всі масиви гранітоїдов є зрілими гранітогнейсовими куполами. Більшість виявлених КС осередкового типу в кінцевому результаті можна інтерпретувати як відносно підняті (дуже рідко — відносно опущені) ізометричні блоки, що обумовлено як вище описаними, так і багатьма іншими широко відомими причинами, зв'язаними, головним чином, з динамікою цих структур (у тому числі, і розломно-блоковою тектонікою).

Виходячи з механізму утворення і, відповідно, речовинного складу встановлюється і пошукова перспективність (спеціалізація) цих структур. Головним чином, це кольорові (Ni, Co, Zn, Al, Pb), рідкісні (Mo, Sn, W, Ta, Nb, Be, Zr), чорні (Fe, Ti, Mn) і благородні (Au, Ag) метали, а також РЗЕ, ВВ і підземні води тріщинного типу (детальніше див. [2, 3, 5, 10, 11 та ін.]). При цьому як для склепінчасто-брилових підняття (у першу чергу), так і структур осередкового типу, як правило, спостерігається явище металогенічної асиметрії КС.

Найбільш типові структури даного типу встановлені в межах Північного Приазов'я. Це плутоногенні Тельманівська, Південно-Кальміуська і Південно-Кальчицька КС, які збігаються з масивами граносієнітів (у зв'язку з чим їх можна представити як структури центрального типу). Металогенічна спеціалізація цих структур пов'язана із широким розвитком у їхніх межах рудоносних інтрузивних формацій пізнього орогенезу та активізації: гранітоїдної лужної і нефелінових та лужних сієнітів. У межах Тельманівської структури виявлена мінералізація кольорових (Cu, Sn, Pb, Mo) і рідкісних металів (Ta, Nb, TR, Be), прояви срібла, ртуті; Південно-Кальміуської — рідкісних металів (Ta, Nb, TR) і прояви титану, цирконію, флюориту; Південно-Кальчицької — рідкісних металів (Ta, Nb, Ce), графіту. Тут розташоване також Маріупольське залізорудне родовище [3, 5, 10, 11 та ін.]. Звертає на себе той факт, що вищеописані КС перевершують за розмірами площі поширення порід східноприазовського граносієнітового комплексу, що дозволяє допустити можливість виявлення нових масивів цих порід у їхніх межах.

Протилежний взаємозв'язок ми спостерігаємо в межах Жовтневої КС, у центрі якої збереглися древні супракрустальні породи нижнього протерозою, у той час як до її обрамлення (як до ділянок

підвищеної проникності) тяжіють сієніти, граносієніти й однойменний масив ультрабазитів і лужних порід у цілому. Відзначена закономірність може бути використана при картуванні цих порід і пошуках зв'язаних з ними корисних копалин. На користь сказаного свідчить виявлення при проведенні геологічної зйомки невеликих тіл, аналогічних за складом Жовтневому масиву, приурочених до південного обмеження КС. У межах структури відомі родовища і прояви алюмінію, молібдену, танталу, титану, міді.

До цієї ж групи рудоконтролюючих структур відноситься ряд невеликих КС, які просторово тяжіють до малих гранітоїдних інтрузій центрального типу, зокрема, до масивів рідкіснометальних гранітів кам'яномогильського типу. Виходячи з аналогії геолого-структурних позицій і відображення у фізичних полях, нами передбачається, що деякі малі кільцеві форми пов'язані з ще невідомими масивами гранітів. Це припущення підтверджено для Боевської КС, розташованої в 4 км північніше Стародубівського масиву. При проведенні геологічної зйомки тут виявлено невелике гранітоїдне тіло, аналогічне за складом Стародубівському масиву рідкіснометальних гранітів.

Однієї з найбільш цікавих структур даного типу є Єлісіївська (гранітогнейсовий купол), мінералогенічний аналіз якої виконаний О. С. Балувем. По периферії цієї структури відзначені прояви залізо-кременистої формації, що розташовується конформно до її зовнішніх дуг. На думку О. С. Балуєва, уздовж останніх унаслідок розтягання утворювалися довгі вузькі депресії, що заповнювалися рудоносним осадам. Збагачення ж їх відбувалося під час тектонічного стиску при наступній активізації розломів (очевидно, під час тектоно-магматичної активізації (ТМА) регіону, що відповідає етапу регіонального метаморфізму). У межах структури локалізовано більш 50% відомих у Північному Приазов'ї пегматитових тіл, що несуть рідкіснометальну мінералізацію. Відзначається просторовий зв'язок пегматитів з дуговими розривами розтягання (Андріївське і Сорокинське пегматитові поля), а також приуроченість їх до центру структури (Єлісіївське пегматитове поле). Максимальні концентрації рідкісних і рідкісноземельних елементів приурочені до альбітизованих і грейзенізованих пегматитів, у яких відзначаються також вкраплення вольфраміту і наявність благородних металів. Слід також зазначити, що до дугових розломів у південній частині КС присвячена Андронівська зона метосоматитів (гельсинкитів), з яким пов'язані прояви міді.

Третя група рудоконтролюючих структур є найбільш численною. Відомо, що роль лінеamentів (розломів), що відображають на різних зрізах тектоносфери і земної поверхні різноглибинні і різновікові лінійні неоднорідності, важлива не тільки для теоретичного вивчення будови і розвитку Землі, але й для практичних цілей. Залежно від масштабу нео-

днорідності, вони можуть контролювати ступінь розподілу (чи дроблення) земної кори — від мікродріттинуватості порід до планетарних сегментів (блоків), впливати на механічні властивості гірських порід і визначати вертикальні шляхи міграції розчинів, флюїдів і газів, а також детермінувати елементи районування земної кори — палеотектонічного, тектонічного, неотектонічного, металогенічного... До цієї групи відноситься більшість виявлених лінеamentів зонального типу, при цьому знайшли відображення у вигляді ЛЗ практично всі відомі розломи, які мають рудоконтролююче значення. У той же час у результаті наших досліджень істотно змінені основні параметри останніх, що привело в ряді випадків до розширення їх пошуково-розвідувальної перспективності.

Так Кальміуська зона розломів за дистанційними матеріалами має значно більшу ширину (до 8 км) і є трансрегіональною ЛЗ, що простягається далеко за межі щита. Вона фіксується у вигляді серії зближених лінеamentів, у тому числі на схід відомих розломів, де зона майже не вивчена. Порооди фундаменту тут різко занурюються, що свідчить про прояв саме в цій її частині основних переміщень блоків. У межах зони відомі численні прояви рідкісноземельного зрудення, пов'язані з породами східноприазовського граносієнітового комплексу, рудопрояви молібдену, ртуті, міді, цинку, флюориту тощо. У районі зчленування Приазовського масиву з Донбасом до місця перетину цієї зони з Грузько-Єланчицькою приурочене Покрово-Київське родовище флюориту серед відкладів палеозою. На щиті з нею зв'язані окремі карбонатно-флюоритові, карбонатно-халцедонові, карбонатні жили потужністю до 4 м і довжиною кілька сотень метрів, що витягнуті в її напрямку. Падіння жил від 20° до вертикального. Зазначені утворення містять рідкісноземельну мінералізацію, представлену паризітом. Зустрічаються халькопірит, малахіт, вісмут, кобальт. Привертає до себе увагу також приуроченість до зони родовища графіту серед метаморфічних порід. Таким чином, зона має важливе металогенічне значення і являє собою один з основних структурних елементів території.

Більшу ширину має Грузько-Єланчицька зона, що також трохи зміщена на схід від відомих розломів. Вона протягається серед порід східноприазовського граносієнітового комплексу паралельно східній границі їхнього поширення на віддаленні в 5–10 км, що дозволяє припускати наявність тут древнього розлому. Крім Покрово-Київського рудного району, до зони приурочені прояви титану, циркону, рідкісних елементів.

Дніпродзержинсько-Сорокинська ЛЗ (входить до складу трансрегіональної Чорнобильсько-Маріупольської), за нашими даними, охоплює в плані смугу шириною до 10 км. Вона протягається в північно-західному напрямку до Дніпродзержинського роз-

лому і зчленовується з ним. Однойменна трогова структура, виповнена ефузивно-осадовою товщею осипенківської світи, розташовується в основному на захід від неї. У межах зони знаходяться лише південна найбільш опущена частина цієї структури, де осипенківська світа має найбільш повний розріз. Тут же зафіксовані витягнуті в напрямку зони тіла ультрабазитів, що дозволяє припускати переважний прояв саме в цій частині території глибинного розлому. Колінковидна частина, що відходить на захід, Сорокинської трогової структури виповнена порівняно малопотужною теригенною по складу товщею нижньої частини осипенківської світи (магматичні породи тут не виявлено). Зона становить пошуковий інтерес у зв'язку з виявленням у її межах пегматитових полів — “Крута балка”, “Садовий”, “Блакитні скелі” та ін., у яких установлений колумбіт. Жили пегматитів витягнуті в північно-західному і субширотному напрямках — до 600–700 м. Серед грейзенізованих різновидів зафіксована вкрапленість вольфраму. У кварцових жилах відзначена мідна і сульфідна мінералізація, зустрінуті одиничні знаки золота. Тут також знаходиться слабо вивчене Андріївське залізородне родовище, пов'язане з залізистими кварцитами осадово-вулканогенної товщі.

У межах Кам'яногогільської зони розломів також встановлена різноманітна рудна мінералізація. Виділена нами по дистанційних матеріалах північно-західна частина зони в даний час практично не вивчена, хоча і має, безсумнівно, пошуковий інтерес.

Крім уточнення місця розташування, зміни основних параметрів і деталізації внутрішньої будови відомих лінійних рудоконтролюючих зон, нами був виділений ряд нових ЛЗ, що мають рудоконтролююче значення (див. рисунок та роботи [1–3, 6, 7, 9–12]). Особлива роль при середньомасштабних пошукових роботах належить трансрегіональним і більшості регіональних 1-го порядку ЛЗ, що відносяться до структур, які не змінюючи свого простягання й особливостей прояву перетинають гетерогенні і різновікові геологічні утворення, характеризуються тривалим розвитком (мають, як правило, докембрійське закладення і багаторазове підновлення), часто прослідковуються геофізичними і сейсмічними методами до верхньої мантії. Дослідженнями багатьох вчених установлено, що значна частина наскрізних структур визначає розміщення найбільш великих родовищ (не є виключенням і досліджувана нами територія, що дозволяє розглядати ці структури в якості рудоконтролюючих).

Спільний аналіз геолого-структурних, металогенічних, геофізичних і дистанційних матеріалів дозволив установити нову ЛЗ, названу нами Донецько-Гурзуфською і віднесену до категорії наскрізних рудоконтролюючих структур. Простираючись за азимутом 30–35°, вона перетинає Донецький басейн, приазовську частину УЩ, Причорноморську

западину, Скіфську плиту і Гірський Крим. Зона контролює масиви, штокоподібні і дайкові тіла різного складу і віку: Жовтневий лужний, Кам'яногогільський, Катериновський, Стародубовський і Малоані-сольський масиви гранітоїдів, штоки андезитів, тіла метавулканітів, а також скупчення пегматитових, аплітових і кварцових жил. До неї приурочені ділянки грейзенізації й інших вторинних процесів. Рудоконтролююча роль зони визначається серією (не менш восьми) тектоно-магматичних вузлів, локалізованих у її створі на перетинах з розломами північно-західного і широтного напрямків. До цих вузлів, а також до всієї приазовської ділянки розлому, приурочені мінеральні скупчення рідкісних і розсіяних елементів, чорних і кольорових металів, карбонатитів, графіту, вермикуліту. Установлені також геохімічні аномалії, що заслуговують подальшого вивчення. Характерною властивістю смуги ЛЗ є ртутна спеціалізація (Донецько-Макіївське, Східно-Доломітне та інші ртутні прояви в Донбасі, Привітнинське і Веселівське — у Криму, геохімічні аномалії і кіноварна мінералізація в приазовській частині УЩ).

У західній частині Північного Приазов'я паралельно Кальміуській зоні в районі населених пунктів Чернігівка, Велика Новоселка й інших простягається в північно-східному напрямку дуже велика зона, що виходить далеко поза межі щита. Вона складається з двох близько розташованих серій лінеamentів, які у сукупності охоплюють смугу шириною до 20 км. В внутрішній частині розташовуються відомі утворення чернігівського комплексу (карбонатити, ультрабазити). У цілому вона присвячена до поля переважного поширення гранітоїдів, що можна зв'язати з підвищеною в її межах гранітизацією метаморфічних порід у докембрії. Збережені тут метаморфічні породи і новоутворення чернігівського комплексу мають субмеридіональне орієнтування, у той час як за межами зони простягання метаморфічних порід і гранітоїдів істотно північно-західне в північній частині і субширотне в південній. Відповідно, можна припускати перебудову тут структурного плану в докембрії, яка здійснювалася головним чином у період формування гранітоїдів. Виходячи з орієнтування тіл і відомих закономірностей структуроутворення, скоріш за все в даному випадку відбувалися правоздвигові тектонічні переміщення. Судячи з віку порід, що виповнюють зону, ці переміщення варто відносити в основному до ранньопротерозойського періоду складкоутворення (пластичні деформації в зоні глибинного розлому). Тією чи іншою мірою вони продовжувалися в період формування порід осипенківської світи, про що свідчить колінкоподібна зміна простягання в її межах Куйбишевської структури, яка виповнена цими утвореннями. Субмеридіональне простягання відомих тіл чернігівського комплексу в цьому випадку можна представити як результат прояву локального сколювання



в межах зони в процесі здвигових переміщень. Відповідно пошукові роботи можуть бути направлені на виявлення субпаралельних кулісоподібно розташованих, витягнутих під гострим кутом або паралельно (рідше) простягання зони тіл.

Не менш важливу роль при пошукових дослідженнях мають регіональні 2-го порядку ЛЗ, що дуже часто збігаються з розломами земної кори і контролюють розміщення корисних копалин. При цьому рудоконтролююче значення мають ЛЗ різних напрямків, однак конкретні види корисних копалин пов'язані з певними з них і різними формами їх взаємин, що показано нами в ряді опублікованих робіт та звітів [1, 2, 6, 7, 9–11 та ін.], а також див. рисунок.

Наведені приклади ілюструють можливості дистанційних методів при проведенні регіонального мінералогенічного вивчення розломів (лінеamentів). Детальну характеристику усіх виявлених лінійних структур з цієї позиції ми не можемо привести через обмежений обсяг роботи. Відомості про усі виділені у межах досліджуваного району ЛЗ, у тому числі їх мінералогенічна спеціалізація, приведені у роботах [3, 5, 10, 11 та ін.].

До четвертого типу рудоконтролюючих структур відносяться перетини трансрегіональних і регіональних ЛЗ, що утворюють у плані складний вузол перетину, а по вертикалі — ослаблену зону, по якій фільтрується глибинна (аж до мантіїної) речовина, що створює родовища. Підвищена роздробленість і рухливість земної кори вузлів перетину сприяє вертикальної міграції речовини і її акумуляції. На думку ряду дослідників поняття “вузлова структура” не розкриває змісту даного явища, тому вони пропонують для позначення вузлів перетину лінеamentів (розломів) інший термін — “кентроген” чи “кентрогенна структура”. Під такою структурою мається на увазі ділянка динамічного впливу перетину розломів, що характеризується інтенсивною роздробленістю земної кори, високою проникністю для магматичних порід, флюїдів і розчинів, а також підвищеною ерозійною розчленованістю і диференціацією новітніх рухів. Основні її особливості такі: перетини декількох лінеamentів різних напрямків — від подвійного і потрійного зчленування і більш; значна сфера впливу (до сотень квадратних кілометрів); прояв по периферії кільцевих і дугових лінеamentів; різне орієнтування і ступінь роздробленості структурних комплексів земної кори; диференційоване переміщення блоків, що групуються навколо центрального підняття і западин; довгий і різноманітний за складом магматизм; підвищена активність стосовно суміжних ділянок; активність (підновлення) розломів древнього закладення; закономірне сполучення геофізичних аномалій (сходження до єдиного центру, перетини). З наведених особливостей видно, що з “кентрогенами” часто пов'язані КС осередкового типу, тобто ці дві групи рудоконтролюючих структур взаємоза-

лежні. Зокрема, вищеописані Тельманівська, Південно-Кальміуська, Південно-Кальчицька, Жовтнева КС, приурочені до інтрузивних граносієнітових масивів, розташовані в зонах зчленування розломів, тобто вони можуть бути віднесені до кожної з цих двох груп. Аналогічна ситуація і з малими інтрузіями гранітів кам'яномогильського типу. У той же час ряд виявлених перетинів ЛЗ є тільки “кентрогенами” (тобто не мають кільцевого відображення).

Так, Осипенківська вузлова структура (сфера впливу  $170 \text{ км}^2$ ) утворена перетином Дніпродзержинсько-Сорокинської ( $315-320^\circ$ ), Ольгинської ( $45-50^\circ$ ), Мелітопольсько-Білосарайської ( $85-90^\circ$ ) і Розовської ( $0^\circ$ ) ЛЗ і не має “кільцевого” аналога. Тут виявлені масиви діоритів і гранодіоритів, інтрузії основних і ультраосновних порід, пегматитові тіла і встановлені рудопрояви міді, молібдену, свинцю, рідкісних металів. Східно-Розовська вузлова структура (сфера впливу  $180 \text{ км}^2$ ) утворена зчленуванням Кураховської, Центрально-Маріупольської і Іловайсько-Приморської ЛЗ, складена головним чином ультраметаморфічними плагіогранітами і слюдистими гранітами. У її межах виявлені рудопрояви міді, свинцю, цинку. Виділено ряд інших, менш значних по сфері впливу вузлів перетину, більшість яких характеризуються наявністю поліметалевої і рідкісно-металевої мінералізацій, іноді з ними пов'язані родовища ВВ і підземних вод тріщинного типу.

Більш детально дані про пошукову перспективність виявлених при картуванні в масштабі 1:500 000 активних на новітньому етапі розвитку геоструктур УЩ та його схилів наведені в [2, 3, 5, 10, 11 та ін.], а самі структури показані на рисунку.

У результаті проведення великомасштабних (1:10 000–1:50 000) досліджень у межах еталонних ділянок були визначені типові позиції взаємин структурних елементів, при яких створюються максимально сприятливі умови для локалізації “корисної” речовини.

Для лінійних структур це: ділянки підвищеної тріщинуватості гірських порід; смуги інтенсивного дроблення між лінеamentами (розломами); вигини рудопідводячих дислокацій; системи, що оперяють і супроводжують тріщин сколу і відриву уздовж великих розломів (лінеamentів); крутопадаючі розломи (лінеamenti); вузли перетину і зчленування різноорієнтованих розломів (одиначних і елементарних лінеamentів у складі зон).

Для КС установлене розміщення підвищеної “корисної” мінералізації і родовищ у: зовнішніх концентрах; каркасних вузлах; місцях перетину каркасних елементів лінеamentами; площах інтерференції різнопорядкових КС; апікальних частинах одиночних кільцевих (купольних) форм.

На основі комплексного аналізу отриманих при вивченні новітньої тектоніки УЩ (за допомогою структурно-геоморфологічних і аерокосмічних методів) даних і геолого-геофізичних матеріалів з

Просторове співвідношення родовищ урану з неотектонічними показниками (склали В. Г. Верховцев, О. О. Крамар, Г.Ф. Маричев, Є. Б. Краснов, В. Г. Швайко, Ю. В. Юськів)

| № п/п | Назва родовищ          | № на карті | Просторове співпадання з ЛЗ                                                               | Просторове співпадання з КС                                                                                 | Відображення в сумарних амплітудах |
|-------|------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1     | 2                      | 3          | 4                                                                                         | 5                                                                                                           | 6                                  |
| 1     | Північно-Березнянське  | 1          | вузол перетину субширотної ЛЗ № 27 і північно-східної № 41                                | —                                                                                                           | ↓ 0–25                             |
| 2     | Лозуватівське          | 2          | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 11 і північно-східної № 43                          | північно-західна частина успадкованої макро КС № 44                                                         | ↑ 50–100                           |
| 3     | Калинівське            | 3          | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 11 і північно-східної № 43                          | північно-західна частина успадкованої макро КС № 44                                                         | ↑ 50–100                           |
| 3     | Виноградівське         | 4          | північно-східна ЛЗ № 43, поблизу вузла перетину її з субмеридіональною ЛЗ № 11            | центральна частина успадкованої макро КС № 44                                                               | ↑ 50–100                           |
| 5     | Західнобандурівське    | 5          | в межах північно-східної ЛЗ № 43                                                          | центральна частина успадкованої макро КС № 44                                                               | ↑ 50–100                           |
| 6     | Східнобандурівське     | 6          | в межах північно-східної ЛЗ № 43                                                          | центральна частина успадкованої макро КС № 44                                                               | ↑ 50–100                           |
| 7     | Південне               | 7          | в межах північно-східної ЛЗ № 43                                                          | в центрі успадкованої макро КС № 44                                                                         | ↑ 100–150 А                        |
| 8     | Гнатівське             | 8          | в межах північно-східної ЛЗ № 43                                                          | на півночі успадкованої макро КС № 44 і одночасно на південному обрамленні накладеної успадкованої КС № 40  | ↑ 50–100                           |
| 9     | Ташлицьке              | 9          | область впливу північно-західної ЛЗ № 61                                                  | в центрі успадкованої макро КС № 44                                                                         | ↑ 100–150 А                        |
| 10    | Садово-Костянтинівське | 10         | —                                                                                         | в центрі успадкованої макро КС № 44                                                                         | ↑ 50–100                           |
| 11    | Новопавлівське         | 11         | вузол перетину ЛЗ № 29 (субширотної), № 43 (північно-східна), № 61 (північно-західна)     | на півночі успадкованої макро КС № 44 та одночасно в східній частині накладеної на неї успадкованої КС № 40 | ↑ 50–100                           |
| 12    | Садове                 | 12         | —                                                                                         | в центрі успадкованої макро КС № 44                                                                         | ↑ 50–100                           |
| 13    | Ватутінське            | 13         | вузол перетину ЛЗ № 29 (субширотної), № 43 (північно-східна), № 61 (північно-західна)     | на обрамленні успадкованої макро КС № 44 і одночасно на східі накладеної на неї успадкованої КС № 40        | ↑ 50–100                           |
| 14    | Андріївське            | 15         | в межах північно-східної ЛЗ № 43                                                          | на південно-східному обрамленні малої проміжної КС                                                          | ↑ 75–100                           |
| 15    | Партизанське           | 22         | вузол перетину північно-східної ЛЗ № 43, північно-західної ЛЗ № 61 та субширотної ЛЗ № 29 | східна частина малої КС безкореневого типу                                                                  | ↑ 75–100                           |
| 16    | Апрельське (Квітневе)  | 20         | вузол перетину північно-східної ЛЗ № 43, північно-західної ЛЗ № 61 та субширотної ЛЗ № 29 | на південно-східному обрамленні успадкованої макро КС № 44                                                  | ↑ 75–100                           |
| 17    | Літнє                  | 34         | вузол перетину північно-східної ЛЗ № 43 та субширотної ЛЗ № 29                            | біля обрамлення успадкованої макро КС № 44                                                                  | ↑ 75–100                           |
| 18    | Братське               | 35         | область впливу субмеридіональної ЛЗ № 12                                                  | південно-східна частина успадкованої макро КС № 44                                                          | ↑ 75–100                           |
| 19    | Докучаєвське           | 37         | вузол перетину північно-східної ЛЗ № 43, північно-західної ЛЗ № 61 та субширотної ЛЗ № 29 | на південно-східному обрамленні успадкованої макро КС № 44                                                  | ↑ 75–100                           |
| 20    | Ново-Костянтинівське   | 42         | біля вузла перетину північно-східної ЛЗ № 43 та субширотної ЛЗ № 29                       | біля обрамлення успадкованої макро КС № 44                                                                  | ↑ 75–100                           |
| 21    | Лісне                  | 43         | вузол перетину північно-східної ЛЗ № 43 та субширотної ЛЗ № 29                            | біля обрамлення успадкованої макро КС № 44                                                                  | ↑ 75–100                           |
| 22    | Щорсівське             | 44         | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної ЛЗ № 29                            | на західному обрамленні безкореневої КС № 41                                                                | ↑ 50–100                           |

Продовження таблиці

| 1  | 2                     | 3  | 4                                                                                               | 5                                                                | 6        |
|----|-----------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------|
| 23 | Северинівське         | 45 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | західне обрамлення безкореневої КС № 41                          | ↑ 50–100 |
| 24 | Юріївське             | 46 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | в центрі успадкованої КС № 49                                    | ↑ 50–100 |
| 25 | Підгайцівське         | 48 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | на західному обрамленні безкореневої КС № 41                     | ↑ 50–100 |
| 26 | Лелековське           | 49 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | на західному обрамленні безкореневої КС № 41                     | ↑ 50–100 |
| 27 | Західно-Коноплянське  | 50 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | на північно-східному обрамленні успадкованої КС № 49             | ↑ 50–100 |
| 28 | Центральне            | 51 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | поблизу південного обрамлення безкореневої КС № 41               | ↑ 50–100 |
| 29 | Мічуринське           | 52 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | західне обрамлення безкореневої КС № 41                          | ↑ 50–100 |
| 30 | Південно-Коноплянське | 53 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | на північно-східному обрамленні успадкованої КС № 49             | ↑ 50–100 |
| 31 | Північно-Коноплянське | 54 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 13 і субширотної № 29                                     | поблизу південного обрамлення безкореневої КС № 41               | ↑ 50–100 |
| 32 | Сафонівське           | 55 | субмеридіональна ЛЗ № 14                                                                        | на східному обрамленні неуспадкованої малої КС                   | ↑ 50–100 |
| 33 | Михайлівське          | 56 | субмеридіональна ЛЗ № 14                                                                        | поблизу східного обрамлення неуспадкованої малої КС              | ↑ 50–100 |
| 34 | Христофорівське       | 57 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 14 і субширотної № 30                                     | –                                                                | ↓ 25–50  |
| 35 | Червоношахтарське     | 58 | вузол перетину субширотної ЛЗ № 30 і північно-східної 45                                        | –                                                                | ↓ 50–100 |
| 36 | Миколокозельське      | 59 | субширотної ЛЗ № 31                                                                             | біля північно-східного обрамлення безкореневої КС № 58           | ↑ 25–50  |
| 37 | Красноармійське       | 60 | вузол перетину субширотної ЛЗ № 30 і північно-східної 45                                        | поблизу північно-західного обрамлення успадкованої макроКС № 59  | ↑ 50–100 |
| 38 | Аннівське             | 61 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 15 і північно-західної № 59                               | в південній частині успадкованої КС № 51                         | ↑ 50–100 |
| 39 | Жовторіченське        | 62 | поблизу вузла перетину ЛЗ № 15 (субмеридіональна), № 29 (субширотної), № 59 (північно-західної) | в центрі успадкованої КС № 51                                    | ↑ 50–100 |
| 40 | Першотравневе         | 64 | поблизу вузла перетину ЛЗ № 30 (субширотної), № 45 (північно-східної), № 59 (північно-західної) | поблизу південно-східної частини обрамлення успадкованої КС № 51 | ↑ 50–100 |
| 41 | Кременчуцьке          | 65 | вузол перетину субмеридіональної ЛЗ № 15 і трансрегіональної північно-західної № 57             | –                                                                | ↑ 25–50  |
| 42 | Девладівське          | 66 | вузол перетину ЛЗ № 30 (субширотної), № 45 (північно-східної), № 59 (північно-західної)         | крайова північно-західна частина макроКС № 59                    | ↑ 50–100 |
| 43 | Новогуріївське        | 67 | поблизу вузла перетину субмеридіональної ЛЗ № 16, субширотної № 29 і північно-східної № 45      | поблизу північно-західного обрамлення успадкованої макроКС № 59  | ↑ 50–100 |
| 44 | Хуторське             | 68 | поблизу вузла перетину субмеридіональної ЛЗ № 16, субширотної № 29 і північно-східної № 45      | північна окраїна успадкованої макроКС № 59                       | ↑ 50–100 |



Продовження таблиці

| 1  | 2                 | 3   | 4                                                                                           | 5                                                                                                    | 6        |
|----|-------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 45 | Криничанське      | 69  | поблизу вузла перетину субмеридіональної ЛЗ № 16 і субширотної № 29 і північно-східної № 45 | північна окраїна успадкованої макроКС № 59, поблизу обрамлення малої КС неуспадкового типу           | ↑ 50–100 |
| 46 | Єленівське        | 70  | одиначний лінеament північно-західного простягання                                          | північна окраїна успадкованої макроКС № 59, поблизу обрамлення малої КС неуспадкового типу           | ↑ 50–100 |
| 47 | Сурське           | 71  | в межах зони впливу трансрегіональної північно-західної ЛЗ № 57                             | північна окраїна успадкованої макроКС № 59, в межах малої КС неуспадкового типу                      | ↑ 50–100 |
| 48 | Червоноярське     | 72  | одиначний лінеament північно-західного простягання                                          | північна частина успадкованої макроКС № 59                                                           | ↑ 50–100 |
| 49 | Петромихайлівське | 73  | вузол перетину субширотної ЛЗ № 30 і трансрегіональної північно-західної № 57               | північно-східне обрамлення успадкованої макроКС № 59                                                 | ↑ 25–50  |
| 50 | Петрозаводське    | 74  | в межах трансрегіональної північно-західної ЛЗ № 57                                         | південно-західна окраїна успадкованої КС № 54                                                        | ↑ 25–50  |
| 51 | Краснооскольське* | 75  | н/д                                                                                         | н/д                                                                                                  | н/д      |
| 52 | Адамівське*       | 76  | н/д                                                                                         | н/д                                                                                                  | н/д      |
| 53 | Миколаївське      | 77  | одиначний протяжний лінеament північно-східного напрямку                                    | на північно-західному обрамленні успадкованої КС № 66 і одночасно в центрі успадкованої макроКС № 63 | ↑ 50–100 |
| 54 | Марківське*       | 78  | н/д                                                                                         | н/д                                                                                                  | н/д      |
| 55 | Дібровське        | 188 | в межах трансрегіональної субширотної ЛЗ № 30                                               | в межах успадкованої макроКС № 59                                                                    | ↑ 25–50  |

\* родовище знаходиться за межами УЩ та його схилів;

↑ 25–50 — співпадіння родовища з областю підвищених значень сумарних амплітуд пізньопліоцен-четвертинних вертикальних рухів земної поверхні та їх величина (в метрах);

↓ 25–50 — те ж відносно знижених, але позитивних;

А — співпадіння родовища з замкненою аномалією сумарних амплітуд або з згущенням ізобар найбільш високих значень;

— — родовище не знайшло відображення у показнику, що аналізується;

н/д — немає даних

урахуванням виявлених позицій відомих родовищ і проявів корисних копалин вдалося виділити ряд перспективних у пошуковому відношенні локальних (прогнозних) площ (головним чином, у межах еталонних ділянок). При цьому основна увага приділялась тим видам корисних копалин, формування яких найбільш тісно пов'язане з неотектонічними процесами (нафта, газ, підземні води тріщинного типу, розсипи).

Ми не наводимо тут конкретних даних про всі ці площі, оскільки ці матеріали опубліковані нами чи знайшли відображення у наукових звітах [3, 5, 10, 11 та ін.]. Результати досліджень, що мають відношення до пошукових питань, також оформлені нами у вигляді НДР і впроваджені в практику робіт ряду наукових і виробничих організацій.

### Закономірності просторового зв'язку родовищ урану з новітньою тектонікою та перспективи пошукових робіт

Це питання розглянуто нами окремо, оскільки є метою наших досліджень останнього часу. Абсолютна більшість дослідників відмічає визначальну рудоконцентруючу і рудоконтролюючу роль різних тек-

тонічних елементів в утворенні родовищ урану та виділяє велику кількість (не менш шести) епох уранового рудоутворення, в тому числі неоген-четвертинну, пов'язуючи їх, насамперед, з численними ТМА. Тому є доцільним, на наш погляд, дослідити, як мінімум, просторовий взаємозв'язок основних неотектонічних параметрів з побудованою нами карти новітньої тектоніки УЩ і його схилів з розміщенням відомих уранових родовищ. Основні результати цього дослідження графічно відображені на рисунку та стислому вигляді наведені у таблиці. Вважаючи на те, що це лише проміжні матеріали за даним напрямком, та не бажаючи нав'язувати свою думку читачеві, ми не даємо тут результатів більш детального аналізу, залишаючи фахівцям можливість самим зробити відповідні висновки.

### Література

1. Верховцев В. Г. Основні принципи складання карти новітньої тектоніки Українського щита та його схилів масштабу 1:500 000 за морфографічними, морфометричними і аерокосмічними даними: термінологія, методи та методичні прийоми, класифікаційні та інші аспекти дослідження / В. Г. Верховцев, Ю. В. Юськів //

- Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. — 2011. — Вип. 3. — С. 63–76.
2. Верховцев В. Г. Активні на новітньому етапі розвитку лінійні геоструктури Українського щита та його схилів / В. Г. Верховцев, Ю. В. Юськів, В. Г. Швайко // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. — 2012. — Вип. 4. — С. 49–59.
  3. Верховцев В. Г. Активні на новітньому етапі розвитку кільцеві геоструктури Українського щита та його схилів / В. Г. Верховцев, Ю. В. Юськів, В. Г. Швайко // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. — 2012. — Вип. 5. — С. 103–118.
  4. Геология и металлогения докембрия Украинского щита: комплект карт масштаба 1:1 000 000 (геологическая, геологических формаций, метаморфических фаций, разломно-блоковой тектоники, геохимическая и металлогеническая) / Гл. ред. Н. П. Сторчак. — К.: ЦТЭ Мингео УССР, 1984.
  5. Геология и металлогения юго-западной части Восточно-Европейской платформы, масштаб 1:1 000 000: комплект карт (схема глубинного строения литосферы, структурно-формационная карта, карта структурного районирования, металлогеническая карта) / Гл. ред. А. И. Зарицкий. — К.: ГП "Геопрогноз", 1992.
  6. Динаміка геоструктур України та загальні закономірності розміщення корисних копалин: звіт про НДР (заключний). Кер. О. І. Слензак, викон. В. Я. Радзівіл, В. Г. Верховцев [та ін.], ІГН НАНУ. — К., 1999. — 218 с. № ДР 0198U003815.
  7. Зони тектонічної активізації геоструктур України в зв'язку з передбаченням екологонебезпечних процесів і прогнозуванням деяких видів корисних копалин: звіт про НДР (заключний). Кер. В. Я. Радзівіл, викон. В. Г. Верховцев, І. С. Потапчук [та ін.], ІГН НАНУ. — К., 2004. — 346 с. № ДР 0204U006917.
  8. Металогенічна карта України. — 1:1 000 000 / Гол. ред. Д. С. Гурський, 2002.
  9. Перспективи розвитку уранової сировинної бази ядерної енергетики України / Д. К. Возняк [та ін.]; під ред. О. І. Калашникової. — К.: Наукова думка, 2014. — 355 с.
  10. Розломна тектоніка України і локалізація корисних копалин (Український щит та Азово-Чорноморський регіон): звіт про НДР (заключний). Кер. І. І. Чебаненко, викон. О. І. Слензак, В. Я. Радзівіл [та ін.], ІГН НАНУ. — К., 1995. — 202 с. № ДР 01.9.1002.4949.
  11. Розломні геоструктури Українського щита та його схилів, їх просторово-часові співвідношення і новітня активізація: звіт про НДР (заключний). Кер. В. Г. Верховцев, ІГН НАНУ. — К., 2009. — 250 с. № ДР 0105U001004.
  12. Сумарні амплітуди пізньопліоцен-четвертинних вертикальних рухів земної поверхні Українського щита та його схилів / В. Г. Верховцев [та ін.] // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. — 2013. — Вип. 6. — С. 38–52.

#### ПОИСКОВЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ НА НОВЕЙШЕМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ГЕОСТРУКТУР УКРАИНСКОГО ЩИТА И ЕГО СКЛОНОВ

В. Г. Верховцев, Ю. В. Юськів

На основании совместного анализа результатов комплексных структурно-геоморфологических (морфографических и морфометрических) и аэрокосмогеологических исследований а также данных о полезных ископаемых Украинского щита и его склонов выделены и охарактеризованы основные типы активных на новейшем этапе развития рудо-контролирующих структур.

**Ключевые слова:** неотектоника, новейшие движения, линеамент, линеаментная зона, кольцевая структура, позднеплиоцен-четвертинные вертикальные движения, геоструктура, уран, месторождение

#### PROSPECTING POINT OF ACTIVE ON THE LATEST STAGE DEVELOPMENT GEOSTRUCTURES OF THE UKRAINIAN SHIELD AND ITS SLOPES STUDY

V. Verkhovtsev, Y. Yuskiv

Based on co-analysis results of complex structural, geomorphological (morphographic, morphometric) and aerospace geological research with mineral resources data of Ukrainian Shield and its slopes are given, the main types active structures on the latest stage of development for ore are described.

**Keywords:** neotectonics, the latest movements, lineament, lineament zone, the ring structure, the Pliocene-Quaternary vertical movements, geological structure, uranium, mining

## Розділ 6

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ  
НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК УКРАЇНИ

Для оцінки соціально-економічних ризиків зазвичай використовують підходи, що умовно можуть бути згруповані в три різні класи. По-перше, це оцінки, які базуються на використанні детермінованих моделей і сценаріїв. Як правило, вони мають балансовий характер і вже багато років не є застосованими для регіональних і локальних оцінок, які відрізняються великою гетерогенністю і невивченістю вхідних даних. В таких умовах жодна детермінована модель не може бути коректно застосована, а результат моделювання не буде достовірним.

Інший підхід базується на уявленнях про ресурсну безпеку. В такому випадку фіксується значення параметрів певного ресурсу, необхідного для забезпечення життєдіяльності, і визначаються умови, сприятливі для системи. При застосуванні такого підходу виникає дві проблеми. По-перше, необхідно виходити із вірної парадигми ресурсної безпеки. Тобто визначати не лише наявність

взаємопов'язаних ресурсів, а також їхню доступність, вразливість і можливість утилізації. В умовах складного просторово розгалуженого гетерогенного середовища ця задача не є тривіальною. По-друге, при застосуванні такого підходу критичним є кількість і якість вхідних даних і необхідність врахування великої кількості контрольованих параметрів і змінних. Все це призводить до суттєвих обмежень і іноді істотно впливає на достовірність отримуваних оцінок.

В задачах інтегрованої безпеки все більш популярним стає підхід, що базується на стохастичному аналізі, зокрема, стохастичній оптимізації. Він дозволяє оцінювати параметри безпеки в умовах невизначеності, і є спрямованим на визначення сталих, робастних рішень, стійких по відношенню до наборів прогнозованих змін. З використанням цього методу можна прогнозувати показники ризиків за окремими наборами параметрів.

**6.1. Регіональний соціально-економічний розвиток в умовах невизначеностей, викликаних різномасштабними змінами**

Більшість оцінок показують, що значного впливу з боку прогнозованих кліматичних змін слід очікувати в аграрному секторі. Аграрний сектор за своїм функціональним призначенням виконує важливі суспільні функції, що обумовлює його стратегічну роль як в глобальній, так і в національній економіці. В першу чергу, агросфера залишається місцем проживання майже третини всього населення України та сферою працевлаштування переважної більшості сільського населення. Незважаючи на те, що за останні 20 років кількість зайнятих в сільському господарстві скоротилася вдвічі, для близько 5 млн сільських домогосподарств аграрний сектор залишається основним джерелом доходів. Крім того функціонування аграрного виробництва забезпечує підтримку інфраструктури на селі та збереження агроландшафтів.

Для планування і розміщення виробництва в умовах невизначеностей та ризиків ефективним є використання двоетапних моделей стохастичної оптимізації [55]. Ці моделі надають можливість планування довгострокових стратегічних рішень за умови невизначеностей на першому етапі, після чого дозволяють корегувати ці рішення на другому етапі, враховуючи отриманий досвід, додаткову інформацію та спостереження. Пропоновані моделі враховують різні сценарії економічного росту та прогнози зміни чисельності населення, що вимагає відповідного регулювання регіонального виробництва. В окремих регіонах масштаби аграрного виробництва настільки високі, що перевищують допустимі норми екологічного та соціального тиску. Для вирішення проблеми оптимального



розміщення агровиробництва модель використовує показники, визначені на основі взаємозалежних факторів, таких як, наприклад, рівень доходів населення, виробничі затрати, доступність, умови та стан використання основних ресурсів тощо. Модель працює на основі використання ймовірнісних методів “robust up- and down-scaling”, що дозволяють поєднувати (знаходити відповідності) просторово-часові проекції біофізичного блоку моделі з соціо-економічними та іншими блоками з метою отримання прийнятних результатів для розробки політики та її впровадження.

Ці моделі були апробовані для аналізу міграційних процесів, спричинених інтенсифікацією аграрного виробництва, в тому числі виробництва біопалива в Україні [57]; впровадження механізмів оптимального ціноутворення на землю [77]; оцінці ролі тарифного регулювання [66]; визначенні оптимального рівня інвестицій для розширення сільськогосподарської зайнятості і впровадження аграрних послуг для працевлаштування потенційних мігрантів в результаті фінансово-виробничої нестабільності в Україні [51]; аналізу засад продовольчої безпеки [67]; тощо. Для підтримки імплементації моделі була розроблена гармонізована база даних статистичних показників розвитку аграрної економіки України. Моделі продовжують розвиватися в рамках виконання спільних проектів Президії НАН України з Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (IIASA) щодо інтегрованого моделювання продовольчої безпеки з урахуванням безпечного водо-, ресурсо- та енергозбереження [33].

Модель базується на використанні узагальненого підходу [51]. Виробнича функція пропонованої моделі може бути представлена у вигляді функції максимізації прибутків виробників  $I_j$  розташованих в регіоні  $j$ , які розраховуються як різниця між сукупними доходами та сукупними витратами виробництва. Перші включають надходження від реалізації продукції  $\sum_{i=1}^n P_{ij} a_{ij}(\omega) x_{ij}$  та фінансову підтримку забезпечення агровиробництв  $\sum_{i=1}^n l_{ij} x_{ij} \max\{0, a'_{ij} - a_{ij}(\omega)\} P_{ij}$ . Другі відповідно включають виробничі витрати  $\sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij}$  та зобов'язання за отриману фінансову підтримку виробництва або страхування виробництва  $\sum_{i=1}^n \pi_{ij}$ . Сценарії випадкової величини  $\omega \in \Omega$  визначаються коливаннями погодних умов (у випадку рослинницької продукції) або нестабільністю продуктивності в тваринництві, викликаного, наприклад, браком кормів, загибеллю худоби тощо.

Блок  $\sum_k P_{ik} Z_{ikj} - \sum_k P_{jk} Z_{jke}$  відображає міжрегіональні торгівельні потоки певного виду сільськогосподарської продукції. Виробнича функція, що описує

пропоновану модель оптимізації розміщення виробництв, виглядає наступним чином [55, 52]:

$$I_j = \sum_{i=1}^n P_{ij} a_{ij}(\omega) x_{ij} - \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^n \pi_{ij} + \sum_{i=1}^n l_{ij} x_{ij} \max\{0, a'_{ij} - a_{ij}(\omega)\} P_{ij} + \sum_k P_{ik} Z_{ikj} - \sum_k P_{jk} Z_{jke}, \quad (6.1)$$

де  $i$  — вид сільськогосподарської продукції;  $j$  — регіон;  $I_j$  — чистий дохід;  $P_{ij}$  — виробнича ціна продукту в регіоні  $j$ ;  $a_{ij}(\omega)$  — випадкова продуктивність (урожайність, приріст худоби) продукту в регіоні  $j$ ;  $a'_{ij}$  — критична величина продуктивності і продукту в  $j$  регіоні, яка дає право на отримання підтримки;  $x_{ij}$  — посівна площа / поголів'я;  $c_{ij}$  — виробничі витрати;  $\pi_{ij}$  — зобов'язання виробників за право отримання підтримки на  $i$  продукт в  $j$  регіоні;  $l_{ij}$  — компенсація на одиницю фактично отриманої величини продуктивності  $a_{ij}(\omega)$ , виходячи із її критичного значення  $a'_{ij}$ ;  $Z_{ikj}$  — обсяг транспортованого і продукту з  $j$  в  $k$  регіон;  $Z_{jke}$  — обсяг транспортованого і продукту з  $k$  в  $j$  регіон.

Очевидно, що математичний запис рівняння (6.1) відображатиме розміщення виробництв в регіонах з найменшими виробничими витратами та реалізацію в регіонах з вищими цінами. Для попередження концентрації виробництва та реалізації продукції лише в окремих регіонах в рівняння (6.1) введені наступні обмеження:

$$a_{ij}(\omega) x_{ij} + l_{ij} x_{ij} \max\{0, a'_{ij}(\omega)\} + \sum_k Z_{ikj}(\omega) - \sum_k Z_{ikj}(\omega) \geq d_j \quad (6.2)$$

$$\sum_{ij} \delta_i x_{ij} \geq b_j \quad (6.3)$$

Обмеження (6.2) гарантує забезпечення попиту  $d$  на продукт і в кожному взятому регіоні  $j$  потужностями регіонального виробництва  $a_{ij}(\omega) x_{ij}$ , міжрегіональними поставками  $\sum_k Z_{ikj}(\omega) - \sum_k Z_{ikj}(\omega)$  та забезпеченням обсягом  $l_{ij} x_{ij} \max\{0, a'_{ij}(\omega)\}$  продукту. В розвинутих країнах прийнято, що внутрішнє виробництво має забезпечувати не менше 80–85% національного попиту. В Україні його значення закріплено на рівні 30%, хоча наприкінці 2011 р. була спроба знизити цей рівень до 20%.

В свою чергу, обмеження (6.3) гарантує недопущення надмірного розміщення виробництва в регіоні понад встановлений рівень доступних для такого виду виробництва земельних ресурсів  $b_j$ ; таким чином,  $\delta_i$  можна розглядати як коефіцієнт граничного навантаження виробництва на одиницю земельної площі. Фактично обмеження (6.3) забезпечує регулювання розораності сільськогосподарських земель в регіоні для виробництва рослинницької продукції, тобто частку продукту у загальній посівній

площі, а в тваринництві — регулювання поголів'я тварин та можливість природної утилізації відходів шляхом удобрення ґрунту, що гарантує збереження екологічної сталості регіону [49]. Затверджені Постановою Кабінету Міністрів України №164 від 11.02.2010 із змінами та доповненнями норми регулювання сівозміни дозволяють засівати до 60–95% від загальної площі зерновими і зернобобовими за-

лежно від природно-кліматичної зони. Більш жорсткі нормативи застосовуються до технічних культур й, зокрема, соняшника та ріпаку, а саме: перший у сівозміні не може перевищувати 15% у південно-степовій зоні (в тому числі в умовах штучного зрошення), а другий — 10%. В решті природно-кліматичних зон нормативи щодо частки соняшника та ріпаку більш жорсткі.

## 6.2. Оцінка ризиків варіацій біопродуктивності за даними дзз з метою оцінки сталості аграрного виробництва

Говорячи про використання методів ДЗЗ для оцінки ризиків в аграрному секторі, перш за все слід зазначити можливості прямих методів. Використовуючи часові серії прямих спостережень в оптичному діапазоні, можна визначити показники граничних припустимих навантажень землекористування  $\delta_i$  у рівнянні (6.3). Точність визначення параметру  $\delta_i$  залежить від просторового розрізнення сенсоров.

Продуктивність рослин (зокрема, продуктивність сільськогосподарських рослин, або біологічна врожайність)  $a_{ij}(\omega)$  в представленому підході визначається як стохастична величина, яка може бути оцінена за комплексом спостережень. Зокрема, це можна зробити на основі використання даних ДЗЗ, спостережень спектральних характеристик рослинності.

Очікувана врожайність сільськогосподарських культур, наприклад, продуктивність озимої пшениці ( $y$ ) може бути визначена як функціонал річного статистичного максимуму врожайності  $Y$ ; через  $u$  — показник деградації посіву  $f(k)$  — функція щільності рослинності;  $S(T, W, R)$  — функціонал продуктивності, що залежить від розподілів температури, водного живлення та сонячного опромінення;  $\Delta$  — коефіцієнт невизначеності [58]:

$$\max(a_{ij}) \rightarrow Y = y \cdot (1 - u) \cdot f(k) \cdot S(T, W, R) + \Delta.$$

Прогнозування розподілу показника  $a_{ij}(\omega)$  базується на розрахунках даних спостережень з супутників протягом вегетаційного періоду (зазвичай це березень–квітень та травень–липень).

Стан рослинності, зокрема, продуктивність, можуть бути оцінені через індекси спектрального відбиття, температурних умов, та індекс рослинного стану:  $VCI$  (Vegetation Condition Index),  $TCI$  (Temperature Condition Index),  $VHI$  (Vegetation Health Index), які, в свою чергу можуть бути обчислені через серії спостережень індексу  $NDVI$  (Normalized Difference Vegetation Index) та температури поверхні.

Врожайність сільськогосподарських культур (продуктивність) може бути оцінена через кореляційні рівняння спектральних індексів, виміряних у визначені періоди вегетації (наприклад, протягом 8–12 тижнів вегетаційного циклу) [50, 65, 72]:

$$Y_{VHI} = b_0 + b_1^{VHI8} + b_2^{VHI9} + b_3^{VHI10} + b_4^{VHI11} + b_5^{VHI12} + b_6^{VHI13} \quad (6.4)$$

$$Y_{VHI} = b_0 + b_1^{VHI8} + b_2^{VHI9} + b_3^{VHI10} + b_4^{VHI11} + b_5^{VHI12} + b_6^{VHI13} \quad (6.5)$$

$$VCI = 100 \cdot \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \quad (6.6)$$

$$VHI = a^{VCI} + (1 - a)^{TCI} \quad (6.7)$$

$$TCI = 100 \cdot \frac{T_{\max}^b - T^b}{T_{\max}^b - T_{\min}^b} \quad (6.8)$$

Рівняння (6.4–6.8) включають індекси поточної, максимальної і мінімальної температури яскравості  $T^b$ , параметри стану рослинності і індекси фотосинтетичної активності. Використаний індекс  $NDVI$  визначається як [71]:

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{RED} + R_{RED}},$$

де  $R_{NIR}$  та  $R_{RED}$  — відбиття в ближньому інфрачервоному та червоному діапазонах відповідно.

Використовуючи описаний підхід (представлений в рівняннях (6.4–6.8)), можна достатньою точністю описати розподіл продуктивності. Точність буде залежати від, по-перше, якості наземних калібрувальних вимірювань, і по-друге, від частоти спостережень протягом вегетаційного періоду.

Інтегрована невизначеність, притаманна описуваному підходу  $\delta Y$  може бути представлена як сума невизначеностей, генерованих кліматичними варіаціями, помилками інтерпретації земних покривів на дистанційному зображенні і помилок сенсору [70]:

В рівнянні (6.9)  $T_n$  — температура повітря за період спостережень;  $T^{\max}$  — максимальна температура повітря;  $\delta T$  — індекс приведеної температури [62],

$$\delta T = \left(1 - \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T_n}{T^{\max}}\right) \left(1 - \frac{1}{T^{\max} - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T^{\max}}\right)$$

$$\delta Y = \frac{\sum_i (y_i - y_i \epsilon) \sum_j (\delta T_j - \delta T_j \epsilon)}{\sqrt{(\sum_i (y_i - y_i \epsilon)^2 (\sum_j \delta T_j - \delta T_j \epsilon)^2)}} \frac{\partial (1 - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T_n)}{\partial t} (1 - \frac{1}{T^{\max} - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T^{\max}}) +$$

$$+ \frac{\sum_i (y_i - y_i \epsilon) \sum_j (y_j^{\text{norm}} - y_j^{\text{norm}} \epsilon)}{\sqrt{(\sum_i (y_i - y_i \epsilon)^2 (\sum_j y_j^{\text{norm}} - y_j^{\text{norm}} \epsilon)^2)}} \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{p,g} (\frac{y_p - y_p^{\min}}{y_p^{\max} - y_p^{\min}}) (\frac{y_g - y_g^{\min}}{y_g^{\max} - y_g^{\min}})^2} + \sqrt{\sum_i (\Delta y_i \frac{\partial F}{\partial y})^2} + v'$$

(6.9)

Для типових природних умов України ця компонента рівняння невизначеності зазвичай має значення в межах від 0.02 до 0.035.

Параметр  $q$  — досліджувані ділянки;  $p$  — набори статистичних даних (наприклад, дані наземних вимірювань);  $y$  — зареєстровані значення продуктивності (врожайності);  $y^{\text{norm}}$  — “нормалізований індекс придатності даних”,  $y^{\text{norm}} = (\sum_{p,g} (\frac{y_p - y_p^{\min}}{y_p^{\max} - y_p^{\min}}) (\frac{y_g - y_g^{\min}}{y_g^{\max} - y_g^{\min}})^2)^{1/2}$  [70, 74]. Таким чином ми досягаємо регулярності розподілів спостережень, і можемо поєднувати дані з різних джерел коректно. Ця компонента невизначеності є найбільш вразливою по відношенню до якості даних, її значення лежать в інтервалі від 0.053 до 0.074.

Функція  $F(y)$  — розрахункова величина послідовності вимірів  $y$  ( $y_1, y_2, \dots, y_n$ )  $F = F(y_1, y_2, \dots, y_n)$ ;  $v'$  — помилка невідомої природи, яку ми інтерпретуємо як невідому невизначеність, що є притаманною будь-яким вимірам (0.01–0.005). Величина  $\frac{\partial F}{\partial y}$  та відповідна  $\sqrt{\sum_i (\Delta y_i \frac{\partial F}{\partial y})^2}$ , може бути розрахована з використанням оцінки точності алгоритмів MOD17 FPAR та MOD15A2 [62, 179, 75]. Виходячи з опублікованих даних [70, 75, 69], можна вважати, що ця величина приблизно є константою і складає 0.045–0.056.

Загальне значення показника невизначеності при оцінювання рослинної продуктивності, і зокрема, сільськогосподарської врожайності за даними ДЗЗ, може бути оціненим на рівні від 0.138 до 0.152. При цьому точні наземні калібрувальні вимірювання можуть зменшити невизначеність на 55–65%.

Таким чином, використовуючи рівняння (6.4–6.8) та (6.9), ми отримуємо набори індикаторів для дистанційної оцінки параметрів сільськогосподарської продуктивності, які можуть бути інкорпоровані в модель регіонального соціально-економічного розвитку та регіональної продовольчої безпеки (6.1–6.3).

Критична (порогова) продуктивність  $a_{ij}$  продукту  $i$  в регіоні  $j$  є стохастичною функцією, яка залежить від метеорологічних варіацій, наявності і доступності водних ресурсів. Ця функція може бути визначена як розподіл пригнічення рослинності через вплив несприятливих факторів (посуха, або навпаки, надлишкове зволоження, тощо) [62, 60]:

$$a_{ij}(\omega_v) = a_{ij}(PDI) = \frac{\delta(R_{RED} + \beta R_{NIR})^1}{\sqrt{\beta^2 + 1}}. \quad (6.10)$$

Тут  $PDI$  — індекс посухи (Perpendicular Drought Index) [71],  $\beta$  — параметр ґрунту, що визначається як емпірично, так і за допомогою методів ДЗЗ, наприклад через індекс Soil Adjusted Vegetation Index SAVI [70, 62, 68], що визначається наступним чином:

$$SAVI = \frac{R_{NIR}}{R_{RED} + \beta}.$$

В такому випадку (6.10), на основі використання набору визначених спектральних ознак, ми отримуємо набори дистанційних індикаторів для контролю поведінки порогових значень продуктивності  $a_{ij}$  певного продукту і в регіоні  $j$  протягом періоду спостережень (зазвичай, у випадку аграрного виробництва, він є гармонізованим із періодом вегетації сільськогосподарських рослин). Цей підхід дозволяє незалежно контролювати продуктивність і прогнозувати посухи з визначеними показниками достовірності і невизначеності.

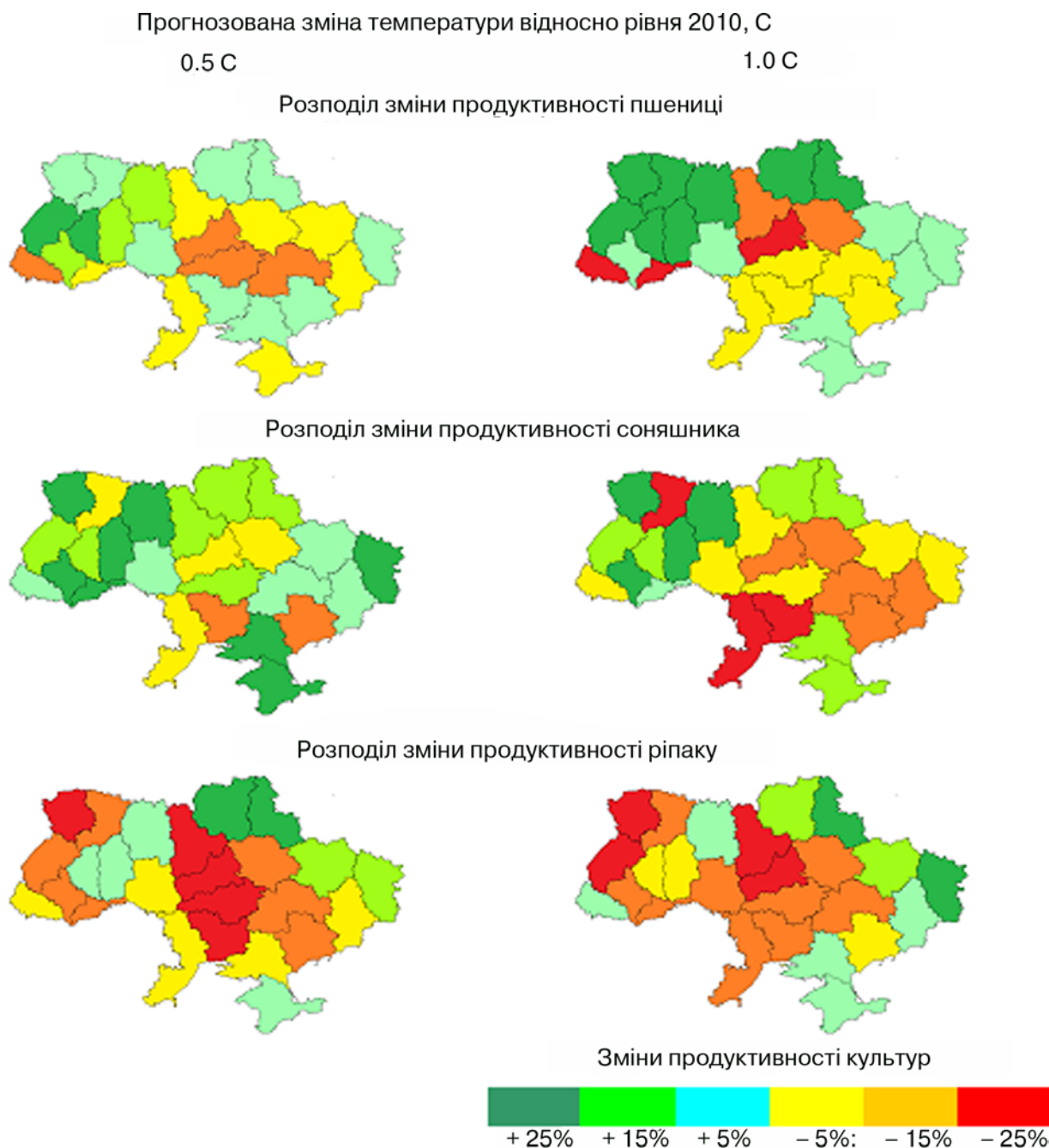
Крім того, окремі екологічні загрози, пов'язані із антропогенною активністю, можуть бути проаналізовані за допомогою оцінюваних спектральних індексів [70, 64].

### 6.2.1. Результати чисельного моделювання: розрахунок оптимальної структури землекористування сільськогосподарського сектору з урахуванням кліматичних змін

На основі наведеного модельного підходу, з урахуванням зауважень щодо вразливості виробництва по відношенню до коливань зовнішніх факторів на 2025 рік, були проведені розрахунки оптимізації розміщення виробництва окремих видів сільськогосподарської продукції [33]. Розрахунки проводилися на регіональному рівні, на основі даних районного рівня та агрегованих до обласного [67, 52].

Розрахунки показали зміни біологічної продуктивності ландшафтів (розрахунки наведено на рис. 6.1, 6.2 Розділу 6, з використанням даних [64, 63]). Модель дозволяє оцінити зміну продуктивності агроландшафтів в умовах зміни кліматичних показ-





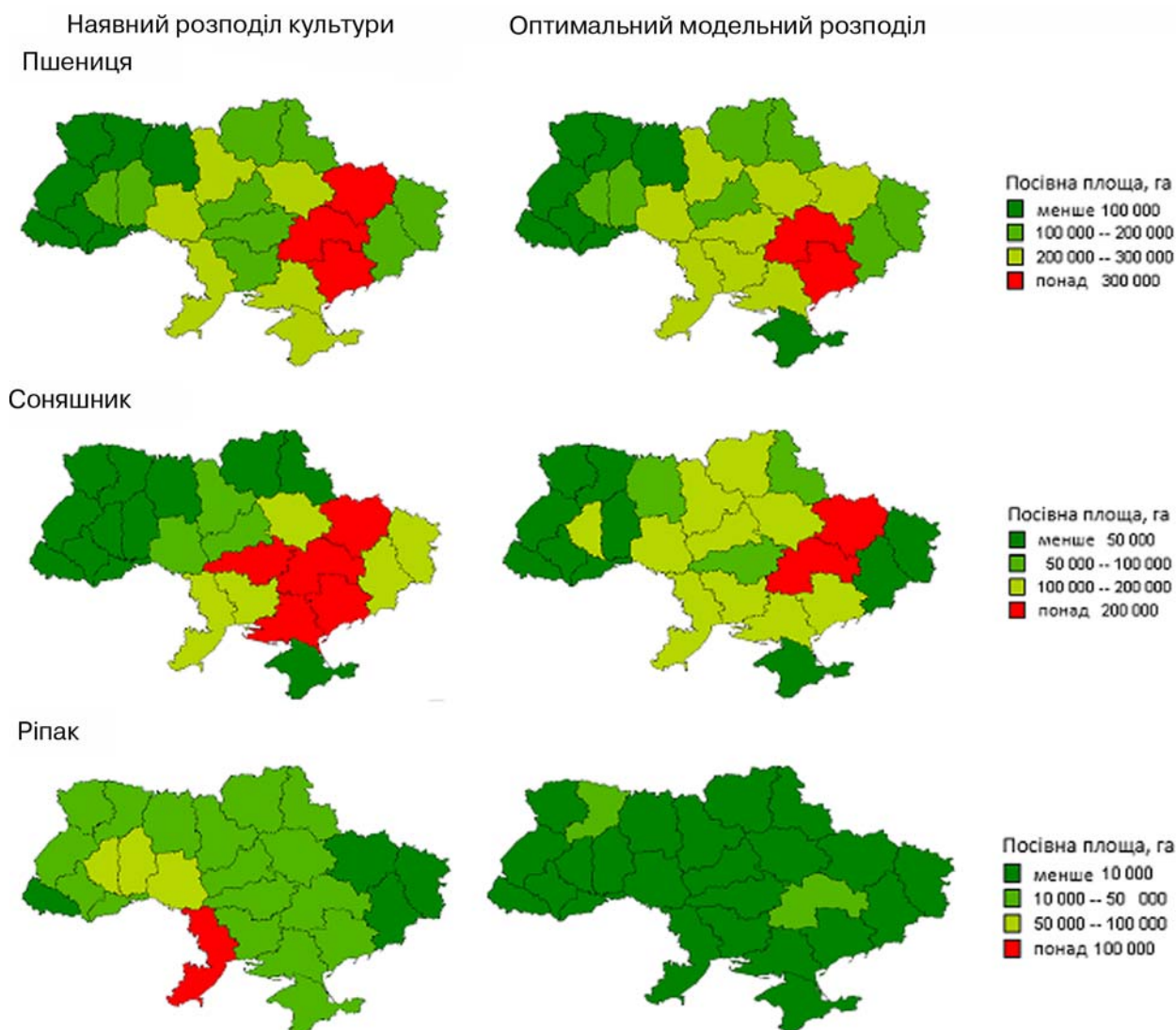
**Рис. 6.1.** Розрахункові зміни показників продуктивності сільськогосподарських культур (врожайності) [3] у відповідності до прогнозованої величини зміни температури повітря [63, 61]

ників [3]. На рис.6.1. наведено розрахунки зміни врожайності (у відсотках) окремих культур при підвищенні температури повітря на фіксовану величину відносно рівня 2010 року.

Наведені результати свідчать, що прогнозування впливів довготривалих кліматичних змін на аграрне виробництво не має зводитися виключно до біофізичних моделей і аналізу змін біологічної продуктивності по відношенню до зміни температури. Забезпеченість водою відіграє також значну роль у забезпеченні сталості виробництва більшості типів сільгосппродукції. При цьому, як показують розрахунки науковців Інституту економіки і прогнозуван-

ня НАН України, виконані в рамках спільної програми з Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу, забезпеченість технологіями, доступ до ринків, транспортних потоків і рівень менеджменту господарств також суттєво знижують вразливість сільгоспвиробництва і підвищують адаптивність.

При ухваленні рішень з адаптації сільськогосподарської галузі до кліматичних змін, в першу чергу, на регіональному рівні, слід брати до уваги широкий комплекс не лише кліматичних, біофізичних, але й соціально-економічних параметрів. Результати прогностичного аналізу за таких умов засвідчують, що прогнозовані негативні



**Рис. 6.2.** Порівняння поточного розподілу сільськогосподарських культур і модельного розрахунку оптимального розподілу, з урахуванням навантажень (кліматичних і екологічних змін) на період до 2025 [67, 33, 52, 64, 63]

впливи, спровоковані очікуваними змінами клімату на регіональному рівні не є безпідставними. Однак, слід зазначити, що прогнозоване потепління вплине на вітчизняний аграрний сектор суттєво гетерогенно і нелінійно. При зростанні температури на  $0.5^{\circ}\text{C}$  у більшості регіонів загальна врожайність більшості культур підвищиться, відповідно до проведених розрахунків. При подальшому збільшенні середньорічної температури повітря загальна врожайність сільськогосподарських культур знизиться у цілому по Україні. При цьому слід брати до уваги прогнозовані втрати від збільшення частоти і інтенсивності надзвичайних ситуацій, зокрема посух, вимерзань, вимокань і повеней.

Однак, при цьому, запропонований підхід до оцінки адаптивного потенціалу сільськогосподарського виробництва по відношенню до кліматичних змін, дозволяє запропонувати набір рішень, які можуть дозволити компенсувати нега-

тивні впливи на аграрний сектор і суттєво зменшувати відповідні ризики. Зокрема, аналіз дозволить визначити оптимальну структуру розподілу посівних площ окремих культур відносно прогнозованих кліматичних впливів [67, 33, 52]. На рис. 6.2 представлені результати такого моделювання.

Таким чином, наведений модельний підхід дозволяє, за наявності вхідної інформації, в тому числі — даних ДЗЗ, будувати стійкі стратегії землекористування в умовах кліматичних змін і стратегії адаптації на регіональному рівні.

Слід також зазначити, що запропонований підхід може бути використаний як складова великих світових моделей, зокрема моделі GLOBIOM (Global Biosphere Management Model) [20, 56]. Тому підходи, що розвиваються в цьому проекті щодо нашої країни, можуть бути застосовані також в інших країнах. Можливим є також об'єднання моделей окремих країн через міжнародну торгівлю, інвестиції, транскордонні заб-

руднення та міграцію аналогічно тому, як це робиться для моделювання міжрегіональних зв'язків у моделях окремих країн. У цих моделях, що розробляються НАН України спільно з Міжнародним інститутом прикладного системного

аналізу (IIASA) [33], передбачаються широкі міжнародні, європейські та євро-азійські зв'язки через глобальну модель GLOBIOM та гармонізацію даних на основі відповідної процедури дезагрегування [56].

### 6.3. Вплив змін клімату на умови життєдіяльності населення в Україні

За всю історію існування людства на планеті не спостерігалось такого інтенсивного впливу антропогенного фактора на довкілля, як у наш час. Ніколи раніше людство не стикалося з такими швидкими змінами основних характеристик природних умов у зв'язку зі своєю господарською діяльністю.

Людина завжди використовувала навколишнє середовище як джерело ресурсів, і протягом дуже тривалого часу її діяльність не завдавала помітного впливу на біосферу. Лише в кінці XX ст. зміни біосфери під впливом господарської діяльності привернули до себе увагу вчених. Прагнучи до покращення умов свого життя, людина постійно нарощує темпи матеріального виробництва, не думаючи про наслідки. При такому підході більша частина взятих від природи ресурсів повертається їй назад у вигляді відходів, досить часто не придатних для утилізації. Це створює загрозу існуванню біосфери і самої людини. Протягом останніх десятиріч у всьому світі постає питання про захист здоров'я та благополуччя людини від можливих негативних наслідків господарської діяльності як безпосередньо на виробництві, так і поблизу від джерел впливу.

З часом такі негативні наслідки почали набувати великих розмірів, створюючи широкомасштабну небезпеку для природного середовища, набули міжнародного характеру і досягли глобальних масштабів.

З метою обмеження негативних антропогенних впливів у багатьох країнах, в тому числі і в Україні, вживаються заходи у вигляді законів, постанов з охорони природи.

У умовах зростаючого антропогенного впливу на природу існуючий екологічний резерв біосфери повинен використовуватися ефективніше, мають бути науково визначені режими раціонального використання цього резерву, регулювання стану природного середовища, що повинно зберегти високу якість біосфери і здатність природи до самовідтворення. Повинні бути розроблені надійні методи збереження природного середовища від надмірних навантажень, методи профілактики елементів біосфери від згубного впливу.

В такій ситуації особливо важлива об'єктивна інформація про критичні фактори антропогенного впливу, про фактичний стан біосфери і прогнози її майбутнього стану.

Слід зазначити, що стан природного середовища, біосфери безперервно змінюється. Ці зміни відрізняються за характером, направленістю, величиною

та нерівномірно розподілені у просторі і часі. Природні зміни біосфери мають досить важливу особливість — вони, як правило, відбуваються навколо деякого середнього відносно постійного рівня. Наприклад, природний склад різних середовищ, кругообіг речовин у природі, глобальна біологічна продуктивність, великі екологічні системи. Середні значення можуть суттєво змінюватися лише протягом тривалих інтервалів часу (впродовж багатьох тисячоліть). Винятком є зміни, викликані стихійними лихами (виверженням вулканів, землетрусами, ураганами), хоч вони, як правило, мають локальний характер. В останнє десятиріччя ми є свідками збільшення аномальних погодних явищ. Все частіше говориться про те, що те чи інше атмосферне явище або атмосферні умови за місяць і навіть цілий сезон не відмічалися за весь час інструментальних спостережень або відмічалися дуже рідко (один випадок за століття), тобто перебиваються історичні максимуми.

Зовсім іншу особливість мають антропогенні зміни природного середовища, особливо помітніми і значними вони стали в останні роки.

Серед глобальних проблем біосфери, обумовлених антропогенним впливом, найбільш вагомою, яка потребує особливої уваги вчених, є проблема зміни клімату.

Таку пріоритетну увагу до цієї проблеми можна пояснити хоча б двома причинами. По-перше, навіть незначні зміни клімату можуть суттєво вплинути на господарську діяльність людини, перш за все на виробництво продовольства. По-друге, невеликі антропогенні зміни клімату, які будуть підсилювати природну мінливість клімату, можуть призвести до порушення стабільності клімату і перерости в катастрофічні зміни, до яких ні людина, ні екосистеми не встигнуть адаптуватися.

Питанням, які пов'язані з впливом господарської діяльності на “здоров'я кліматичної системи” і збереження кліматичної рівноваги, досить довго уваги не приділялося. Вважалося, що кліматична система достатньо стійка. Але в середині XX ст. з'явилися теоретичні праці, які спробували звернути увагу на антропогенний вплив виробництва, яке швидко розвивалося, з його значними викидами в атмосферу ПГ, на загальний кліматоутворюючий фактор — надходження сонячного випромінювання до поверхні землі. І тільки окремі вчені звертали увагу на



можливе порушення радіаційного і теплового балансу системи “Земля — атмосфера” [4, 5, 6].

Громадськість також тривалий час не цікавилася цими проблемами, оскільки вони проявлялися непомітно для життєдіяльності людини. Проблема зміни клімату була і тепер залишається завуальованою флуктуаціями клімату різного масштабу, що постійно відбуваються у природному середовищі в цілому і в атмосфері зокрема. В атмосфері ці флуктуації пов'язані з переміщенням атмосферних фронтів, які несуть різкі перепади погоди. Такі перепади легше фіксуються приладами та аналізуються за допомогою карт, тоді як повільні тенденції змін клімату протягом коротких періодів часу, від декількох років до декількох десятиріч, виявити досить важко.

Сучасна наука досягла такого рівня знань у сфері історії формування клімату Землі і причин його змін, за якого сам факт глобальної зміни клімату практично доведений [53]. Залишається досі відкритим для дискусії питання міри антропогенного внеску у спостережувані кліматичні зміни.

Серед ряду антропогенних факторів, які впливають на кліматичну систему, одним із основних є вплив, що змінює фізичний і хімічний склад атмосфери, її радіаційні і електричні характеристики. Це зміни складу тропосфери, збільшення концентрації  $\text{CO}_2$  (в результаті спалювання органічного палива і лісових пожеж), зростання концентрації малих газових домішок, таких як окис азоту  $\text{NO}_x$ , фторфторвуглеців (фреонів), метану, озону, які утворюються внаслідок промислової і сільськогосподарської діяльності, домішок, що впливають на електричний стан атмосфери та її іонізацію (кріптон-85), а також появу великої кількості тропосферного аерозолі антропогенного походження [30].

Все перераховане впливає не тільки на стан кліматичної системи, але і на всі елементи біосфери, що призводять як до кліматичних змін, так і до найрізноманітніших екологічних (біологічних) наслідків, зміни характеру біогеоценозів, впливаючи на стан живих організмів і, що особливо важливо, — прямо чи опосередковано на здоров'я і добробут людей.

Не виключено, що при значному зростанні вмісту вуглекислого газу в атмосфері продуктивність рослин почне знижуватися. В результаті прискориться ріст вуглекислого газу в атмосфері, що призведе до ще більшого падіння біопродуктивності. Це буде зумовлювати подальше зростання його вмісту, а біосфера буде втрачати стійкість [24].

Таким чином, одна з головних глобальних загроз людству пов'язана з антропогенним вилученням продукції природної біоти і збільшенням вмісту вуглекислого газу в атмосфері в результаті спалювання викопного палива, зменшенням і погіршенням якості лісів. Це стосується і України, яка є лісодефіцитною країною. Слід відмітити, що територія України також

має значне власне антропогенне навантаження, яке проявляється у впливі на природне середовище, в тому числі на клімат [19]. Вплив регіонального антропогенного фактора на зміну клімату особливо помітно на змінах ландшафтів України.

Постає питання збереження самої людини, її звичних умов життєдіяльності та покращення якості життя. Зміна клімату України — це результат взаємодії глобальних змін на Земній кулі та змін під впливом антропогенних чинників безпосередньо на території України. Яскравим прикладом є прояви глобального потепління у великих містах, де формується локальний “острів тепла”. Ефект глобального потепління буде підсилювати температурний режим у містах, створюючи небезпечні умови життєдіяльності для жителів міст. Із подальшим потеплінням цей вплив може ускладнюватися.

Людство зрозуміло, що чим швидше буде відбуватися зміна клімату і відповідно зміни середовища в цілому (а адаптивні можливості генотипу людини дуже малі), тим не адекватніша буде якість життя людини.

Глобальні зміни клімату будуть ставити нові виклики перед нашою цивілізацією. При всьому різноманітті підходів до взаємодії суспільства та природи більшість вчених, які займаються цією проблемою зробили висновки, що людство своїми діями та вчинками наближається до екологічної катастрофи. Чи здатне людство з його нинішнім рівнем моралі та відповідальності протистояти екологічній катастрофі, обриси якої вже проступають? Як адаптується сучасний органічний світ до цих змін? Як позначатися нові погодні умови на ефективності ведення сільського господарства в різних регіонах планети та в Україні? Як мінімізувати наслідки кліматичних метаморфоз? Чи зможе саме високий рівень суспільства не дозволити штучно використовувати клімат (геофізичні війни, геофізичну зброю)? Над цими питаннями людство повинно задуматися уже зараз.

Саме від освіченості, духовності соціуму буде залежати його діяльність, наскільки будуть ефективні та масштабні природні і штучні процеси компенсації антропогенного впливу на біосферу, здійсненні людською спільнотою.

Нами зроблена спроба частково відповісти на поставлені питання, вказавши на можливі шляхи та засоби їх вирішення.

**Об'єкт дослідження** — клімат, біосфера, соціум.

**Предмет дослідження** — взаємний вплив змін клімату, біосфери, соціуму.

**Мета дослідження** — розробка рекомендацій з мінімізації соціонегативних наслідків, пов'язаних зі змінами клімату.

Досягнення мети передбачає розв'язання таких завдань:

- визначення кількісних характеристик параметрів змін клімату, біосфери і соціуму;

- визначення методики та розрахунку змін клімату та соціоприродного розвитку;
- побудова моделі: клімат — біосфера — соціум;
- збір статистичних даних;
- розрахунки індикаторів соціоприродного розвитку України;
- аналіз отриманих результатів і розробка рекомендацій щодо мінімізації соціонегативних наслідків змін клімату в Україні.

Для оцінки стану людського суспільства (соціуму) можна використовувати знання науки ергодинаміки. З допомогою теоретичних основ та методів розрахунків ергодинамічних показників можна не

тільки визначати вплив стану біоти на стан соціуму, але й зворотній зв'язок між соціумом та природним середовищем. Можна визначити тенденції цього впливу та винайти підходи до мінімізації деструктивної складової цього впливу [8, 9].

Робота виконана колективом Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, який має досвід у вивченні просторово-часових закономірностей і результатів взаємодії процесів різного походження (природних, соціальних, техногенних), використанні сучасних космічних технологій, зокрема для оцінки балансу ПГ досвід з проблеми оцінки змін клімату.

#### 6.4. Сучасний вплив людини на біосферу

Глобальні зміни клімату як природного, так і антропогенного походження будуть ставити нові виклики перед сучасною цивілізацією. Як адаптується сучасний світ до цих змін, і чи зможе встояти сучасна цивілізація перед цими змінами? Як позначатимуться нові кліматичні умови на ефективності забезпечення людства їжею, питною водою та енергоресурсами, а також ведення сільського господарства в різних регіонах планети, зокрема в Україні? Як мінімізувати наслідки негативних кліматичних метаморфоз?

Проаналізуємо основні фактори впливу на стан навколишнього середовища та клімат, які наведені в роботах [12, 14, 15, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 34–38, 46, 47].

**Чисельність населення.** Сьогодні на Землі станом на 2013 р. проживає понад 7 млрд людей, 80% з них у країнах, на частку яких і припадає більша частина приросту населення [39]. Стрімкий ріст населення земної кулі призводить до загострення протиріччя між виробництвом і споживанням. XX ст. стало періодом найшвидшого росту населення Землі. Прирости населення за кожні 10 років періоду 1960–2000 рр. давали майже стільки нових жителів Землі скільки дало все XIX ст. Разом з тим видно, що вже пройдений пік приросту, і після 1990 р. почалося поступове зниження темпів росту, а за останнє десятиріччя XX ст. зменшився загальний приріст населення.

За прогнозами ООН, чисельність населення у світі до 2050 р. досягне 8,9 млрд. Майже скрізь різко впала народжуваність. З початку XXI ст. середня у світі тривалість життя зросла до 66 років (в промислово розвинутих — 75; в країнах, що розвиваються, — 64; в Україні — 68,2). Як правило, тривалість життя залежить від рівня доходів. Наслідок її росту — старіння населення: до 2050 р. у чисельності населення частка людей старше 60 років стане 21%, поки що — 9%, а в деяких розвинутих країнах — понад 40% [42].

Чисельність населення в Україні станом на 1 січня 2013 р. скоротилася до 45 млн 547,8 тис. осіб [43]. За

прогнозами ООН, при збереженні існуючої динаміки скорочення населення до 2030 р. кількість жителів України зменшиться до 39 млн. Як відмічалося в доповіді демографічного звіту ООН, в Україні найнижчий у світі природний приріст населення. Процес демографічних змін у бік зменшення на даний час в Україні відбувається, зокрема, і через соціально-політичний фактор [41].

Динамізм навколишнього середовища і суспільства історично зумовив формування еволюційного механізму їх взаємодії — коєволюції, взаємної адаптації, узгодження швидкостей зміни середовища життя і самої людини. Чим швидше будуть відбуватися зміни клімату і середовища в цілому (а можливості генотипу людини малі), тим швидше будуть відрізнятися якість життя і потреби людей.

Наслідки змін клімату на життєдіяльність і здоров'я людей можна умовно поділити на прямі і непрямі. Прямими наслідками можна вважати катастрофічні природні аномалії.

Кількість катастрофічних природних аномалій на планеті (снігопадів, злив, повеней, посух, ураганів, землетрусів, цунамі тощо) впродовж останніх 50 років зросла щонайменше вчетверо. Їхній “уживок” — численні людські жертви і величезні матеріальні збитки. Хоча за ці роки в природоохоронні заходи, пов'язані з природними стихійними явищами, були вкладені сотні мільярдів доларів [54]. Не зважаючи на це, в глобальному масштабі продовжується деградація всіх природних систем життєзабезпечення. Великий рівень вразливості до наслідків цих катастроф і в Україні.

В результаті стихійних явищ виникають і непрямі наслідки.

Для аналізу впливу непрямих наслідків можна застосовувати логічну схему. Сама логічна схема відображає ланцюг причин і наслідків, ланками якого є кліматичні і погодні аномалії, екологічні та соціальні наслідки, що витікають один з одного і в кінцевому результаті призводять до порушення психічного і фізичного стану індивідуума. Прикладом

послідовного аналізу причин і довгострокових наслідків може бути 2007 р. як один із найаномальніших за змінами погодних умов, який показав уразливість від них сільського господарства України. Це не могло не вплинути на посилення соціальної напруги серед населення. Наочним використанням логічної схеми може бути аналіз причин і наслідків цієї засухи весняно-літнього періоду в зернових регіонах України. Її вплив на якість життя і, відповідно, на здоров'я людей видно з даних за наступні роки, коли через недостатню кормову базу знизилось поголів'я худоби, а далі відбувся дисбаланс білкової складової харчування, зниження імунітету, причому не тільки в людей хворих і літнього віку, але і в дітей [48]. Все це у разі частих і ранніх перепадів погодних умов, властивих сучасному клімату, знову ж таки при зниженому імунітеті викликає метеопатичні реакції (тобто властивість людського організму реагувати на вплив погодно-кліматичних умов) і, відповідно, збільшення частоти захворювань на вірусні інфекційні хвороби. Сезонність вірусних інфекційних захворювань дихальних шляхів в останні роки змістилась на місяць раніше. Слід відмітити, що негативним для існування людини в природному середовищі, в якому відбуваються стихійні явища, є ще фактор нестабільності суспільства, який загострює умови життєдіяльності людини і негативно змінює екологію середовища.

Прості розрахунки показують, що при збереженні аерозольного шару в стратосфері постійно протягом 10 років вплив термічної інерції на зниження температури значно зменшується, а для більш тривалих знижень прозорості атмосфери — стає незначним. Таким чином, серія із 10 вулканічних вибухових вивержень, більш або менш рівномірно розподілених протягом десятилітнього інтервалу часу, може спричинити глобальну кліматичну катастрофу. Аналогічна катастрофа виникає при окремому вибуховому виверженні, після якого в стратосфері розповсюджується аерозольний шар, на порядок величини більш щільний у порівнянні з аерозольними шарами, які з'явилися, наприклад при виверженні вулкану Кракатау [7].

Як бачимо, проблеми клімату набули доленосного значення для людини. Вони висувують на порядок денний низку актуальних питань, потребують корекції взаємодії людства і природи. Всі дії населення України, регіону, який завжди був промисловим і сільськогосподарським, потрібно узгоджувати з питаннями збереження унікального і поки що досить сприятливого для життєдіяльності людини природного середовища. Із всіх злободенних питань держави в цілому і для кожної людини, яка проживає на цій території, самим важливим є збереження екологічної складової. Поки що кліматичні показники температури повітря, опадів, частота стихійних явищ не виходять за межі комфортності середовища. Стихійні явища не є надзвичайними, за

ними просто потрібно слідкувати, і це дозволить мінімізувати їх наслідки.

**Джерела енергії.** Енергетика завжди спонукала прогрес у всьому — від створених робочих місць до економічної конкурентноздатності. Вона є потужним інтегруючим фактором — компонентом всіх галузей і знаходиться в центрі ключових інтересів всіх країн, так як є основою соціально-економічного розвитку. Сьогодні, як ніколи раніше, світовій спільноті необхідно забезпечити, щоб вигоди від сучасної енергетики були максимально чистими й ефективними; це потрібно і для рішення таких глобальних проблем, як стабільний розвиток і зміна клімату.

До цього часу світовий енергетичний комплекс спирався в основному на викопне органічне паливо. Наприкінці ХХ ст. все ще спостерігався невеликий ріст споживання нафти (0.8% в рік), вугілля (на 2.5%). На 7% менше викопного палива стали споживати в Китаї (ця держава основний споживач) [11]. Оскільки ТЕС — традиційні забруднювачі атмосфери, і значною мірою саме вони відповідають за глобальне потепління, то схоже на те, що використання екологічно небезпечних видів палива йде на спад.

Стабільним залишається ринок природного газу — його споживання зросло наприкінці ХХ ст. на 1.6% [17]. Але, на жаль, не завжди газ у трубопроводах поступає якісний. Вміст домішок різного походження викликає екологічні наслідки для навколишнього природного середовища і має негативний вплив на здоров'я людини.

Менший спад інтересу проявляється до атомної енергетики. Більшість прихильників атомної енергетики переконані, що АЕС є найбільшою вдалою альтернативою ТЕС. Є думка, що розширення мережі та нарощування потужностей атомних електростанцій вирішить проблему глобального потепління, оскільки АЕС практично не викидають в атмосферу двоокису вуглецю. Хоч відомо, що функціонування атомних реакторів супроводжується викидом у довкілля великої кількості тепла і водяної пари, що є менш потужними чинниками парникового ефекту [18]. Перспективи розвитку атомної енергетики залишаються предметом гострих дискусій, так як породжують низку інших екологічно важких наслідків, пов'язаних з Чорнобильською катастрофою.

Велику зацікавленість викликають темпи розвитку вітрової і сонячної енергетики, хоча їх внеску світовий енергетичний баланс досить незначний, так само як і в Україні. На сьогодні триває масове створення вітроенергетичних установок, потужність яких зросла на 2100 Мвт [17, 18]. Їх виробництво інтенсивно розвивається, зокрема в таких європейських країнах, як Німеччина, Іспанія, Данія. На жаль, все ще недостатньо використовується і сонячна енергія, її сумарна потужність у світі збільшилася з 0.1 до 152 Вт [17, 18].

Слід наголосити, що збалансована енергетика



дозволить стабілізувати зміни клімату на рівні підвищення глобальної температури не більше ніж 2°C [7].

**Ресурси біосфери.** Природне середовище — джерело їжі і відновлення природних ресурсів, а сільськогосподарські землі — головні постачальники продуктів харчування. Тим вагоміший факт, що сьогодні на перший план виходить турбота і захист екологічної рівноваги біосфери.

**Сільське господарство.** Серед галузей господарства одним з чутливих до змін клімату є сільське господарство. Сільське господарство значною мірою визначає добробут населення в світі і, зокрема, в нашій країні. Тенденція до потепління клімату не може не вплинути на ведення сільського господарства. Найчастіше позитивні аномалії температури в Україні супроводжуються недостатньою кількістю опадів.

Україна є регіоном, де існують сприятливі умови для вирощування багатьох сільськогосподарських культур. Це забезпечується сприятливим балансом тепла і вологи на більшій частині території держави. Разом з тим значна частина України (Степова зона) характеризується недостатньою для богарного землеробства кількістю опадів. Це зумовлює існування територій ризикованого землеробства у межах України. Тому навіть незначна зміна клімату може призвести до погіршення агрокліматичних умов.

На сьогодні Україна має потенційну можливість бути державою-виробником зерна і досить потужним постачальником зерна в світі серед країн, які належать до першої п'ятірки таких постачальників. Але слід зазначити, що за останні роки площа під зерновими культурами зменшилась, на душу населення припадає 0.12 орних земель. Зернові займають приблизно половину орних земель, які забезпечують більше споживаних людиною калорій і білків, а також кормів для тваринництва і птахівництва [44].

Можлива зміна клімату може впливати на сільське господарство України (через виникнення посух). При цьому існують побоювання щодо низького ступеня готовності до цих змін. Не враховуються існуючі негативні екологічні і соціальні тенденції на селі, накладання яких на тенденцію змін клімату може погіршити ведення сільського господарства в Україні у найближчому майбутньому. Хоча в арсеналі боротьби з глобальним потеплінням чільне місце має належати удосконаленню агротехнологій, пошуку та селекції високоврожайних сортів сільськогосподарських культур, які вирізняються значними коефіцієнтами засвоєння сонячної енергії та вуглекислоти. Сучасна наукова думка працює над розробкою новітніх агротехнологій, спрямованих на поповнення ґрунтів гуміновими сполуками. Це не тільки вирішить проблему підвищення їхньої родючості, а й сприятиме надійному депонуванню в них надлишкового вуглецю.

## **Виробництво ділової деревини, паперу.**

Особливого значення для підтримання стабільності у довкіллі набула охорона лісових насаджень. Ліси відіграють важливу роль у кліматичній системі — це основний накопичувач окису вуглецю. Вони досить повільно адаптуються до змін кліматичних умов [32].

За даними державного обліку лісів станом на 2000 р., площа земель лісового фонду в Україні становила 10.8 млн га, з них укритих лісовою рослинністю земель (у загальній площі території країни) — 15.6%. Цей показник нижчий, ніж у багатьох країнах Європи. До того ж він значно варіює по території України. За площею лісів, лісистістю території та запасами деревини Україну можна обґрунтовано вважати лісодефіцитною країною [32].

Дуже важливим є збереження і примноження плантацій лісу, внесок яких в баланс вуглецю нині оцінюється у  $25 \cdot 10^9$  т/рік [54]. Особливу перспективу щодо утилізації надлишку вуглекислоти атмосфери мають ліси Північної півкулі планети, тобто Євразії і Канади, де акумульована у вигляді фітомаси значна частина вуглецю біосфери. Отже, розширюючи площі лісових насаджень, ми зв'яжемо дедалі більшу кількість вуглецю у вигляді ділової деревини, листового опаду, гумусу тощо. І це при тому, що ліс водночас виконує й інші неоціненні біосферні функції регуляції мікро- і макроклімату, гідротермічного режиму, утилізації забруднень, поповнення атмосфери киснем та забезпечення умов для розвитку видів флори і фауни [54].

**Економічний розвиток.** Загальний показник світової економіки — валовий глобальний продукт (ВГП), який складається з валових національних продуктів (ВНП). Поки що ВГП хоча повільно, але зростає.

Для багатьох країн однією з найважливіших проблем економіки стала проблема обслуговування зовнішнього боргу. У нього входять комерційні кредити (52%), позичені у інших держав (31%) і міжнародних організацій — Всесвітнього Банку (ВБ) та Міжнародного Валютного Фонду (МВФ), на частку яких припадає 17% [76].

За даними Міністерства фінансів України зовнішній державний і гарантований державою борг України в 2013 р. становить 38.765 млрд доларів США [76]. Враховуючи ситуацію, яка відбувається сьогодні в країні, цей борг зростає.

**Природне середовище.** Всі показники навантаження на природне середовище збільшилися вдвічі за останні 20–30 років, і це не може не позначитися на екології в цілому, в тому числі кліматі. Що стосується парникового ефекту, то частіше розглядається не стільки науковий аспект і наслідки для природи, скільки неготовність міжнародної спільноти вживати заходи щодо зменшенню викидів ПГ, небажання або неможливості змін промислових технологій. Безумовно, зміни технологій для зменшення викидів потребують великих економічних

витрат. Недовіра до впливу парникового ефекту на потепління клімату, можливо, зумовлена небажанням удосконалення технологій зменшення викидів, зокрема, промислово-військовим комплексом таких держав, як Росія, Китай, Індія та ін.

**Суспільство і природа.** Інтенсивна господарська діяльність людини викликає широкомасштабні, навіть глобальні, геофізичні й екологічні зміни на планеті; по суті у сферу антропогенного впливу підпадає вся біосфера.

Впливи, які призводять до довготривалих масштабних негативних геофізичних і екологічних змін у біосфері, можна розглядати як стресові впливи. Серед природних процесів це, наприклад, сильне виверження вулканів, тощо.

Існує безліч різних навмисних впливів на атмосферу і клімат. Так, у випадку ядерної війни, війни із застосуванням зброї масового знищення вплив на багато порядків вище; в цьому випадку постане питання про збереження біосфери в її існуючих формах, генетичному переродженні, виживанні всього живого на Землі, руйнуванні кліматичної системи.

Інформацію про глобальні ефекти антропогенних впливів, а також підходи до визначення таких впливів можна використовувати і для оцінок наслідків при стресових, екстремальних впливах, в тому числі в результаті ядерної війни.

Одним з методів навмисного впливу на погоду і клімат є розробка геофізичної зброї — це перспективна зброя масового ураження; сукупність різних засобів, які дозволяють використовувати у військових цілях руйнівні дії неживої природи шляхом штучного виклику змін фізичних властивостей і процесів, які виникають в атмосфері, гідросфері і літосфері Землі [26, 28].

Розробка методів ведення геофізичної війни має довготривалу історію. Руйнівна дія багатьох природних процесів базується на їх потужній енергії. Сьогодні реально викликати зміни, що призведуть до активної дії на геофізичні процеси, які передбачають здійснення в сейсмонебезпечних районах штучних землетрусів, ураганів, вогненних бур, гірських обвалів, снігових лавин, оповзнів, потужних приливних хвиль типу цунамі та ін. Діючи на процеси в нижніх шарах атмосфери, можна викликати або попередити проливні дощі, град, тумани. Утворюючи затори на річках і каналах викликають повені, затоплення. Всі ці дії людини мають поки що локальний характер. Вивчається можливість зміни температури повітря шляхом розпилення речовин, які поглинають енергію Сонця, зменшуючи кількість опадів. Зруйнування шару озону в атмосфері дає можливість спрямувати в райони, зайняті противником, космічні промені та ультрафіолетове випромінювання сонця. Для дії на природні процеси можуть використовуватись хімічні речовини: йодисте срібло, карболіт, тверда вуглекислота, вугільний порошок, сполуки бром, фтору, навіть цемент та борошно. Сухий лід знижує тем-

пературу, при низькій температурі швидко відбувається перенасичення повітря та інтенсивна конденсація вологи. Інші названі реагенти можуть слугувати ядрами конденсації, навколо яких утворюються краплини води; останні можуть досягати критичні маси і випадати у вигляді опадів. Величина концентрації реагенту може викликати опади або припинити їх випадання.

Гравітаційні аномалії збігаються з розломними зонами в земній корі. Теоретично можна зробити припущення їх можливого впливу на переміщення баричних утворень в атмосфері. Що стосується впливу внутрішнього тепла Землі на атмосферні процеси, то воно здійснює мінімальний вплив. Основний внесок у формування загальної циркуляції атмосфери роблять сонячна радіація та особливості підстильної поверхні. Чим вища температура води в океані, тим інтенсивніше йде формування ураганів. Для цього температура води повинна перевищувати 27°C [54]. Глобальне потепління може викликати збільшення повторюваності сильних циклонів (ураганів), оскільки температура Світового океану за останнє десятиріччя збільшилась. На сьогодні немає таких енергетичних можливостей, щоб за допомогою них створити в океані настільки потужні додатні аномалії температури, які могли б змінити типові існуючі шляхи циклонів.

Всі перераховані вище навмисні впливи на атмосферу мають поки що локальний характер. Для формування глобальних і регіональних змін в атмосфері потрібно мати дуже великі енергетичні можливості. Наприклад, потужність одного циклону еквівалентна потужності сотні ядерних зарядів. Але є й такі способи впливу, які не потребують великих затрат енергії. Якщо система вразлива, то досить вплинути в точку її вразливості. Це називається ефектом “спускового гачка”, або тригерним ефектом [26]. Такий початковий поштовх за енергетичними затратами відповідає сучасним технічним можливостям людини, але потрібно чітко знати куди, коли і як застосовувати необхідні зусилля.

Ідея створення геофізичної зброї існувала давно. На сьогодні ряд країн (Росія, США, Великобританія, Франція, Китай, Північна Корея) ведуть подібні дослідження.

Але слід зазначити, що дуже важливо не тільки знайти точку нестабільності системи, але й передбачити, як в подальшому буде розвиватися процес. Для здійснення впливу на синоптичні об’єкти розмірами в сотні й тисячі кілометрів, якими є циклони, антициклони і атмосферні фронти, що визначають погоду в період часу від десятків годин до декількох діб, цей вплив непередбачуваний і негарантований в силу неточності прогнозу наслідків цього впливу. Наприклад, в купчасто-дощовій хмарі середніх розмірів (діаметром кілька кілометрів) міститься енергія, яку можна порівняти з енергією декількох ядерних бомб скинутих на Хіросіму [26].

Завдання, як зосередити величезну кількість енергії, необхідної для зміни природного перебігу синоптичних процесів на величезній території, яку вони займають у короткий щодо їх існування проміжок часу, є найскладнішою з наукової точки зору проблемою, оскільки енергія, яка вводиться ззовні, повинна бути не менше, ніж та, якою володіє синоптичне утворення. Крім того, обов'язково необхідно передбачити можливість введення ззовні енергії; синоптичне утворення переміщується, незважаючи на будь-які державні кордони.

Але найголовніше — обов'язково потрібно мати можливість зупинити такі процеси. Поки що люди не навчились управляти процесом, до кінця не зрозуміла, що вмішуватись в такі процеси дуже небезпечно, так як наслідки будуть непередбачувані. Зараз досить гостро поставлене питання про включення навмисного впливу на погоду і клімат в перелік дій, заборонених для використання у військових цілях і таке питання повинно піддаватись міжнародному контролю.

Слід зазначити, що згідно з концепцією біотичної регуляції навколишнього середовища, стан навколишнього середовища (і значною мірою клімату) визначається замкнутістю глобального біохімічного кругообігу. Справжньою екологічною катастрофою може бути не потепління клімату, а порушення цієї замкнутості.

Свого часу видатний вітчизняний мислитель В. І. Вернадський уперше сформулював концепцію про людство, яке за масштабністю своєї діяльності

прирівнюється до геологічної сили. Проте, аналізуючи численні приклади взаємодії Людини і Природи, можна поставити під сумнів іншу добре “розкручену” концепцію вченого про ноосферу, згідно з якою людський розум спроможний розв'язати будь-які протиріччя, що виникають у взаєминах цивілізації і біосфери. Очевидно, В. Вернадський дещо переоцінив людину як соціального суб'єкта, адже, на превеликий жаль, вона виступає нині вирішальним дестабілізуючим чинником біосфери [10]. Рівень моральності і свідомості людства не відповідає тим глобальним викликам, які стоять перед ним.

Ми живемо у світі прискорених глобальних змін, коли координуючі в глобальних масштабах заходи з екологічної безпеки відстають від потреб соціально-економічного розвитку. З кожним днем стає все очевидніше, що практичні рішення надзвичайно складних проблем взаємодії суспільства з навколишнім середовищем повинні бути знайдені уже в XXI ст., оскільки в гіршому випадку цивілізація опиниться в смертельній небезпеці. Також є ще одне попередження: важливий вплив на вирішення проблем навколишнього середовища в XXI ст. можуть мати неочікувані події та наукові відкриття.

Лише за умови реалізації нової глобальної, регіональних та національних стратегій і програм енерговиробництва, енергоспоживання і природоохоронної роботи можлива стабілізація глобального потепління та підтримання гомеостазу нашої планети.

## 6.5. Оцінка і прогнозування взаємопов'язаних природно-антропогенних та соціально-економічних процесів, що зумовлені змінами клімату

Сьогодні у світі спостерігається зростання стихійних природних явищ, катастроф, техногенних аварій, пов'язаних з аномальними проявами погоди та змінами клімату. Однією із причин такого розвитку географічної оболонки Землі є регіональні екологічні кризи, які викликають дестабілізуючий вплив на розвиток Землі. В перспективі збитки від природних і природно-техногенних катастроф, викликані змінами клімату, будуть поглинати значну частку економічного росту, і за прогнозами деяких спеціалістів економічне зростання країн може призупинитися уже в першій половині XXI ст. [23, 16].

Таким чином, існує необхідність у вивченні закономірностей і результатів взаємодії процесів різного походження (природних, соціальних, техногенних, політичних та ін.). Такі процеси, ефекти і явища, що виникають як результат просторово-часової взаємодії природних, соціально-економічних, техногенних та інших процесів, являють собою якісно нові специфічні фе-

номени, які набувають своїх характерних властивостей, рис і параметрів. Це так звані комплексні процеси природно-техногенно-соціального походження. Виявлення, вивчення, а головне, прогнозування таких процесів на регіональному рівні повинно сприяти ефективній системі управління територіальними системами, екологічними ситуаціями і забезпечувати стабільний розвиток регіонів в умовах нового клімату.

Тому для отримання обґрунтованих результатів та комплексних прогнозів необхідно впроваджувати методи екоінформатики, які дозволяють вивчати систему “природа-суспільство” як єдине ціле, ґрунтуючись на комплексній глобальній моделі, що описує сукупність біогеохімічних, біогеоценотичних, кліматичних, демографічних і соціально-економічних процесів з їх прив'язкою до просторових масштабів і часових шкал [2].

Наше дослідження проводилося за такою структурною схемою (рис. 6.3).



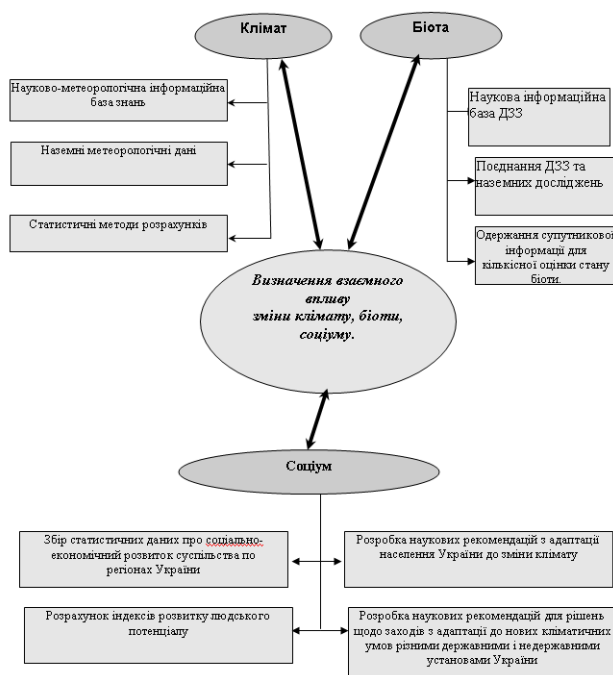


Рис.6.3. Графічна модель вивчення взаємного впливу зміни клімату, біоти, соціуму

### 6.5.1. Ергодинамічний зв'язок біосфери та соціуму (основні положення ергодинаміки)

Національне багатство будь-якої країни складається із фізичного та людського капіталу — з накопиченням матеріально-речовинного і людського фондів. В національне багатство слід також включати і природний капітал, який сконцентрований в природних ресурсах — як відновних (продукція сучасної біоти), так і невідновних. Відновну складову природного капіталу ми називаємо екокапіталом. Взаємодії людського капіталу і екокапіталу при прогресуючій зміні клімату можна дослідити за допомогою науки ергодинаміки. Можна не тільки прогнозувати зміни природних умов, але в кінцевому підсумку прогнозувати зв'язану з ними якість життя людей. Цього можна досягти, використовуючи запропоновані В. В. Бушуєвим, В. С. Голубєвим, О. М. Тарко [8] індикатори соціоприродного розвитку, оцінити які допоможуть і матеріали різночасових космічних зйомок [24]. До останнього часу головною метою розвитку країн вважалося економічне зростання, а основним показником розвиненості — валовий національний продукт (ВНП). В дійсності, рівень розвиненості країни визначається якістю життя, яка не може бути зведена тільки до одної економіки. Доступність освіти, здоров'я, незабруднене довкілля, безпека і т. п. — найважливіші умови повноцінного життя. Потрібно базуватися на природно науковому, еволюційному підході до опису стабільності і розвитку в Екосі (глобальній системі “людина — суспільство — при-

рода”). Тобто потрібно розуміти, що економіка не ціль, а всього лише засіб розвитку людини [22, 78].

ООН пропонує використовувати для характеристики якості життя безрозмірну величину — індекс розвитку людини *ІРЛ*, або (інша назва) індекс розвитку людського потенціалу *ІРЛП*. Величина *ІРЛП* обчислюється як середнє арифметичне трьох індексів: середня тривалість життя ( $\lambda_1$ ), рівень освіти ( $\lambda_2$ ) і *ВНП* ( $\lambda_3$ ). За цим індексом на першому місці знаходиться не найбагатша країна світу — США, а країни, де економіка більш орієнтована на людину, — Канада, Франція [13]. Використання *ІРЛП* замість *ВНП*, безсумнівно, велике досягнення. Разом з тим в індексі не враховані інші важливі характеристики якості життя: рівень народжуваності, соціальні витрати країн, стан навколишнього середовища та ін. Якість життя нерозривно пов'язана з якістю людини; характеристика останньої зовсім не зводиться лише до освіти і тривалості життя. І все ж таки такі індикатори будуть залишатися штучними фантомами, тому що в них буде відсутня фундаментальна основа — теорія якості життя.

Для цього В. В. Бушуєв, В. С. Голубєв, О. М. Тарко [8, 9, 13] пропонують розглядати *теорію екорозвитку*, де добре зарекомендовані “природні” індикатори розвитку і відображені їх рушійні сили.

**Енергія** — рушійна сила еволюції, її “мотор”. Без направлених потоків енергії не було б і прогресу. Ергодинаміка [9] встановлює і кількісно досліджує зв'язок критеріїв прогресу систем і сполучених процесів акумулювання енергії, які протікають в них, з потоками, які надходять в систему енергії.

**Прогрес** — тип розвитку, який відповідає за збільшення “запасу стабільності” систем, що еволюціонують, по відношенню до зовнішніх впливів, збільшення здатності систем самозберігатися при умовах середовища, що змінюється; у такий спосіб здійснювати велику роботу по компенсації зовнішніх впливів, накопичувати інформацію [13].

Важливою характеристикою динаміки розвитку системи, що еволюціонує є питома потужність спряженого процесу її функціонування, тобто робота, яка ним здійснюється за одиницю часу на одиницю об'єму (маси) системи. Спряженими називають такі два пов'язаних процеси, які відбуваються одночасно. Якщо один з них основний, може відбуватися у відсутності іншого (тобто сам собою); якщо інший сполучний, то відбувається лише при наявності основного процесу. В Екосі спряженим є процес відтворення фізичного, людського і природного (еко-)капіталу. В ергодинамічному трактуванні капітал — це відкладений “запас стабільності” системи, що характеризується акумульованою в ній вільною енергією (яка може бути перетворена в “корисну” роботу [9]). Кількість акумульованої в Екосі питомої вільної енергії (в розрахунку на одну людину) складається з енергії, акумульованої в фізичному, людському капіталі і екокапіталі, тобто в на-

копичених фондах — матеріально-речовинному і природному (екофонді).

Введемо і розглянемо синтетичний індекс розвитку (*CIP*).

В лінійному наближенні прийемо пропорційний наступні залежності: між *ВНП* (в розрізі окремих регіонів країни використовується *ВРП* — валовий регіональний продукт) і питомим енергоспоживанням *E*; між *ПСК* і *СВ*; між *ПВК* і *УВК*; між *ПДК* і *УДК*; між *ПЕК* і питомою продуктивністю природної біоти *P* (в тоннах вуглецю на одну людину в рік). Тоді отримаємо таке рівняння для *CIP*:

$$CIP = \alpha E + \beta (CB) + \gamma (ПДК) + \lambda (ПВК) + \eta P, \quad (6.11)$$

де *CIP* — синтетичний індекс розвитку, що включає в себе питома (в розрахунку на одну людину) виробництво капіталу: фізичного (*ВФК*) або (*ВНП* — валового національного продукту), людського (*ПЛК*) та екологічного (*ПЕК*),  $CIP = ВНП + ПЛК + ПЕК$ . Фізичний і людський капітал виробляється соціумом, а економічний — біотою. *E* — питома енергоспоживання; *СВ* — питомі соціальні витрати країни; *ПДК* — питома духовний капітал (придбаний людиною в процесі її життя); *ПВК* — питома життєвий капітал (“запас стійкості”, який людина має з народження); *P* — питома продуктивність природної біоти (тонн вуглецю на одну людину на рік) — цей показник та його зміна може визначатися для великих територій за допомогою методів ДЗЗ.  $\alpha, \beta, \gamma, \lambda, \eta$  — деякі коефіцієнти, умовно назвемо їх “коефіцієнтами розвитку”. В лінійному наближенні вони постійні, в квазілінійному — “повільно змінюються”. При цьому величина  $(1/\alpha)$  є ніщо інше, як енергоємність *ВНП* ( $\epsilon = 1/\alpha$ ). Вимірюються всі індикатори у дол./люд.рік.

Для того, щоб розвиток у системі “людина — природа” був стійким, необхідно залучити до нього негативні зворотні зв'язки. Це означає, зокрема, таке: ріст паливної енергетики випереджає збільшення темпів видобутку горючих копалин; ріст *ВНП* випереджує ріст енергетики; ріст соціальних витрат держави випереджає ріст *ВНП*; ріст виробництва людського капіталу випереджає ріст соціальних витрат; ріст продуктивності природної біоти випереджає ріст вилучення біопродуктивності людиною.

Прогресивний розвиток цієї системи, що відповідає критеріям стійкості (при якому задіяні розглянуті вище негативні зворотні зв'язки), станемо називати екорозвитком.

Перехід на екорозвиток, природно, можливий лише при задоволенні основних життєвих потреб людини — досягненні достатнього рівня *ВНП*. За такий реперний рівень можна прийняти *ВНП* Іспанії (близько 16 000 дол./люд. рік). Починаючи з цього рівня, середня тривалість життя (найголовніша характеристика якості життя) перестає залежати від подальшого росту *ВНП* [9].

Починаючи з 70-х років ХХ ст., енергоємність валового продукту в розвинених країнах почала зменшуватись, а внаслідок цього — і в світі [9]. У такий спосіб був задіяний зворотній зв'язок між економікою та енергетикою. Отже, загалом цей факт можна розглядати як перший крок людства на шляху до екорозвитку.

### 6.5.2. Методика розрахунків індикаторів соціоприродного розвитку

Методика, запропонована [8, 9] для розрахунку *CIP*, враховує також інтелектуальну та духовну складові людського капіталу. Запропонована методика використовує наступні показники: *ВРП* — валовий регіональний продукт, *ПФК* — питома фізичний капітал; *ПЛК* — питома людський капітал; *ВЛК* — виробництво людського капіталу; *ВЕК* — питома виробництво екокапіталу. Поряд з *CIP* розглядається більш уживаний індекс соціогуманітарного розвитку, який характеризує рівень матеріально-соціально-гуманітарного розвитку без урахування *ВЕК*.

Наведемо рівняння для розрахунку *ПФК*:

$$ПФК = (ВРП) T, \quad (6.12)$$

де *ВРП* — валовий регіональний продукт; *T* — середня тривалість життя в регіоні.

Припустимо, що *ПЛК* регіону пропорційний сумі індексів тривалості життя та освіти ( $\lambda_1 + \lambda_2$ ), а *ПФ* — індексу доходів  $\lambda_3$ . А для відношення  $\frac{ПДК}{ПФК}$  напишемо:

$$\frac{ПДК}{ПФК} = v, v = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)}{\lambda_3}. \quad (6.13)$$

На основі (6.12) і (6.13) отримуємо наступну розрахункову залежність для *ПЛК*:

$$ПЛК = v (ВРП) T. \quad (6.14)$$

Виробництво людського капіталу (*ПЛК*) визначається питомою народжуваністю (*L*) і очікуваним значенням *ПЛК* при народженні. Тоді маємо наступну формулу для розрахунку *ПЛК*:

$$ПЛК = L v (ВРП) T. \quad (6.15)$$

Питома виробництво екокапіталу (*ВЕК*) (дол./люд. рік) розраховуємо наступним чином. Припустимо, що індекс *ВЕК* пропорційний питомій продуктивності *P* біоти регіону (*m* вуглецю/люд.рік):

$$ВЕК = \alpha \cdot P, \quad (6.16)$$

де  $\alpha$  — вартість одиниці маси біоти (в основному це рослини) в регіоні (дол./т вуглецю).

Реальну вартість біоти вважаємо не однаковою для всіх регіонів, а пропорційну щільності населення  $r$  у регіонах, тобто:

$$\alpha = \alpha_0, \alpha_0 = \text{const.} \quad (6.17)$$

*Чим більша щільність населення, тим привабливіший регіон проживання, тим об'єктивно цінніше природне середовище цього регіону. А узагальненою характеристикою якості природного середовища є питома продуктивність біоти.*

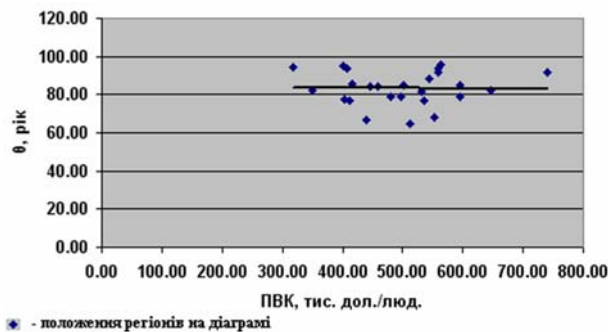


Рис. 6.4. Діаграма щільності населення по регіонах України та питомої продуктивності природної (доантропогенної) біоти

На рис. 6.4 видно залежність між щільністю населення і продуктивністю природної (доантропогенної) біоти. Винятком є декілька областей, зокрема Донецька область, де на більшу кількість населення припадає менша кількість біоти, тобто біота стає дорожчою, а втрата її невеликої частини може призвести до значного дисбалансу системи “соціум — біота”.

За формулами (6.16) і (6.17) знаходимо

$$BEK = \alpha_0 \cdot P_s, P_s = rP. \quad (6.18)$$

Слід зазначити, що  $P_s$  — продуктивність біоти регіону в розрахунку на одиницю площі ( $m$  вуглецю/ $км^2$ ). Коефіцієнт визначається нормуванням індексів  $BEK$  і  $BPII$ . Робимо припущення, що рівноцінно мати для регіонів як максимальне значення  $BEK$ , так і  $BPII$ , або:

$$(BPII)_{\max} = \alpha_0 P_{s \max} \quad (6.19)$$

з чого випливає формула для  $\alpha_0$ :

$$\alpha_0 = \frac{(BPII)_{\max}}{P_{s \max}}. \quad (6.20)$$

На основі (6.12), (6.14) і (6.19) отримуємо кінцеву формулу для розрахунків  $CIP$ :

$$CIP = BPII + Lv(BPII)T + \frac{(BPII)_{\max}}{P_{s \max}}. \quad (6.21)$$

Індекс соціогуманітарного розвитку ( $CIP$ ) отримуємо так:

$$CIP = BPII + Lv(BPII)T. \quad (6.22)$$

Розрахунки індексів  $ВЛК$ ,  $ВЕК$ ,  $СІГ$ ,  $СІР$  за формулами (6.15), (6.18), (6.20), (6.21), (6.22) проводилися для всіх адміністративних областей України за 12 років (2000–2012 рр.).  $BPII$  брався за даними Держстату України, з урахуванням паритету купівельної спроможності ( $ПКС$ ) [45]. Параметри  $L$  і  $T$  взяті із статистичних даних [45]. Продуктивність біоти регіонів  $P_s$  знаходилась з допомогою математичної моделі біохімічного циклу вуглецю. Розрахунки проведені кандидатом геологічних наук Д. М. Мовчаном на основі моделі біопродуктивності MOD17 [59, 73].

### 6.5.3. Результати розрахунку соціоприродного розвитку регіонів України

Для розрахунку соціоприродних індексів створено програмне забезпечення з використанням середовища програмування Delphi 7 та авторських засобів управління базами даних (СУБД) кандидатом технічних наук С. Б. Єлістратовим.

Копію екрану головного режиму програми наведено на рис. 6.5.

Розрахунки проведені за період 2000–2012 рр. Для прикладу в таблиці 6.1 наведено результати розрахунків індикаторів розвитку українських регіонів за 2012 рік. Аналіз отриманих даних показує, що індекс  $CIP$  змінюється в діапазоні від 1.28 до 15.32. Найбільш розвинутим регіоном з індексом  $CIP$ , більшим ніж у середньому по інших регіонах, є Дніпропетровська область. Аутсайдер — Луганська область.

Врахування у розрахунках природного фактора  $ВЕК$  показує, що найбільший індекс  $CIP$  за 13 років у Закарпатській, Волинській, Івано-Франківській, Житомирській областях. Найменший — у Луганській, Донецькій та Херсонській областях. Значення  $CIP$  з 2000 по 2004 р. відрізняються від подальших років у зв'язку з вхідними даними народжуваності за перші роки.

Дані розрахунків відображають помірно сприятливі умови в більшості адміністративних областей України. Відносно твердження авторів [8] про те, що чим більша щільність населення, тим привабливіший регіон для проживання і цінніше природне середовище цього регіону, можна зробити висновок, що для України це не відповідає дійсності. Наведемо два приклади. Візьмемо Закарпатську і Донецьку області. Щільність населення в Донецькій області приблизно в 2 рази більша за щільність населення в Закарпатській області, а індекси  $CIP$  та  $СІГ$  свідчать про значно більшу



Помісячні дані по регіонах

Рік 2012 Місяць Рік Країна Україна Перегляд

| Регіон            | Чисельність населення, тис. | Валовий регіональний продукт, тис. грн. | Продуктивність біоти, кг С/м <sup>2</sup> | Середня тривалість життя | Питома народженість на 1000 чол. | Індекс тривалості життя | Частка освіченого дорослого населення у % | Індекс освіти дорослого населення | Сукупна частка учнів у % | Індекс сукупної частки учнів | Індекс освіти | Індекс скоригованого реального ВВП | Питома й фізичний капітал, тис. USD/моделю | Питома й людський капітал, тис. USD/моделю | Виробництво підоскокого капіталу, тис. USD/моделю/рік | Питома виробництво екокапіталу, тис. USD/моделю/рік | Синтетичний індекс розвитку | Індекс соціального розвитку |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------|------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Вінницька         | 1634.2                      | 14330                                   | 0.8                                       | 72                       | 11.2                             | 0.78                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.4                                | 78.92                                      | 337.51                                     | 3.78                                                  | 16.53                                               | 21.41                       | 4.88                        |
| Волинська         | 1038.6                      | 13920                                   | 0.93                                      | 71.4                     | 14.8                             | 0.77                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.47                               | 119.62                                     | 432.83                                     | 6.41                                                  | 19.23                                               | 27.31                       | 8.08                        |
| Дніпропетровська  | 3320.3                      | 34710                                   | 0.53                                      | 69.7                     | 11.2                             | 0.74                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.43                               | 91.08                                      | 353.87                                     | 3.96                                                  | 11.02                                               | 16.29                       | 5.27                        |
| Донецька          | 4580.6                      | 28990                                   | 0.61                                      | 69.7                     | 9.8                              | 0.74                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.35                               | 55.14                                      | 263.2                                      | 2.58                                                  | 12.69                                               | 16.06                       | 3.37                        |
| Житомирська       | 1273.2                      | 14620                                   | 0.93                                      | 69.7                     | 12.2                             | 0.74                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.44                               | 100.04                                     | 379.87                                     | 4.63                                                  | 19.17                                               | 25.24                       | 6.07                        |
| Закарпатська      | 1250.7                      | 12280                                   | 1.23                                      | 71                       | 15.1                             | 0.77                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.42                               | 87.14                                      | 352.84                                     | 5.33                                                  | 25.54                                               | 32.1                        | 6.56                        |
| Запорізька        | 1791.7                      | 23660                                   | 0.53                                      | 71.4                     | 10.6                             | 0.77                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.47                               | 117.86                                     | 426.46                                     | 4.52                                                  | 11.02                                               | 17.19                       | 6.17                        |
| Івано-Франківська | 1380.1                      | 14810                                   | 1.18                                      | 73.4                     | 12.4                             | 0.81                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.43                               | 98.46                                      | 398.56                                     | 4.94                                                  | 24.35                                               | 30.63                       | 6.28                        |
| Київська          | 1719.5                      | 26140                                   | 0.85                                      | 70.3                     | 12.2                             | 0.76                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.49                               | 133.59                                     | 460.93                                     | 5.62                                                  | 17.64                                               | 25.16                       | 7.52                        |
| Кіровоградська    | 1002.4                      | 15530                                   | 0.61                                      | 69.6                     | 11                               | 0.74                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.49                               | 134.79                                     | 459.56                                     | 5.06                                                  | 12.53                                               | 19.52                       | 6.99                        |
| Луганська         | 2272.7                      | 19790                                   | 0.59                                      | 70.4                     | 9.6                              | 0.76                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.4                                | 76.63                                      | 323.88                                     | 3.11                                                  | 12.21                                               | 16.41                       | 4.2                         |
| Львівська         | 2540.9                      | 16350                                   | 1.04                                      | 73.2                     | 11.9                             | 0.8                     | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.35                               | 58.88                                      | 291.14                                     | 3.46                                                  | 21.53                                               | 25.8                        | 4.27                        |
| Миколаївська      | 1178.2                      | 20280                                   | 0.5                                       | 70                       | 11.5                             | 0.75                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.51                               | 150.61                                     | 496.33                                     | 5.71                                                  | 10.34                                               | 18.2                        | 7.86                        |
| Одеська           | 2388.3                      | 22540                                   | 0.61                                      | 69                       | 12.7                             | 0.73                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.41                               | 81.4                                       | 329.7                                      | 4.19                                                  | 12.69                                               | 18.06                       | 5.37                        |
| Полтавська        | 1477.2                      | 29650                                   | 0.71                                      | 71.2                     | 9.9                              | 0.77                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.54                               | 178.64                                     | 562.6                                      | 5.57                                                  | 14.67                                               | 22.75                       | 8.08                        |
| Рівненська        | 1154.3                      | 13790                                   | 0.94                                      | 71.5                     | 15.9                             | 0.78                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.45                               | 106.77                                     | 405.9                                      | 6.45                                                  | 19.38                                               | 27.33                       | 7.95                        |
| Сумська           | 1152.3                      | 15710                                   | 0.81                                      | 71.1                     | 9.7                              | 0.77                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.47                               | 121.17                                     | 438.44                                     | 4.25                                                  | 16.81                                               | 22.77                       | 5.96                        |
| Тернопільська     | 1080.4                      | 11710                                   | 0.85                                      | 73.4                     | 11.3                             | 0.81                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.43                               | 99.44                                      | 402.56                                     | 4.55                                                  | 17.57                                               | 23.47                       | 5.9                         |
| Харківська        | 2742.2                      | 23640                                   | 0.65                                      | 71.7                     | 9.9                              | 0.78                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.4                                | 77.26                                      | 330.43                                     | 3.27                                                  | 13.39                                               | 17.74                       | 4.35                        |
| Херсонська        | 1083.4                      | 14350                                   | 0.48                                      | 70                       | 11.7                             | 0.75                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.47                               | 115.9                                      | 414.43                                     | 4.85                                                  | 9.83                                                | 16.33                       | 6.5                         |
| Хмельницька       | 1320.2                      | 13600                                   | 0.86                                      | 71.6                     | 11.3                             | 0.78                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.43                               | 92.2                                       | 366.79                                     | 4.14                                                  | 17.83                                               | 23.26                       | 5.43                        |
| Черкаська         | 1277.3                      | 17330                                   | 0.77                                      | 71.3                     | 10                               | 0.77                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.47                               | 120.92                                     | 437.55                                     | 4.38                                                  | 16.01                                               | 22.08                       | 6.07                        |
| Чернівецька       | 905.3                       | 10940                                   | 0.95                                      | 73.1                     | 12.8                             | 0.8                     | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.45                               | 110.42                                     | 424.67                                     | 5.44                                                  | 19.72                                               | 26.67                       | 6.95                        |
| Чернігівська      | 1088.5                      | 15410                                   | 0.9                                       | 70.3                     | 9.4                              | 0.76                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.48                               | 124.41                                     | 438.18                                     | 4.12                                                  | 18.6                                                | 24.49                       | 5.89                        |
| Автономна республ | 1963                        | 16510                                   | 0.71                                      | 71.4                     | 12.6                             | 0.77                    | 99.6                                      | 1                                 | 80                       | 0.8                          | 0.93          | 0.39                               | 75.06                                      | 327.33                                     | 4.12                                                  | 14.68                                               | 19.86                       | 5.18                        |

F7 - пошук F8 - продовжити пошук Ctrl+P - Excel 25

Додати Видалити Розрахувати індекси Редагувати ДРУК Вийти

Рис. 6.5. Копія екрану головного режиму програми

Таблиця 6.1

Індикатори розвитку українських регіонів за 2012 р.

| Адміністративний регіон   | ВРП, тис. грн/люд. в рік | ПФК тис. дол./люд. в рік | ВЛК, тис. дол./люд. в рік | ВЕК, тис. дол./люд. в рік | СІГ, тис. дол./люд. в рік | СР, тис. дол./люд. в рік | Місце за СІР |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------|
| Вінницька                 | 14 330.00                | 78.92                    | 3.78                      | 16.53                     | 4.88                      | 21.41                    | 15           |
| Волинська                 | 13 920.00                | 119.62                   | 6.41                      | 19.23                     | 8.08                      | 27.31                    | 4            |
| Дніпропетровська          | 34 710.00                | 91.08                    | 3.96                      | 11.02                     | 5.27                      | 16.29                    | 24           |
| Донецька                  | 28 990.00                | 55.14                    | 2.58                      | 12.69                     | 3.37                      | 16.06                    | 25           |
| Житомирська               | 14 620.00                | 100.04                   | 4.63                      | 19.17                     | 6.07                      | 25.24                    | 7            |
| Закарпатська              | 12 280.00                | 87.14                    | 5.33                      | 25.54                     | 6.56                      | 32.10                    | 1            |
| Запорізька                | 23 660.00                | 117.86                   | 4.52                      | 11.02                     | 6.17                      | 17.19                    | 21           |
| Івано-Франківська         | 14 810.00                | 98.46                    | 4.94                      | 24.35                     | 6.28                      | 30.63                    | 2            |
| Київська                  | 26 140.00                | 133.59                   | 5.62                      | 17.64                     | 7.52                      | 25.16                    | 8            |
| Кіровоградська            | 15 530.00                | 134.79                   | 5.06                      | 12.53                     | 6.99                      | 19.52                    | 17           |
| Луганська                 | 19 790.00                | 76.63                    | 3.11                      | 12.21                     | 4.20                      | 16.41                    | 22           |
| Львівська                 | 16 350.00                | 58.88                    | 3.46                      | 21.53                     | 4.27                      | 25.80                    | 6            |
| Миколаївська              | 20 280.00                | 150.61                   | 5.71                      | 10.34                     | 7.86                      | 18.20                    | 18           |
| Одеська                   | 22 540.00                | 81.40                    | 4.19                      | 12.69                     | 5.37                      | 18.06                    | 19           |
| Полтавська                | 29 650.00                | 178.64                   | 5.57                      | 14.67                     | 8.08                      | 22.75                    | 13           |
| Рівненська                | 13 790.00                | 106.77                   | 6.45                      | 19.38                     | 7.95                      | 27.33                    | 3            |
| Сумська                   | 15 710.00                | 121.17                   | 4.25                      | 16.81                     | 5.96                      | 22.77                    | 12           |
| Тернопільська             | 11 710.00                | 99.44                    | 4.55                      | 17.57                     | 5.90                      | 23.47                    | 10           |
| Харківська                | 23 640.00                | 77.26                    | 3.27                      | 13.39                     | 4.35                      | 17.74                    | 20           |
| Херсонська                | 14 350.00                | 115.90                   | 4.85                      | 9.83                      | 6.50                      | 16.33                    | 23           |
| Хмельницька               | 13 600.00                | 92.20                    | 4.14                      | 17.83                     | 5.43                      | 23.26                    | 11           |
| Черкаська                 | 17 330.00                | 120.92                   | 4.38                      | 16.01                     | 6.07                      | 22.08                    | 14           |
| Чернівецька               | 10 940.00                | 110.42                   | 5.44                      | 19.72                     | 6.95                      | 26.67                    | 5            |
| Чернігівська              | 15 410.00                | 124.41                   | 4.12                      | 18.60                     | 5.89                      | 24.49                    | 9            |
| Автономна Республіка Крим | 16 510.00                | 75.06                    | 4.12                      | 14.68                     | 5.18                      | 19.86                    | 16           |
| Україна                   | 460 590.00               | 2606.35                  | 114.44                    | 404.98                    | 151.15                    | 556.13                   |              |

привабливість життя в Закарпатській області. Інший приклад — Закарпатська та Луганська області. Вони приблизно однакові за щільністю населення, але знову ж таки більша привабливість проживання в Закарпатській області. Можливо, тут відіграє більшу роль біота.

Якщо проводити порівняння за величинами індексу *СИГ* з регіонами Росії, то Україна поки що дещо відстає економічно від Росії.

Слід також зазначити, що методика оцінки *СИГ* та *СІР*, запропонована в [8], дозволяє зробити макрооцінку стану соціуму та біоти в регіоні, але вона не свідчить про реальний фактичний стан кожного індивідууму в складі регіональної людської спільноти та доступ до біоти кожного індивідууму. Окрім того, в кожному регіоні населення не розподілено рівномірно по всій території. Є міста, є села, поля, ліси, ріки, озера та ін. Якщо умовно поділити всю наявну біоту регіону на все його населення, то в цілому (в середньому) можна оцінити вплив біоти на соціум регіону. Іншими словами, одні люди “дихають чистим повітрям”, а інші в урбанізованих містах з великою щільністю населення, бідною біотою, забрудненим повітрям “заробляють гроші”. А в середньому є і економіка, і біота.

#### 6.5.4. Безрозмірні індекси розвитку

Певним недоліком запропонованої вище методики є недостатнє теоретичне обґрунтування розрахунків абсолютних значень величин *ПІЛК*, *ПФК*, *ВЕК*. При цьому не вдається запобігти ряду не завжди очевидних допущень.

Цьому недоліку певною мірою можна запобігти, ввівши безрозмірний індекс типу *ІРЛП* (індекс розвитку людського потенціалу). Головний недолік цього індексу — штучність його конструкції, відсутність його теоретичного обґрунтування.

На основі ергодинамічного підходу можна розглянути теоретичне обґрунтування безрозмірних індексів розвитку.

Для величини *СІР* маємо:

$$CIP = ПФК + (BCK + BBK + BDK) + BEK = \\ BHP_{\max} I_1 + BCK_{\max} I_2 + BBK_{\max} I_3 + BDK_{\max} I_4 + BEK_{\max} I_5, \quad (6.23)$$

$$\text{де} \quad , \quad (6.24)$$

$$I_2 = \frac{BCK}{BCK_{\max}}, \quad (6.25)$$

$$I_3 = \frac{BBK}{BBK_{\max}}, \quad (6.26)$$

$$I_4 = \frac{BDK}{BDK_{\max}}, \quad (6.27)$$

$$I_5 = \frac{BEK}{BEK_{\max}}. \quad (6.28)$$

Тут *BCK*, *BBK* і *BDK* — складові *ВЛК*: соціальний, вітальний і духовний капітали; значок “max” відноситься до максимальних значень відповідних величин серед всіх суб’єктів, які досліджувались (регіони країни). Безрозмірні величини, які входять у формулу (6.23), умовно можна назвати так: *I*<sub>1</sub> — індекс доходів, *I*<sub>2</sub> — соціальний індекс, *I*<sub>3</sub> — вітальний індекс, *I*<sub>4</sub> — індекс духовності, *I*<sub>5</sub> — біотичний індекс.

Припустимо далі, що для суб’єктів, які досліджуються, однаково важливо мати як максимальне значення *ВРП*, так і максимальне значення виробництва всіх інших капіталів (соціального, вітального, духовного, екокапіталу), тобто:

$$BHP_{\max} \cdot BCK_{\max} = BBK_{\max} = BDK_{\max} = BEK_{\max} = BK_{\max}. \quad (6.29)$$

Наведемо безрозмірний синтетичний індекс розвитку *I*:

$$I = \frac{CIP}{5(BK)} = \frac{1}{5}(I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5). \quad (6.30)$$

При цьому окремі індекси в (6.30) обчислюються так. Індекс *I*<sub>1</sub> наводиться у формулі (6.24). Індекс *I*<sub>2</sub> визначається за формулою (6.25) і розраховується за допомогою рівняння:

$$I_2 = \frac{CB}{CB_{\max}}, \quad (6.31)$$

де *CB* — соціальні витрати держави, які включають у себе витрати на освіту, охорону здоров’я, соціальне забезпечення, соціальні виплати, житло і соціально-культурне обслуговування (згідно з даними ВБ [76]).

Рівняння (6.31) впливає з рівняння (6.25), якщо припустити, що виробництво соціального капіталу (*BCK*) пропорційно соціальним витратам держави [45].

Індекс *I*<sub>3</sub> у відповідності до раніше отриманими результатів [7] розраховується за формулою:

$$I_3 = \frac{LT}{LT_{\max}} = \frac{\Theta}{\Theta_{\max}}, \quad I_3 = \frac{LT}{LT_{\max}} = \frac{\Theta}{\Theta_{\max}} \quad (6.32)$$

де

$$\Theta = LT. \quad (6.33)$$

При цьому *L* — питома народжуваність (в розрахунку на одну людину, 1/рік); *T* — Середня тривалість життя (рік); *Θ* — життєвий потенціал [8].

Рівняння (6.32) витікає з (6.25), оскільки *BBK* пропорційно *Θ* [8].

Індекс *I*<sub>4</sub> розраховується таким чином. Можна

цілком обґрунтовано припустити, що головною ознакою духовного неблагополуччя соціуму є кількість суїцидів  $\sigma$  (в розрахунку на одну людину) [45]. Тоді величину виробництва духовного капіталу можна прийняти обернено пропорційною  $\sigma$ :

$$ВДК = \frac{\alpha}{\sigma}, \alpha = \text{const.} \quad (6.34)$$

З врахуванням (6.24) формула (6.17) для  $I_4$  набуде вигляду:

$$I_4 = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma}, \quad (6.35)$$

де  $\sigma_{\min}$  — мінімальна кількість суїцидів серед всіх суб'єктів, які вивчаються.

Величину  $BEK$  приймаємо у відповідності до викладеного вище, пропорційно питомій продуктивності природної біоти суб'єкта (в розрахунку на одиницю площі його території). Тоді для  $I_5$  отримаємо:

$$I_5 = \frac{P_5}{P_{5\max}}. \quad (6.36)$$

В кінцевому результаті маємо наступну формулу для розрахунку соціоприродного індексу  $I^*$ :

$$I = \frac{1}{5} \left[ \frac{ВНП}{ВНП_{\max}} + \frac{CB}{CB_{\max}} + \frac{\Theta}{\Theta_{\max}} + \frac{\sigma_{\min}}{\sigma} + \frac{P_5}{P_{5\max}} \right]. \quad (6.37)$$

Величина  $I$  характеризує в узагальненому безрозмірному вигляді розвиненість країни та її адміністративних областей. Вона враховує суттєво більшу кількість значущих параметрів, ніж  $IP/III$ :  $ВНП$ , соціальні витрати держави ( $CB$ ), життєвий потенціал ( $\Theta$ ) (включає народжуваність і тривалість життя), кількість суїцидів ( $\sigma$ ), питому продуктивність біоти ( $P_5$ ). Як уже зазначалось,  $IP/III$  характеризує лише доходи, середню тривалість життя і рівень освіченості населення.

В загальному випадку у формулу (6.37) можуть бути введені вагові коефіцієнти, які враховують відносний внесок у сумарний індекс  $I$  кожної із складової.

З (6.33) знаходимо:

$$CIP = ВНП_{\max} (I_1 + \alpha I_2 + \beta I_3 + \gamma I_4 + \zeta I_5), \quad (6.38)$$

Для вагових коефіцієнтів в (6.38) маємо:

$$\alpha = \frac{BCK_{\max}}{ВНП_{\max}}, \quad (6.39)$$

$$\beta = \frac{BBK_{\max}}{ВНП_{\max}}, \quad (6.40)$$

$$\gamma = \frac{ВДК_{\max}}{ВНП_{\max}}, \quad (6.41)$$

$$\xi = \frac{BEK_{\max}}{ВНП_{\max}}. \quad (6.42)$$

Враховуючи вагові коефіцієнти рівняння для  $I$  можна записати у вигляді:

Розрахунки індексу  $I$  проводилися за формулою (6.37). У таблиці 6.2 наведені результати безрозмірних індексів по території України за 2012 р. Величини  $\sigma$  взяті з матеріалів Державного комітету статистики України [45].

Лідерами за значеннями  $I$  є Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська, Тернопільська, Львівська та Чернівецька області.

Індекс  $I$  виявляє суттєву роль в розвитку нематеріальних факторів — гуманітарного (індекс  $I_3, I_4$ ) і біотичного ( $I_5$ ); на сьогодні вони ще недостатньо враховуються при будь-яких економічних оцінках. Індекси розвитку повинні стати пріоритетними в регіональній політиці держави у всіх її аспектах: економічному, соціальному, гуманітарному, екологічному. Це дозволить виявити відсталі регіони країни і причини цього відставання. Це можна враховувати при плануванні бюджетної політики держави, спрямовуючи її на зменшення диференціації регіонів за індексами розвитку. Якщо проводити оцінку індексів хоча б раз на рік, то це дозволить об'єктивно характеризувати розвиток адміністративних областей України і країни в цілому.

### 6.5.5. Відтворений капітал регіонів

Поряд з індикаторами (індексами) розвитку не менш важливо встановити індикатори стану соціумів. Основний індикатор стану — національне багатство (розмірність дол., дол./люд.), яке складається з природного, фізичного і людського капіталів. Природний капітал, в свою чергу, складається з капіталу, який акумулюється в родовищах корисних копалин і сучасній біоті. Останню складову називаємо екокапіталом.

Розглянемо наступну модель, що характеризує змінну в часі ( $t$ ) питомого фізичного капіталу  $\Phi$  регіонів (тобто його динаміку). Припустимо, що питома швидкість витрачання фізичного капіталу  $\left[ -\frac{1}{\Phi} \frac{d\Phi}{dt} \right]$  на задоволення матеріальних потреб людей стала і дорівнює  $\beta$ . Тоді запишемо рівняння динаміки  $\Phi$  у вигляді:

$$\frac{d\Phi}{dt} = ВРП - d\Phi. \quad (6.44)$$

Дане рівняння (6.44) характеризує “суспільство споживання”, в якому швидкість росту споживання пропорційна  $\Phi$ . Воно описує лише відтворений

\* Величини  $(ВНП)_{\max}$ ,  $(CB)_{\max}$ ,  $Q_{\max}$ ,  $S_{\min}$ ,  $P_{s\max}$  можуть задаватися фіксованими, як, наприклад, при розрахунку  $IP/III$  [10].



Таблиця 6.2.

Безрозмірні індекси регіонів України

| Адміністративний регіон   | Індекс доходів $I_1$ | Соціальний індекс $I_2$ | Вітальний індекс $I_3$ | Індекс духовності $I_4$ | Біотичний індекс $I_5$ | Безрозмірний синтетичний індекс $I$ | Місце за $I$ |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Вінницька                 | 0.413                | 0.048                   | 0.886                  | 0.234                   | 0.650                  | 0.446                               | 18           |
| Волинська                 | 0.401                | 0.035                   | 1.161                  | 0.450                   | 0.756                  | 0.560                               | 6            |
| Дніпропетровська          | 1.000                | 0.094                   | 0.858                  | 0.117                   | 0.431                  | 0.500                               | 9            |
| Донецька                  | 0.835                | 0.125                   | 0.750                  | 0.078                   | 0.496                  | 0.457                               | 17           |
| Житомирська               | 0.421                | 0.040                   | 0.934                  | 0.288                   | 0.756                  | 0.488                               | 11           |
| Закарпатська              | 0.354                | 0.038                   | 1.178                  | 0.582                   | 1.000                  | 0.630                               | 1            |
| Запорізька                | 0.682                | 0.052                   | 0.832                  | 0.188                   | 0.431                  | 0.437                               | 21           |
| Івано-Франківська         | 0.427                | 0.043                   | 1.000                  | 0.462                   | 0.959                  | 0.578                               | 4            |
| Київська                  | 0.753                | 0.052                   | 0.942                  | 0.246                   | 0.691                  | 0.537                               | 8            |
| Кіровоградська            | 0.447                | 0.031                   | 0.841                  | 0.290                   | 0.496                  | 0.421                               | 23           |
| Луганська                 | 0.570                | 0.059                   | 0.743                  | 0.152                   | 0.480                  | 0.401                               | 25           |
| Львівська                 | 0.471                | 0.071                   | 0.957                  | 0.459                   | 0.846                  | 0.561                               | 5            |
| Миколаївська              | 0.584                | 0.035                   | 0.884                  | 0.290                   | 0.407                  | 0.440                               | 20           |
| Одеська                   | 0.649                | 0.064                   | 0.963                  | 0.167                   | 0.496                  | 0.468                               | 15           |
| Полтавська                | 0.854                | 0.043                   | 0.774                  | 0.226                   | 0.577                  | 0.495                               | 10           |
| Рівненська                | 0.397                | 0.038                   | 1.249                  | 0.526                   | 0.764                  | 0.595                               | 3            |
| Сумська                   | 0.453                | 0.033                   | 0.758                  | 0.265                   | 0.659                  | 0.434                               | 22           |
| Тернопільська             | 0.337                | 0.032                   | 0.911                  | 0.821                   | 0.691                  | 0.559                               | 7            |
| Харківська                | 0.681                | 0.070                   | 0.780                  | 0.289                   | 0.528                  | 0.470                               | 14           |
| Херсонська                | 0.413                | 0.032                   | 0.900                  | 0.284                   | 0.390                  | 0.404                               | 24           |
| Хмельницька               | 0.392                | 0.040                   | 0.889                  | 0.637                   | 0.699                  | 0.477                               | 12           |
| Черкаська                 | 0.499                | 0.039                   | 0.783                  | 0.256                   | 0.626                  | 0.441                               | 19           |
| Чернівецька               | 0.315                | 0.027                   | 1.028                  | 1.000                   | 0.772                  | 0.629                               | 2            |
| Чернігівська              | 0.444                | 0.033                   | 0.726                  | 0.302                   | 0.732                  | 0.477                               | 13           |
| Автономна Республіка Крим | 0.476                | 0.057                   | 0.988                  | 0.202                   | 0.577                  | 0.460                               | 16           |
| Україна                   | 0.537                | 0.049                   | 0.907                  | 0.353                   | 0.636                  | 0.495                               |              |

капітал і не враховує відкладений капітал, який не береться до уваги в процесі відтворення  $\Phi$ .

Якщо ж економіка внутрішньо зрівноважена (мається на увазі поточний баланс доходів і витрат, виробництва і споживання та ін.) то в (6.44)  $\frac{d\Phi}{dt}=0$ , і відтворений капітал  $\Phi$  змінюється в часі за тим же законом, що і  $ВРП$ :

$$\Phi = \frac{ВРП}{\beta}. \quad (6.45)$$

Швидкість витрати рівноважного відтвореного капіталу в середньому є  $\frac{\Phi}{T}$  ( $T$  — середня тривалість життя). Тоді  $\beta = \frac{1}{T}$  і для величини  $\Phi$  маємо:

$$\Phi = (ВРП) T. \quad (6.46)$$

На основі (6.15), (6.46) для величини питомого відтвореного капіталу  $ПВК$  маємо:

$$ПВК = П\Phi К + ПЛК = (1 + \nu) (ВРП) T. \quad (6.47)$$

За величиною  $ПВК$  (табл. 6.3) можна зробити висновки про те, що відтворення капіталу відбувається відносно рівномірно по всіх регіонах України. На відміну від показників  $СІР$  та  $СІГ$ , в яких більшу роль відіграє стан біоти, в  $ПВК$  більшу вагу має стан соціуму.

Не тільки доходи ( $ВРП$ ), але і якість людини та її життя ( $ПЛК$ ,  $ПВК$ ) в адміністративних областях України диференційовані.

Цікаво дослідити, як швидко відтворюється величина  $ПВК$ . Введемо час циклу  $ПВК$ , що дорівнює:

$$\Theta = \frac{ПВК}{СІГ}, \quad \Theta = \frac{(1+\nu)T}{1+L\nu T}, \quad (6.48)$$

Для регіонів  $\Theta$  змінюється приблизно в діапазоні 60...100 років (рис. 6.6). Найменші значення  $\Theta$  у бідних (за  $ПВК$ ) регіонах.

Вивчені індикатори (і індекси) дозволяють зіставити між собою рівні розвитку регіонів на фіксований час (до 2012 р). Щоб за ним судити про характер розвитку регіонів України в часі (прогрес, стагнація, регрес), потрібно зробити моніторинг даних показників.

На першому етапі обговоримо можливі варіанти їх зміни в часі.

Розглянемо індекс  $\Theta$ . В загальному випадку припустимо три варіанти прогресивного розвитку в залежності від характеру  $\Theta$  зміни в часі.

Припустимо, що величина  $\Theta$  стала (рис. 6.7, верхній). Це справедливо при умові:

$$\frac{d\Theta}{dt}=0, \quad \text{якщо} \quad \frac{1}{ПВК} \frac{d(ПВК)}{dt} < \frac{1}{СІГ} \frac{d(СІГ)}{dt}. \quad (6.49)$$

Таблиця 6.3.

Індикатори соціально-еколого-економічного стану адміністративних областей України і час відтворення капіталу

| Адміністративний регіон   | ПФК, тис. дол./люд. | ПЛК, тис. дол./люд. | ПВК, тис. дол./люд. | Θ, рік | Місце за ПВК |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--------------|
| Вінницька                 | 78.92               | 337.51              | 41643               | 85.33  | 9            |
| Волинська                 | 119.62              | 432.83              | 55245               | 68.37  | 23           |
| Дніпропетровська          | 91.08               | 353.87              | 44495               | 84.43  | 13           |
| Донецька                  | 55.14               | 263.20              | 31834               | 94.46  | 3            |
| Житомирська               | 100.04              | 379.87              | 47991               | 79.06  | 18           |
| Закарпатська              | 87.14               | 352.84              | 43998               | 67.07  | 24           |
| Запорізька                | 117.86              | 426.46              | 54432               | 88.22  | 8            |
| Івано-Франківська         | 98.46               | 398.56              | 49702               | 79.14  | 17           |
| Київська                  | 133.59              | 460.93              | 59452               | 79.06  | 19           |
| Кіровоградська            | 134.79              | 459.56              | 59435               | 85.03  | 11           |
| Луганська                 | 76.63               | 323.88              | 40051               | 95.36  | 2            |
| Львівська                 | 58.88               | 291.14              | 35002               | 81.97  | 15           |
| Миколаївська              | 150.61              | 496.33              | 64694               | 82.31  | 14           |
| Одеська                   | 81.40               | 329.70              | 41110               | 76.55  | 22           |
| Полтавська                | 178.64              | 562.60              | 74124               | 91.74  | 7            |
| Рівненська                | 106.77              | 405.90              | 51267               | 64.49  | 25           |
| Сумська                   | 121.17              | 438.44              | 55961               | 93.89  | 4            |
| Тернопільська             | 99.44               | 402.56              | 50200               | 85.08  | 10           |
| Харківська                | 77.26               | 330.43              | 40769               | 93.72  | 5            |
| Херсонська                | 115.90              | 414.43              | 53033               | 81.59  | 16           |
| Хмельницька               | 92.20               | 366.79              | 45899               | 84.53  | 12           |
| Черкаська                 | 120.92              | 437.55              | 55847               | 92.00  | 6            |
| Чернівецька               | 110.42              | 424.67              | 53509               | 76.99  | 21           |
| Чернігівська              | 124.41              | 438.18              | 56259               | 95.52  | 1            |
| Автономна республіка Крим | 75.06               | 327.33              | 40239               | 77.68  | 20           |
| Україна                   | 104.25              | 526.22              | 50008               | 83.30  |              |

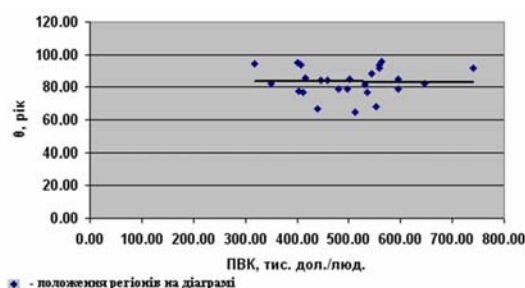
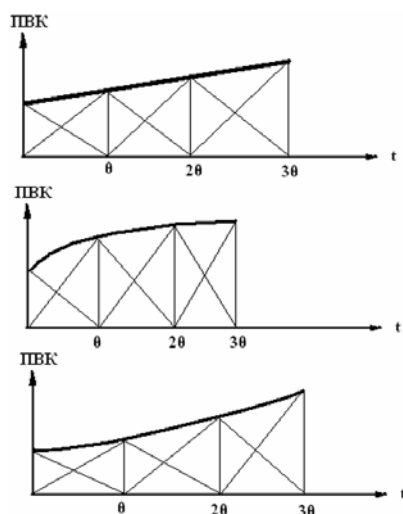


Рис. 6.6. Діаграма Θ — ПВК

Рис. 6.7. Три типи розвитку: верхній —  $\Theta = \text{const}$ , середній —  $\frac{d\Theta}{dt} < 0$ , нижній —  $\frac{d\Theta}{dt} > 0$ 

У такий спосіб вихідний природний капітал витрачається “рівномірно” — як ріст споживання (в широкому сенсі, коли  $\frac{d(CIF)}{dt} > 0$ ), так і багатство соціуму ( $\frac{d(ПВК)}{dt} < 0$ ).

Індекс  $\Theta$  зменшується з часом (рис. 6.7, середній) при умові:

$$\frac{d\Theta}{dt} < 0, \text{ якщо } \frac{1}{ПВК} \frac{d(ПВК)}{dt} < \frac{1}{CIF} \frac{d(CIF)}{dt}, \quad (6.50)$$

В цьому випадку природний капітал витрачається переважно на ріст споживання.

Третій тип розвитку має місце, коли індекс  $\Theta$  зростає (рис. 6.7, нижній), зокрема:

$$\frac{d\Theta}{dt} < 0, \text{ якщо } \frac{1}{ПВК} \frac{d(ПВК)}{dt} > \frac{1}{CIF} \frac{d(CIF)}{dt}. \quad (6.51)$$

Даний випадок відповідає екорозвитку, коли природний капітал витрачається переважно на ріст відтвореної частини національного багатства соціумів, в тому числі на ріст тривалості життя.

Дійсно, диференціюючи (6.48) по  $t$  за припущенням  $L = \text{const}$ ,  $v = \text{const}$ , маємо:

$$\frac{d\Theta}{dt} = \frac{1+v}{1+LvT} \frac{dT}{dt}. \quad (6.52)$$

Звідси видно, що залежність (6.49) виконуються при  $T = \text{const}$ , за умови (6.50)  $< 0$  і умові (6.51)  $> 0$ . В загальному випадку індекс  $\Theta$  змінюється зі зміною не тільки  $T$ , але і  $L$  і  $v$ .

Перший тип розвитку відповідає стаціонарному  $T$  соціуму. Ця картина і спостерігається на сучасному етапі в Україні, тобто у нас відбувається прогрес.

Другий — у випадку, коли, не зважаючи на ріст ВВП, тривалість життя зменшується. Ріст ВВП на фоні зменшення людського капіталу можливий лише на основі надмірної експлуатації природного ресурсу (“сировинний розвиток”). Така картина спостерігається в сучасній Росії (стагнація). А зменшення  $T$  обумовлено духовною кризою соціуму [75].

Моніторинг параметрів стану соціумів — індексів ПВК і — також необхідний для індексів розвитку ( $CI$ ,  $CIP$ ). Зокрема, це дозволить з'ясувати, наскільки розвиток враховує інтереси майбутніх поколінь. Як відомо, це — головний мотив концепції стабільного розвитку. Інтереси майбутніх поколінь будуть враховані, коли індекс буде рости у часі.

#### 6.5.6. Природна компенсація антропогенних впливів на біосферу для регіонів України

Перспективи цивілізації однозначно пов'язані з стабільністю біосфери, а остання — з діяльністю людини в біосфері, що призводить до глобальних змін навколишнього середовища. Головне питання антропогенезу полягає в наступному: чи існує межа глобальних змін, вище яких біосфера втрачає стійкість? Якщо існує, то які її якісні і кількісні характеристики? Чи зараз досягнута ця межа, а, якщо ні, то коли це відбудеться?

В даний час існують різні, найчастіше прямо протилежні відповіді на ці питання. Найчастіше розглядаються два спотворюючих біосферу антропогенних фактори: вилучення біопродукції і викиди  $\text{CO}_2$  в атмосферу внаслідок спалювання викопного палива, зменшення і погіршення якості лісів. Їх дієвість залежить від того, наскільки будуть ефективні і масштабні природні та штучні процеси компенсації антропогенного впливу на біосферу, здійснювані людиною спільнотою. При цьому, як правило, акцент робиться на негативному аспекту антропогенезу: глобальному потеплінню внаслідок парникового ефекту; втраті біосферою стабільності в результаті вилучення людиною продукції природної біоти та ін.

Між іншим, існують і позитивні аспекти антропогенезу. Один з них пов'язаний зі спалюванням викопного палива. Це по суті є “запасом стабільності” біосфери — її “матеріальним багатством”, відкладеним про запас. При спалюванні в атмосферу потрапляє вуглекислий газ — “їжа” рослин. У такий спосіб ліквідується його відносний дефіцит, пов'язаний з поступовим затуханням ендегенних геологічних процесів, які постачають вуглекислий газ з

глибин землі в атмосферу. В літературі наводяться дані, які свідчать про те, що глобальні екологічні кризи в історії Землі були опосередковано пов'язані з дефіцитом вуглекислого газу в атмосфері.

Один із головних аспектів антропогенезу — вилучення продукції природної біоти. Людина витіснила біологічні угруповання зі значної частини суші, зайнявши такі землі сільськогосподарськими угіддями і містами. Зокрема в Україні розораність земель є найвищою в світі, досягає 57% території країни та майже 80% сільськогосподарських угідь [40]. За рахунок цього продукція природної біоти зменшилась приблизно на 10% [40]. Ці 10% і є сучасним значенням величини вилучення продукції природної біоти.

Даний процес неминучий. Він призведе до спотворення біосфери і навіть до втрати біосферної стабільності. Разом з тим внаслідок спалювання викопного палива відбувається зростання в атмосфері вмісту вуглекислого газу. Зі збільшенням його вмісту зростає продуктивність і маса біоти. У такий спосіб частково компенсується вилучення людиною продукції природної біоти і зменшується антропогенне спотворення біосфери.

Вступає в дію негативний зворотний зв'язок, який обумовлює стабільність системи. Біосфера “передбачила” етап “енергетичної” цивілізації (головною рисою якої є ріст енергетики), зробивши собі “запас стабільності” в родовищах паливних копалин. Людина цей “запас стабільності” використала для своїх потреб.

Отже, ріст вмісту вуглекислого газу в атмосфері для рослин “корисний”, але, як зазвичай буває, лише до певної межі. Надмірний ріст може мати негативні наслідки, якщо буде відбуватися інверсія зворотного зв'язку між біопродуктивністю і вмістом вуглекислого газу: із негативного в позитивний. Експериментальні дослідження показали, що при збільшенні концентрації вуглекислого газу ріст рослин спочатку відбувається швидше, а потім (при концентрації в 1.5...2 рази більшої ніж та, яка в сучасній атмосфері) ріст рослин починає пригнічуватися, їх продуктивність падає [3].

Таку ситуацію потрібно брати до уваги щодо до біосфери в цілому. Не виключено, що при значному рісті вмісту вуглекислого газу в атмосфері продуктивність рослин почне знижуватися. В результаті прискориться ріст вмісту вуглекислого газу в атмосфері, що призведе до ще більшого падіння біопродуктивності. А це зумовить подальший ріст його вмісту. За модельними розрахунками [30], процес може “саморозкрутитися”, а біосфера втратить стабільність вже між 2050 і 2100 р. В подальшому атмосфера Землі може виявитися мало придатною для існування життя в його сучасній формі. Незважаючи на всю, здавалося б, гіпотетичність даного сценарію, саме в цьому може бути реальна загроза існуванню цивілізації.



Таким чином, головні глобальні загрози людству пов'язані з антропогенним вилученням продукції природної біоти і з вилученням вмісту вуглекислого газу в атмосфері внаслідок спалювання викопного палива. Їх дієвість залежить від того, наскільки ефективні природні і штучні процеси компенсації антропогенних впливів на біосферу.

В табл. 6.4 наведено вихідні дані про антропогенні викиди  $\text{CO}_2$  в регіонах України за 2012 р і розрахункові значення їх поглинання біотою регіонів. Антропогенні викиди  $\text{CO}_2$  по регіонах взято з матеріалів Держкомстату України [45].

Біотичну компенсацію антропогенних процесів будемо характеризувати таким чином. Припустимо що,  $i_2$  — величина вилучення людиною продукції природної біоти,  $i_1$  — величина поглинання біотою антропогенного  $\text{CO}_2$ . Компенсація вилучення біопродукції ( $s$ ) визначається різницею вказаних потоків:

$$s = i_2 - i_1. \quad (6.53)$$

При  $s > 0$  має місце компенсація з надлишком, а при  $s < 0$  лише часткова.

Для розрахунку  $i_1$  приймемо, що антропогенне вилучення продукції (в регіонах і в Україні в цілому) пропорційно чисельності населення:

$$i_1 = \alpha N, \quad (6.54)$$

де  $\alpha$  — стала величина.

Глобальна продуктивність біоти Землі  $I_\Sigma = 65.5$  Гт/рік, а загальне споживання людиною біопродукції становить близько 10% від цієї величини. Тоді для світу в цілому маємо  $i_{1\Sigma} = 0.1$ ,  $I_\Sigma = 65.5$  Гт/рік, населення Землі  $N \approx 6 \cdot 10^9$  людей. За формулою (6.54) знаходимо  $\alpha \approx 1.0$  т/люд. рік. З використанням цього значення  $\alpha$  розраховуємо за формулами (6.53), (6.54) величину  $s$ .

З табл. 6.4 видно, що в Житомирській, Чернігівській, Волинській, Львівській, Полтавській, Сумській областях та в Автономній Республіці Крим відбувається компенсація з надлишком антропогенного вилучення біопродукції. Біота цих регіонів має “запас стабільності” щодо вилучення біопродукції. В той же час найбільше антропогенне спотворення біоти зазнають Луганська, Донецька та Дніпропетровська області.

Стабільність біосфери щодо антропогенних викидів  $\text{CO}_2$  залежить від величини:

$$r = i_2 - i_3, \quad (6.55)$$

де  $i_3$  — величина викидів (Гт С/год).

При  $r > 0$  біота даного регіону поглинає не тільки всі викиди  $\text{CO}_2$  ( $i_3$ ) цього регіону, але і частково викиди інших регіонів. Навпаки, при  $r < 0$  потужність біоти регіону не достатня для поглинання  $\text{CO}_2$  у ньому. Стан біоти по всій Україні дозволяє поглинати не тільки викиди свого регіону, але і частину викидів інших регіонів.

**Таблиця 6.4.**

Характеристика викидів і поглинання  $\text{CO}_2$ , компенсації антропогенних процесів і біосферної ренти регіонів

| Адміністративний регіон   | Поглинання екосистемами $i_2$ , Гт С/рік | Викиди $\text{CO}_2$ $i_3$ , Гт С/рік | Населення | $s = i_2 - i_3$ , Гт С/рік | $r = i_2 - i_1$ , Гт С/рік | $R_1$ , млрд. дол./рік | $R_2$ , млрд. дол./рік | $R = R_1 + R_2$ , млрд. дол./рік |
|---------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Вінницька                 | 0.0212                                   | 0.0055                                | 1634.2    | 0.0157                     | 0.0195                     | 0.1568                 | 0.1954                 | 0.3522                           |
| Волинська                 | 0.0187                                   | 0.0007                                | 1038.6    | 0.0180                     | 0.0176                     | 0.1796                 | 0.1765                 | 0.3561                           |
| Дніпропетровська          | 0.0170                                   | 0.0346                                | 3320.3    | -0.0176                    | 0.0137                     | -0.1758                | 0.1367                 | -0.0391                          |
| Донецька                  | 0.0163                                   | 0.0607                                | 4580.6    | -0.0444                    | 0.0117                     | -0.4442                | 0.1168                 | -0.3274                          |
| Житомирська               | 0.0276                                   | 0.0008                                | 1273.2    | 0.0268                     | 0.0264                     | 0.2682                 | 0.2635                 | 0.5317                           |
| Закарпатська              | 0.0158                                   | 0.0002                                | 1250.7    | 0.0156                     | 0.0146                     | 0.1560                 | 0.1455                 | 0.3016                           |
| Запорізька                | 0.0145                                   | 0.0126                                | 1791.7    | 0.0019                     | 0.0127                     | 0.0192                 | 0.1270                 | 0.1462                           |
| Івано-Франківська         | 0.0164                                   | 0.0114                                | 1380.1    | 0.0050                     | 0.0150                     | 0.0501                 | 0.1499                 | 0.2000                           |
| Київська                  | 0.0240                                   | 0.0074                                | 1719.5    | 0.0166                     | 0.0222                     | 0.1662                 | 0.2225                 | 0.3887                           |
| Кіровоградська            | 0.0149                                   | 0.0009                                | 1002.4    | 0.0140                     | 0.0139                     | 0.1399                 | 0.1390                 | 0.2788                           |
| Луганська                 | 0.0158                                   | 0.0204                                | 2272.7    | -0.0046                    | 0.0135                     | -0.0460                | 0.1349                 | 0.0889                           |
| Львівська                 | 0.0227                                   | 0.0037                                | 2540.9    | 0.0190                     | 0.0201                     | 0.1900                 | 0.2015                 | 0.3915                           |
| Миколаївська              | 0.0123                                   | 0.0021                                | 1178.2    | 0.0102                     | 0.0111                     | 0.1020                 | 0.1112                 | 0.2132                           |
| Одеська                   | 0.0204                                   | 0.0031                                | 2388.3    | 0.0174                     | 0.0180                     | 0.1736                 | 0.1804                 | 0.3540                           |
| Полтавська                | 0.0204                                   | 0.0024                                | 1477.2    | 0.0180                     | 0.0190                     | 0.1799                 | 0.1896                 | 0.3694                           |
| Рівненська                | 0.0188                                   | 0.0014                                | 1154.3    | 0.0174                     | 0.0177                     | 0.1744                 | 0.1768                 | 0.3511                           |
| Сумська                   | 0.0193                                   | 0.0016                                | 1152.3    | 0.0178                     | 0.0182                     | 0.1779                 | 0.1820                 | 0.3599                           |
| Тернопільська             | 0.0117                                   | 0.0006                                | 1080.4    | 0.0111                     | 0.0106                     | 0.1114                 | 0.1064                 | 0.2178                           |
| Харківська                | 0.0203                                   | 0.0118                                | 2742.2    | 0.0086                     | 0.0176                     | 0.0857                 | 0.1758                 | 0.2615                           |
| Херсонська                | 0.0135                                   | 0.0004                                | 1083.4    | 0.0132                     | 0.0125                     | 0.1317                 | 0.1247                 | 0.2563                           |
| Хмельницька               | 0.0178                                   | 0.0020                                | 1320.2    | 0.0158                     | 0.0164                     | 0.1580                 | 0.1644                 | 0.3224                           |
| Черкаська                 | 0.0162                                   | 0.0033                                | 1277.3    | 0.0129                     | 0.0149                     | 0.1286                 | 0.1490                 | 0.2776                           |
| Чернівецька               | 0.0077                                   | 0.0002                                | 905.3     | 0.0075                     | 0.0068                     | 0.0754                 | 0.0682                 | 0.1436                           |
| Чернігівська              | 0.0287                                   | 0.0019                                | 1088.5    | 0.0268                     | 0.0276                     | 0.2682                 | 0.2759                 | 0.5441                           |
| Автономна Республіка Крим | 0.0185                                   | 0.0015                                | 1963.0    | 0.0170                     | 0.0166                     | 0.1701                 | 0.1657                 |                                  |

Викладений підхід дає можливість розробити систему рентних платежів для регіонів, що надмірно спотворюють біосферу. Такі платежі повинні бути направлені на заходи з підтримання стабільності природних систем країни в цілому на шляху впровадження екогосподарювання.

### 6.5.7. Біосферна рента регіонів та їх соціоприродний розвиток

Біосфера створює і підтримує придатне для людини середовище існування та одночасно є джерелом біоресурсів. Ці функції біосфери постійно послаблюються за міру посилення антропогенезу. Це несе певні загрози для цивілізації в цілому. Завдання світового співтовариства полягає в тому, щоб мінімізувати антропогенне спотворення біосфери.

Існує думка, що стабілізація чисельності народонаселення Землі та енергоспоживання дозволять уникнути подальшого спотворення біосфери. Насправді картина може бути менш однозначною.

Навіть при стабілізації паливної енергетики ріст вмісту вуглекислого газу в атмосфері буде продовжуватися (оскільки глобальна біота лише частково компенсує його антропогенні викиди). Зростання  $\text{CO}_2$  можна компенсувати організацією штучних потоків вуглецю в біосферу, які видалять антропогенний вуглекислий газ (за рахунок екогосподарської діяльності — насадження лісів, заповідники та ін. [30]); а також впровадженням технологій його зв'язування (шляхом перетворення в тверді сполуки). Одночасно з цим слід припинити невідновне вирубування лісів.

Оскільки проблема антропогенного спотворення біосфери є глобальною, то її вирішення повинно бути глобальним. Деякі кроки в цьому напрямі були зроблені Кіотським протоколом, хоч не зовсім ефективні і зовсім недостатні.

Дана проблема може бути кардинально вирішена з допомогою ренти за користування біосферою [15]. Рента є “платою” біосфері за те, що вона створює для людини комфортне середовище існування і є джерелом існування біоресурсів. Система рентних платежів повинна виходити з кількісних оцінок тих спотворень, які вносять в біосферу кожна з країн або регіонів співтовариства. Ці платежі будуть направлятися для їх подальшого розподілу і використання в екогосподарській діяльності і в технологіях зв'язування антропогенного вуглекислого газу. На першому етапі кошти слід адресувати країнам або регіонам, що розвиваються, для того щоб призупинити вирубування лісів на основі компенсації за вирубку.

Рента (дол./рік) розраховується на підставі введених вище параметрів  $r$  і  $s$ . Перша складова ренти ( $R_1$ ) є “плата” за антропогенне вилучення біопродукції. Вона дорівнює вартості “чистого” антропогенного вилучення біопродукції за рік з оберненим значенням або:

$$R_1 = -(i_1 - i_2)\sigma_1 = s\sigma_1, \quad (6.56)$$

де  $\sigma_1$  — вартість одиниці рослинної маси (дол./ $m$  С).

Друга складова ренти ( $R_2$ ) базується на оцінці “небезпеки” (для біосфери і людини), обумовленої ростом  $\text{CO}_2$  в атмосфері. Між тим, наші знання про закономірності функціонування біосфери настільки недосконалі, що навіть відповіді на просте питання — чи є антропогенні викиди  $\text{CO}_2$  корисними для біосфери чи ні — у різних дослідників прямо протилежні. Тому складову ренти ( $R_2$ ) ми пропонуємо розглядати як свого роду “плату” за наше незнання і як наслідок, за необхідність зберігання status quo.

Ренту  $R_2$  мають ті регіони, в яких поглинання  $\text{CO}_2$  перевищує його викиди:

$$R_2 = (i_2 - i_3)\sigma_2 = s\sigma = \gamma\sigma_2, \quad (6.57)$$

де  $\sigma_2$  — вартість одиниці маси викидів (дол./ $m$  С).

У підсумку величина ренти буде:

$$R = (i_1 - i_2)\sigma_1 + (i_2 - i_3)\sigma_2 = s\sigma_1 + \gamma\sigma_2. \quad (6.58)$$

Ренту  $R(R > 0)$  мають ті країни або регіони, біота яких з надлишком компенсує вилучення біопродукції людиною або викиди антропогенного  $\text{CO}_2$ , або і те й інше одночасно. При цьому, коли  $R_1 > 0, R_2 < 0$ , то  $R > 0$  при  $R_1 > |R_2|$ . Аналогічно, при  $R_2 > 0$  і  $R_1 < 0$  необхідно  $R_2 > |R_1|$ .

Нами розрахована рента для регіонів в припущенні  $\sigma_1 = 400$  грн,  $\sigma_2 = 10$  євро, це ціна квоти на викиди  $\text{CO}_2$  за 2009 р. в Україні. Вартість  $\sigma_1$  та  $\sigma_2$  має відносний характер, оскільки визначається “ціною”, яку країни світу і регіони готові платити за стабілізацію біосфери. У майбутньому така ціна повинна зрости.

За результатами розрахунку ренти (табл. 6.4) маємо дві групи регіонів: одні (Донецька, Дніпропетровська області) спотворюють біоту ( $R < 0$ ); в інших регіонах (іх 23) біота компенсує антропогенні спотворення ( $R > 0$ ). Найбільш сприятлива ситуація (з великою величиною ренти  $R$ ) в Чернігівській, Житомирській, Львівській, Київській та Полтавській областях.

Головною особливістю сучасності, як зазначалося раніше, є виникнення глобальних проблем, які стосуються людства в цілому. Серед них особливо негативне значення мають забруднення середовища життєіснування, ріст чисельності населення, низький рівень життя в країнах, що розвиваються, загроза ядерної війни. Для їх вирішення на рівні ООН висунуто концепцію сталого розвитку. Ця концепція означає відмову від ліберальної ідеї “служіння собі”, так як потребує врахування в сучасній діяльності людей інтересів майбутніх поколінь. В ООН одночасно розробляється і концепція розвитку людини. З використанням розробок цієї останньої кон-

цепції (за індексом розвитку людини) оцінюється розвиненість країн світу. Сталий розвиток щодо України це екорозвиток, при якому головним пріоритетом стає розвиток людини і збереження стабільності природного середовища. Перше здійснюється на основі будівництва соціогуманітарної держави, а друге — шляхом виконання людиною своєї біосферної функції: підтримка рівноваги природних систем а отже, збереження біосфери у формі, придатній для життя людини.

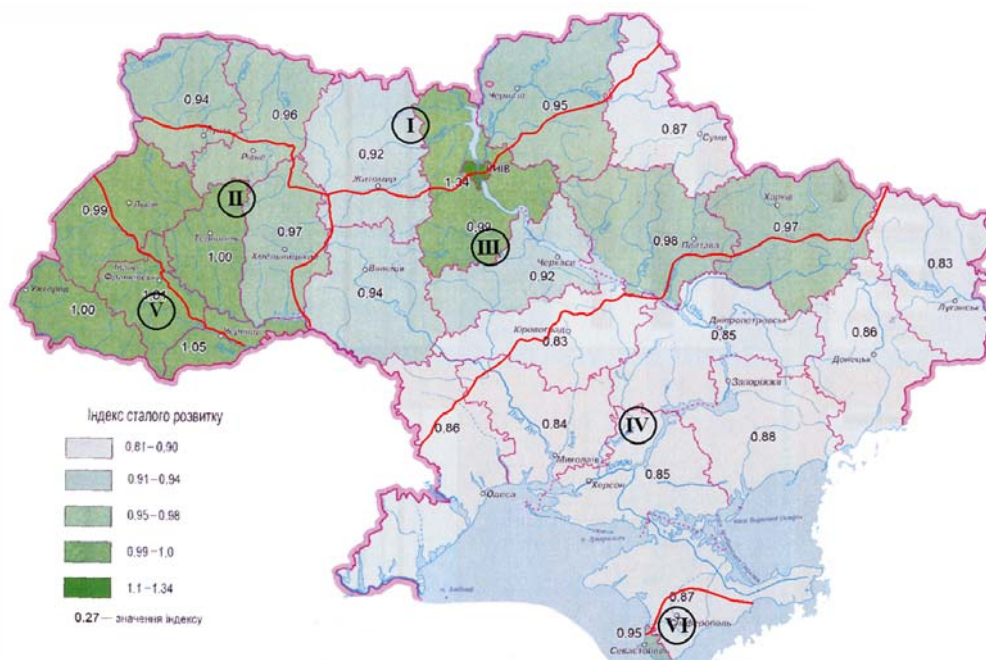
Актуальність проблеми підтверджується і тим, що цими дослідженнями займаються вчені різних наукових установ в Україні. В НАНУ функціонує Наукова рада з проблем природокористування і сталого розвитку. Її очолює академік НАН України А. Г. Загородній. Членами ради підготовлено цілий ряд фундаментальних праць із висвітленням проблем сталого розвитку і напрямів дій (Наукові засади розробки стратегії сталого розвитку, 2012 р. — 714 с., Оцінка стану виконання підсумкових документів Всесвітнього саміту зі сталого розвитку (Йоганнесбург. 2002). 2004 р. — 208 с., Стан виконання в Україні положень “Порядку денного на ХХІ століття” (2002–2012 рр.), 2014. — 359 с., Проект доповіді України до Конференції ООН зі сталого (збалансованого) розвитку Ріо+20. 2012.— 60 с. та ін.).

В цих, і інших роботах, опрацьовано сутність сталого (збалансованого) розвитку, механізми його реалізації і основні рушійні сили, а головне — розроблена Концепція сталого розвитку, яка від НАН України передана до Кабінету Міністрів України. Зокрема, дослідження з кількісного оцінювання процесів регіонального розвитку проводяться під

науковим керівництвом академіка НАН України М. З. Згуровського. Ці дослідження базуються на методології оцінювання та аналізу сталого розвитку щодо якості та безпеки життя людей. Компонента якості життя людей індексу сталого розвитку — це комплексна оцінка, побудована на основі ієрархічної системи показників, яка відображає взаємозв'язок трьох вимірів сталого розвитку — економічного, екологічного, соціального.

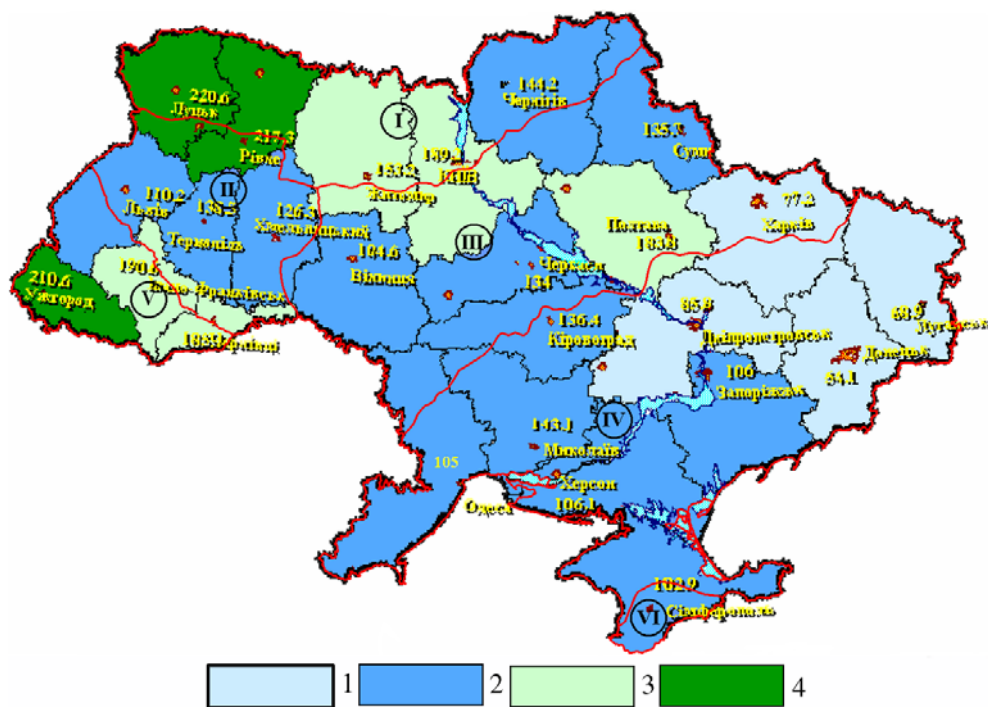
Було проведено зіставлення результатів розрахунку індексу сталого розвитку для України за 2013 р., виконаних М. З. Згуровським [23] та результатів індикаторів соціоприродного розвитку регіонів України за 2012 р., проведених нами за методикою В. В. Бушуєва, В. С. Голубєва, А. М. Тарко [8, 9, 13]. На рис. 6.8, 6.9 наведено карти результатів розрахунків, на які було накладено межі існуючого фізико-географічного районування України (Національний атлас України, 2007 р.).

В цілому, наші дослідження збігаються у виділенні фаворитів та аутсайдерів (Донецька, Луганська, Дніпропетровська області) серед адміністративних областей. Виявлені деякі розбіжності, які пояснюються відмінністю методик розрахунку та групування результатів (кількістю градацій). Карта на рис. 6.9, побудована за нашою методикою, базується на інтегральному показнику, що враховує рівноцінно як біотичну (СІР), так і соціально-гуманітарно-економічну (СІГ) складові. Тому, наприклад Київський регіон не досяг найвищої градації, бо високий рівень економічного та інтелектуального розвитку компенсується біднішим рівнем біоти. З іншого боку, західні регіони



**Рис. 6.8.** Індекс сталого розвитку України за 2013 р. (за М. З. Згуровським): I — зона мішаних (хвойно-широколистих) лісів; II — зона широколистих лісів; III — лісостепова зона; IV — степова зона; V — регіон Карпат; VI — регіон Криму





**Рис. 6.9.** Інтегрований індекс соціоприродного розвитку регіонів України за 2012 р. (за даними ЦАКДЗ ІГН НАН України)  
1 — 50–100; 2 — 100.01–150; 3 — 150.01–200; 4 — 200.01–250

I — зона мішаних (хвойно-широколистих) лісів; II — зона широколистих лісів; III — лісостепова зона; IV — степова зона; V — регіон Карпат; VI — регіон Криму

(Волинська, Рівненська, Закарпатська, Івано-Франківська та Чернівецька області) є лідерами за рівнем біоти.

Останнім часом досить багато робіт проведено під керівництвом академіка НАН України Е. М. Лібанової (2012, 2013 рр.), де розглядається демографічна точка зору з врахуванням екологічної складової довкілля та його ключових проблем, зокрема зміни клімату, природних небезпек, забруднення повітря. Всі ці складники відповідають за якість життя, а також за забезпечення сталості довкілля. Усі ці головні екологічні показники, які включаються у демографічні розрахунки демонструють тенденцію до погіршення. Тому потрібно, щоб була звернута увага на важливість цієї проблеми.

## Висновки

Ще раз слід зазначити, що якість життя людей для регіонів України буде залежати від кліматичних умов, що змінюються. Від стаціонарності клімату значною мірою залежить сталий розвиток держави. Сталий розвиток у державах різних регіонів планети, в тому числі і в Україні, може здійснюватися лише в тому разі, якщо суспільство зможе адаптуватися до нових кліматичних умов життєдіяльності. У разі пристосування до коливань і зміни клімату економіка країни може дати додатковий прибуток. Причому зміни клімату завжди будуть вимагати коригування екологічної та економічної політики.

## Література до розділу 6

1. Аналіз сталого розвитку: глобальний і регіональний контексти / Міжнародна рада з науки (ICSU) та ін.; наук. кер. проекту М. З. Згуровський. — К.: НТУУ "КПІ", 2012. — Ч. 2. Україна в індикаторах сталого розвитку (2011–2012). — С. 59–70.
2. Бегельман Г.З. Модель глобального циклу вуглерода с высоким пространственным разрешением / Г.З. Бегельман, А.М. Тарко. — М., Вычислительный центр РАН, 1999.
3. Бородіна О. М. Деякі підходи до моделювання вразливості сільського господарства до кліматичних змін / О. М. Бородіна, С. В. Кирилюк, А. Ю. Лопатинська // Комплексне управління, безпека і робастність / під ред. Загородній А. Г., Єрмолев Ю. М., Богданов В. Л. — Київ, 2014. — с. 85–96.
4. Будыко М. И. Климат в прошлом и будущем / М. И. Будыко. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 351 с.
5. Будыко М. И. Климат и жизнь / М. И. Будыко. — Л.: Гидрометеиздат, 1971. — 472 с.
6. Будыко М. И. Эволюция биосферы / М. И. Будыко. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 484 с.
7. Будыко М. И. / М. И. Будыко, Г. С. Голицын, Ю. А. Израэль. Глобальные климатические катастрофы // Гидрометеиздат, 1986. — 157 с.
8. Бушуев В. В. Основы эргодинамики / В. В. Бушуев, В. С. Голубев. — М., 2003.
9. Бушуев В. В. Индикаторы социоприродного развития российских регионов / В. В. Бушуев, В. С. Голубев, А. М. Тарк. — М.: ООО "ИАЦ Энергия", 2004. — 96 с.

10. Вернадский В. И. Основы жизни — искание истины / В. И. Вернадский // Новый мир, 1988. № 3.
11. Ворончук М. М. Прогнозирование природообусловленной динамики потребления топливно-энергетических ресурсов / М. М. Ворончук, А. М. Пяткин [и др.]. // Материалы по науковедению. Вып. 9. — К.: Изд-во отделения науковедения комплексных проблем науковедения СОПСа АН УССР, 1970. — С. 3–27.
12. Гвишиани Д. М. Глобальные проблемы и роль науки в их решении // Вопросы философии, № 7, 1979. — С. 91–101.
13. Голубев В. С. Введение в синтетическую эволюционную экологию / В. С. Голубев. — М., 2001.
14. Горшков В. Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды // Итоги науки и техники. Серия: теоретические и общие вопросы географии. — М.: ВИНТИ, 1990. — 237 с.
15. Горшков В. Г. Влияние девственной и освоенной человеком биоты на глобальную окружающую среду / В. Г. Горшков, А. М. Макарьева // Исслед. Земли из космоса. V.5, 1999. — С. 3–11.
16. Гохман О. Г. Экспертное оценивание / О. Г. Гохман — М., 1991. — 150 с.
17. Демирчан К. С. Научная обоснованность прогнозов влияния энергетики на климат / К. С. Демирчан, К. Я. Кондратьев // Известия РАН. Энергетика. V. 6 (3), 1999. — С. 3–46.
18. Демирчан К. С. Развитие энергетики и окружающая среда / К. С. Демирчан, К. Я. Кондратьев // Известия РАН. Энергетика. V.6 (3), 1999. — С. 3–27.
19. Денисик Г. І. Антропогенні ландшафти Правобережної України / Г. І. Денисик. — Вінниця: Арбат, 1988. — 289 с.
20. Ермольева Т. Геопросторовий системний аналіз продовольчої, енергетичної, водної безпеки на основі стохастичної моделі ГЛОБІОМ / Т. Ермольева [та ін.] // Комплексне управління, безпека і робастність / під ред. Загороднього А. Г., Ермольєва Ю. М., Богданов В. Л. — Київ, 2014. — С. 19–27.
21. Загладин В. Ф. Глобальные проблемы современности / В. Ф. Загладин, И. Т. Фролов. — М., Международные отношения, 1981. — 238 с.
22. Згуровский М. З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей (2005–2008 годы) / М. З. Згуровский, А. Д. Гвишиани. — К.: НТУУ “КПИ”, 2008. — 140 с.
23. Згуровский М. З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей / М. З. Згуровский, А. Д. Гвишиани. — К.: Изд-во “Политтехника”, 2013. — 170 с.
24. Изменение земных систем в Восточной Европе / Отв. ред. В. И. Лялько. — Киев, 2010. — 582 с.
25. Израэль Ю. А. Концепция мониторинга состояния биосферы / Ю. А. Израэль // Мониторинг состояния окружающей природной среды. Труды I советско-английского симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — С. 10–25.
26. Израэль Ю. А. Мирные ядерные взрывы и окружающая среда / Ю. А. Израэль. — Л.: Гидрометеиздат, 1974.
27. Израэль Ю. А. Проблемы охраны природной среды и пути их решения / Ю. А. Израэль. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 48 с.
28. Израэль Ю. А. Экологические последствия возможной ядерной войны / Ю. А. Израэль // Метеорология и гидрология, 1983. № 10. — С. 5–10.
29. Израэль Ю. А. Фонового мониторинг и его роль в оценке и прогнозе глобального состояния биосферы / Ю. А. Израэль // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Труды II Международного симпозиума. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — С. 15–26.
30. Израэль Ю. И. Экология и контроль природной среды / Ю. А. Израэль. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 548 с.
31. Камшилов М. М. Эволюция биосферы. 2-е изд. / М. М. Камшилов. — М.: Наука, 1979. — 256 с.
32. Класифікація лісових масивів території зони відчуження за типами рослинних угруповань за матеріалами багатозональної космічної зйомки. / В. І. Лялько [та ін.] // Матеріали науково-практичної конференції “Наука Чорнобиль 98”, 1999. — С. 88–89.
33. Комплексне моделювання управління безпечним використанням продовольчих, водних і енергетичних ресурсів з метою сталого соціального, економічного і екологічного розвитку / за ред. А. Г. Загороднього, Ю. М. Ермольєва. — Київ, 2013.
34. Кондратьев К. Я. Глобальные изменения на рубеже двух тысячелетий // Вестник РАН. V.70 (9), 2000. — С. 788–796.
35. Кондратьев К. Я. Глобальный климат / К. Я. Кондратьев. — СПб: Наука, 1992. — 359 с.
36. Кондратьев К. Я. Ключевые проблемы глобальной экологии / К. Я. Кондратьев. — М.: ВИНТИ, 1990. — 454 с.
37. Кондратьев К. Я. Приоритеты глобальной экологии // Известия АН СССР. География. V.6(3), 1991. — С. 21–30.
38. Лялько В. І. Оцінка впливу природно-антропогенних змін потоків CO<sub>2</sub> у системі рослинність-атмосфера на формування парникового ефекту Землі // Доп. НАН України. — 2007. — № 4. — С. 130–137.
39. Мировая демографическая ситуация 2014 год. Краткий доклад Организации Объединенных Наций, Департамент по экономическим и социальным вопросам. Отдел народонаселения. — 44 с.
40. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році / Міністерство екології та природних ресурсів України, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління. — К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. — 254 с.
41. Національний інститут стратегічних досліджень [Електрон. ресурс] — Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/> — Назва з екрану.
42. Программа развития ООН (ПРООН) [Электрон. ресурс] — Режим доступа: [http://www/un.org/Russian/ga/undp/](http://www.un.org/Russian/ga/undp/) — Загл. с экрана.
43. Регіональний людський розвиток: статистичний бюлетень / Державний комітет статистики України. — К.: Держкомстат, 2013. — 42 с.

44. Рейтинг регіонів по підсумках діяльності агропромислового комплексу України 2010 року / Міністерство аграрної політики та продовольства [Електрон. ресурс] — Режим доступу: <http://www.minagro.gov.ua/> — Назва з екрану.
45. Статистичний збірник “Регіони України” 2012. У двох частинах // Державний комітет статистики України, 2012. — 282 с.
46. Тарко А. М. Научные взгляды и предложения Н. Н. Моисеева о путях и средствах решения проблем природы и общества. Россия на пути к устойчивому развитию / А. М. Тарко — М.: Московский городской институт управления Правительства Москвы, Издательский Дом НП, 2003. — С. 139–153.
47. Тарко А. М. Моделирование мировой динамики с учетом научно-технического прогресса / А. М. Тарко, В. Н. Новохацкий // Моделирование и оптимизация социально-экономического развития административно-территориальных комплексов. — ЦЭМИ АН СССР, 1988. — С. 123–126.
48. Ткач Л. До питання впливу глобального і регіонального потепління на життєдіяльність людини в Україні // Матеріали наради семінару Українського гідрометеорологічного центру “З питань стану та вдосконалення метеорологічного забезпечення споживачів усіх рівнів” 24–28 травня 2004р. — Київ. — С. 36–41.
49. Balyuk, S. A. (2010). “Soil resources of Ukraine: state and measures to reclamation” / *Annals of Agrarian Sciences*, #6, 5–10 (in Ukrainian).
50. Bastiaanssen, W.G.M., and Ali, S. (2003). “A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan” // *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 94, Issue 3, March, — P. 321–340.
51. Borodina, O., Borodina, E., Ermolieva, T., Ermoliev, Y., Fischer, G., Makowski, M., van Velthuizen, H. (2010): Integrated modeling approach to the analysis of food security and sustainable rural developments: Ukrainian case study. IIASA Interim Report IR-10-017, Int. Inst. for Applied Systems Analysis, Laxenbourg, Austria.
52. Borodina, O., Ermolieva, T., Kyryzyuk, S., Frayer, O. (2013). “Integrated modeling of agricultural production for sustainable economic developments in Ukraine” // in: Integrated modeling of food, energy and water security management for sustainable social, economic and environmental developments, Kiev. — P. 101–114.
53. Climate Change 2001: Synthesis Report / IPCC Secretariat, c/o World Meteorological Organization. Geneva, 2002. — 184 p.
54. Climate Change 2007. The physical science basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment // Report of the IPCC WMO, UNEP. 2007. — 142 p.
55. Ermoliev Y, Wets R (eds) (1988) Numerical techniques of stochastic optimization. Computational Mathematics, Berlin, Springer Verlag.
56. Ermoliev Y., Ermolieva T., Havlik P., Mosnier A., Obersteiner M., Kostyuchenko Yu. V. Estimating global-local dynamics of land use systems by downscaling from GLOBIOM model // in: Integrated Management, Security, and Robustness / edited by Zagorodny A. G., Yermoliev Yu. M., Bogdanov V. L. — Kiev, 2014. — P. 62–76.
57. Frayer, A. (2011) Agricultural production intensification in Ukraine: Decision support of agricultural policies based on the assessment of ecological and social impacts in rural areas. IIASA Interim Report IR-11-033, Int. Inst. for Applied Systems Analysis, Laxenbourg, Austria.
58. Gomme R., Das H. P., Mariani L., Challinor A., Tychon B., Balaghi R., Dawod M. A. A. (2007). “WMO Guide to Agrometeorological Practices, Chapter 5, Agrometeorological Forecasting”. 70 pp. Current version downloadable from [http://www.agrometeorology.org/file-admin/insam/repository/gamp\\_chapt5.pdf](http://www.agrometeorology.org/file-admin/insam/repository/gamp_chapt5.pdf).
59. Heinsch F. A., Reeves M., Votava P. et. al. User's Guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) Products. NASA MODIS Land Algorithm. Version 2.0, December 2, 2003. — 57 p.
60. Kogan, F. N. (1995). “Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data”. *Bulletin of the American Meteorological Society* 76(5): 655–668.
61. Kostyuchenko Yuriy V., Bilous Y., Kopachevsky I., Solovyov D. Coherent risk measures assessment based on the coupled analysis of multivariate distributions of multi-source observation data / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.] // *Proceedings of 11-th International Probabilistic Workshop*. — 2013, Brno. — P. 183–192.
62. Kostyuchenko Yuriy V. Toward methodology of satellite observation utilization for agricultural production risk assessment / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.] // *IERI Procedia*, 5, 2013. — P. 21–27, doi: 10.1016/j.ieri.2013.11.065.
63. Kostyuchenko Yuriy V. Coupling of satellite observation to increase reliability of analysis of socio-ecological consequences of technological disasters / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.] // *Int. J. Reliability and Safety*, Vol. 6, Nos. 1/2/3, 2012. — P. 225–241.
64. Kostyuchenko, Yu.V. (2012). “Spectral reflectance indices as indirect indicators of ecological threats” / Yuriy V. Kostyuchenko [et al.] // *Sustainable Civil Infrastructures — Hazards, Risk, Uncertainty*, Phoon, K. K., Beer, M., Quek, S. T. & Pang, S. D. (editors), Research Publishing, Singapore. — P. 557–562.
65. Kruse, John R., and Darnell, Smith. (1994). “Yield Estimation Throughout the Growing Season.” In *Applied Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management*, Proceedings of the NCR-134 Conference, Chicago, IL; April 18–19, 1994. B. Wade Brorsen, ed. Department of Agricultural Economics, Oklahoma State University, Stillwater, OK.
66. Kyryzyuk S. (2010). Model-based risk-adjusted planning for sustainable agriculture under agricultural trade liberalization: Ukrainian case study. Interim Report IR-10-016, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenbourg, Austria.
67. Kyryzyuk, S., Ermolieva, T., Ermoliev, Y. (2011) Planning sustainable agroproduction for food security under risks, *Economics of Agriculture*, 9, 145–151 (in Ukrainian).
68. Major D. J., Baret F., Guyot G., (1990). “A ratio vegetation index adjusted for soil brightness” // *International Journal*



- of Remote Sensing, 11(5): 727–740.
69. Morisette J. T., Privette J. L., Justice C.O. (2002) “A framework for the validation of MODIS land products” // Remote Sensing of Environment, 83, 77–96.
70. Movchan D., Kostyuchenko Y., Marton L., Frayer O., and Kyryzyuk, S. Uncertainty Analysis in Crop Productivity and Remote Estimation for Agricultural Risk Assessment // in: Vulnerability, Uncertainty, and Risk: Quantification, Mitigation, and Management, Edited by Michael Beer; Siu-Kui Au; and Jim W. Hall: pp. 1008–1015, ASCE, Liverpool, UK, 2014, doi: 10.1061/9780784413609.102.
71. Richardson A.J., and Wiegand C.L. (1977). “Distinguishing vegetation from soil background information”. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 43: 1541–1552.
72. Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., Deering D. W., Harlan J. C. (1974). “Monitoring the Vernal Advancement of Retrogradation of Natural Vegetation”. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD.
73. Running S. W., Nemani R., Glassy J. M. et. al. MODIS daily photosynthesis (PSN) and annual net primary production (NPP) product (MOD17), Algorithm Theoretical Basis Document, Version 3.0, April 29, 1999.
74. Shvidenko A., Schepaschenko D., McCallum I., Nilsson S. (2011). “Can the uncertainty of full carbon accounting of forest ecosystem be made acceptable to policymakers?” // in: White T., Jonas M., Nahorski Z., Nilsson S. (eds) Greenhouse gas inventories: Dealing with uncertainty. Springer Science+Business Media, Heidelberg, 343 p.
75. Wang Y., Tian, Y., Zhang Y., El-Saleous N., Knyazikhin Y., Vermote E., Myneni R.B. (2001). “Investigation of product accuracy as a function of input and model uncertainties: case study with SeaWiFS and MODIS LAI/FPAR Algorithm” // Remote Sensing of Environment, 78, 296–311.
76. World Development Report. Oxford University Press, 2013.
77. Yarovyy V, Fischer G, Ermolieva T (2008). Land pricing mechanisms for sustainable agricultural land use planning in Ukraine. EUROPA XXI: New Functions of Rural and Industrial Space in Central and Eastern Europe, 17:109–119 [2008].
78. Zgurovsky M. The Sustainable Development Global Simulation: Quality of Life and Security of the World Population/ —K.: Publishing House, “Polytechnica”, 2007. — 218 p.
79. Zhao M., Heinsch F. A., Nemani R. R., Running S. W. (2005). “Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set”. Remote Sensing of Environment, 95, 164–176.

## ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Як свідчать проаналізовані в даній роботі матеріали по впливу накопичення парникових газів в атмосфері на тенденції глобальних та регіональних змін клімату, зокрема температур та опадів, вказані процеси приведуть до погіршення стану екосистем та умов життєзабезпечення зростаючого народонаселення планети такими основними компонентами як продовольство, питна вода та енергоресурси.

2. Ці ж тенденції і проблеми будуть характерні і для України з врахуванням відповідної специфіки, що відображає ландшафтно-кліматичні та економічні особливості нашої країни.

2.1. Авторами роботи експериментально показано шляхом аналізу матеріалів зйомок зі спеціалізованих космічних апаратів, що вміст парникових газів (зокрема  $\text{CO}_2$  та  $\text{CH}_4$ ) в атмосфері над Україною за період 2003–2012 рр. збільшується щорічно в середньому майже на  $2 \text{ ppm}$  для  $\text{CO}_2$  та  $2 \text{ ppb}$  для  $\text{CH}_4$ , досягши величин  $393 \text{ ppm}$  ( $\text{CO}_2$ ) та  $1790 \text{ ppb}$  ( $\text{CH}_4$ ), що сприяє тенденції загального зростання регіональної температури повітря.

2.2. Виконані вперше в Україні субсинхронні експериментальні газо- та спектрометричні визначення величин абсорбції (поглинання)  $\text{CO}_2$  рослинами в процесі фотосинтезу показали, що ці величини складають приблизно 2–8 і зростають з півдня на північ, корелюючись зі зменшенням температури повітря та збільшенням вологості ґрунтів.

2.3. Це дало можливість уточнити кількісні показники вуглецевого кругообігу в геосферах України з перспективою корекції квот України при торгівлі викидами парникових газів згідно Кіотського протоколу.

2.4. Експериментально показано, що для оптимального природокористування в умовах сталого розвитку слід максимально розвивати рослинні посадки (ліси, агроценози та ін.), які будуть сприяти в процесі фотосинтезу вилученню  $\text{CO}_2$  з атмосфери і, таким чином, зменшенню негативного впливу парникового ефекту на довкілля та суспільство.

3. Для передбачення та прогнозування можливо-

го перебігу та негативного впливу на довкілля, економіку і умови життєдіяльності населення цих процесів слід превентивно організувати постійний оперативний моніторинг стану довкілля з обов'язковим залученням супутникових технологій, провести прогнозування сценаріїв розвитку та ризику можливих загроз навколишньому середовищу та суспільству і запропонувати оперативно діючу систему заходів та механізмів їх реалізації по мінімізації впливу цих загроз.

4. Наведені в нашій роботі попередні результати розрахунків впливу можливих змін клімату на соціо-економічні умови розвитку різних регіонів України дозволяють вже на сучасному етапі рекомендувати владним та управлінським структурам провести ряд заходів, пов'язаних з оптимізацією природо-, ресурсо- та енергоспоживання в державі.

5. В цьому напрямку важливе значення матиме залучення кредитно-грошових механізмів стимулювання ефективного відтворення та ощадливого споживання вказаних ресурсів:

5.1. Для реалізації запропонованих урядом заходів по ефективному енергозбереженню:

- необхідно знизити енергоемність, зокрема посиливши теплоізоляцію промислово-житлових будівель, та контролюючи нераціональні тепловитрати шляхом дистанційного теплового моніторингу і застосуванням штрафних санкцій до неощадливих господарів;
- реалізовувати заходи по газозаміщенню і скорочувати його споживання;
- підвищувати тарифи на енергоресурси;
- впровадити механізми стимулювання переходу на альтернативні газу енергоресурси.

5.2. Для суттєвого підвищення врожайності продовольчих сільськогосподарських культур в умовах зазначених кліматичних змін заходи ґрунтовно викладені академіком НАН України В. В. Моргуном (2014 р.):

- внаслідок глобального потепління до 2020 року на планеті може опинитись на грані голоду кожен її п'ятий мешканець, оскільки підвищення середньо-

річної температури на 1°C приводить до зниження врожайності порядку 20% і щорічний приріст врожайності сільськогосподарських культур стабільно знижується і становить близько 1%. Підраховано, що для комфортного виживання людства необхідно досягти збільшення виробництва продовольства на 70%, зокрема, подвоїти врожайність зернових культур.

Але провідні виробники зерна у Західній Європі вже вичерпали свій потенціал підвищення врожайності.

- отже, Україна повинна скористатись даною ситуацією, оскільки у нас зберігається можливість подвоїти врожайність зернових, і, таким чином, за словами Президента України Петра Порошенка “аграрна галузь може стати точкою прориву для української економіки”;
- вирішити це завдання можна лише залучивши для цього сучасні технології сільськогосподарського виробництва, зокрема, супутниковий агромоніторинг стану сільгоспугідь та прогнозування врожайності.

5.3. Фахівці Інституту географії НАН України, на чолі з академіком НАН України Л. Г. Руденком, керуючись основними положеннями концепції сталого розвитку і принципами сталого просторового розвитку Європейського континенту, уперше в Україні застосували інструмент ландшафтного планування. Це спрямовано на виявлення конфліктів природокористування та оцінювання механізмів їх пом'якшення, а також зокрема зниження високого антропогенного навантаження і збереження природних екосистем, збереження ландшафтного та біологічного різноманіття, на прикладі трьох рівнів — області (ландшафтна програма), району (рамковий

ландшафтний план) та сільської ради (ландшафтний план). Модельним регіонам було взято Черкаську область (Ландшафтне планування в Україні, Л. Г. Руденко, Є. О. Маруняк, О. Г. Голубців та ін.; під ред. Л. Г. Руденка. — К.: Реферат, 2014. — 144с.). Подібний підхід до раціонального природокористування бажано впровадити на території всієї України, що буде сприяти зменшенню негативних кліматичних та антропогенних впливів на довкілля нашої держави.

Ефективним інструментом вирішення вказаної проблематики є залучення методів ДЗЗ та моделювання прогнозних змін довкілля та соціо-економічних умов, які описані в нашій монографії.

6. У “Звіті Міжурядової групи експертів по змінам клімату” (IPCC), який був представлений 02.11.2014 року в Копенгагені, було підкреслено від імені ООН, що зміни клімату на Землі — незворотні. При цьому, для того, щоб не прискорити розвиток таких негативних глобальних негараздів, як екстремальні погодні умови, збільшення спекотних періодів, посух та повеней, а також, підвищення рівня океану, слід вже зараз усюди так планувати глобальну і регіональну стратегію збалансованого розвитку економіки і довкілля, щоб мінімізація викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу могла забезпечити зростання глобальної температури не більше ніж на 2°C від сучасного рівня.

Інакше слід очікувати в соціально-економічній сфері глобальне збільшення міждержавних конфліктів, зменшення ресурсів продовольства та питної води, збільшення потоків біженців і т. п.

“Потрібно жити скромніше в багатих країнах” — наголосив Генеральний секретар ООН Пан Гі Мун на XX Сесії конференції ООН зі зміни клімату (Ліма, Перу, грудень 2014 р.).

*І хоча Україна і не належить, на жаль, до багатих країн, цей вислів є справедливим і для українського суспільства*



## СПИСОК РИСУНКІВ

- Рис. 1.1. Карта зміни приземної температури з 1901 по 2012 рр.
- Рис. 1.2. Підвищення середньої глобальної приземної температури як функція сукупних глобальних викидів  $\text{CO}_2$ , отриманих за різним даними [2]
- Рис. 1.3. Супутникові місії спрямовані на визначення концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері
- Рис. 1.4. Динаміка поширених змін концентрації  $\text{CO}_2$  з 2003 по 2012 роки [6]
- Рис. 1.5. Динаміка поширених змін концентрації  $\text{CH}_4$  з 2003 по 2012 роки [6]
- Рис. 1.6. Динаміка змін концентрації  $\text{CO}_2$  над територією України за даними супутникового спостереження
- Рис. 1.7. Динаміка змін концентрації  $\text{CH}_4$  над територією України за даними супутникового спостереження
- Рис. 1.8. Концентрації  $\text{CO}_2$  над територією України за даними сенсора ОСО-2 в період з 1 жовтня по 11 листопада 2014 року
- Рис. 2.1. Обстеження поля: а) визначення густини посіву та ширини міжрядь; б) закладання дослідних точок
- Рис. 2.2. Виміри параметрів листків соняшнику
- Рис. 2.3. Схема процесів асиміляції та вивільнення вуглецю екосистемою через фотосинтез та дихання [6], де GEP — валова первинна продуктивність екосистеми, NPP — чиста первинна продуктивність, NEE — чистий екосистемний обмін, NEP — чиста екосистемна продуктивність
- Рис. 2.4. Схема системи для вимірювання концентрації вуглекислого газу у повітрі (виробник Qubit Systems, Канада)
- Рис. 2.5. Валова первинна продуктивність сільськогосподарських культур дослідних полів Баришівського району Київської області (червень-липень 2014 р.),  $\text{мкмоль м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
- Рис. 2.6. Валова первинна продуктивність сільськогосподарських культур дослідних полів Фастівського району Київської області (20 липня 2014 р.),  $\text{мкмоль м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
- Рис. 2.7. Корелятивні залежності між NDVI та валовою первинною продуктивністю GEP (2.7а), залежність між PRI та валовою первинною продуктивністю GEP (2.7б), залежності між PRI та NDVI (2.7в)
- Рис. 2.8. Залежність між (sPRI\*NDVI) та NEE чистим потоком  $\text{CO}_2$  (а), залежність між (sPRI\*NDVI) та валовою первинною продуктивністю GEP ( $\text{mmol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}-1$  (б)).
- Рис. 2.9. Добові зміни потоку  $\text{CO}_2$  з ґрунту (А) та в атмосфері (Б) на полі озимого жита в червні-липні [4, с.59]. На осі абсцис — години доби, на осі ординат — концентрація  $\text{CO}_2$  ( $\text{г/м}^2 \cdot \text{год}$ ).
- Рис. 2.10. Розподіл сумарних річних значень GPP для центральних та південних областей України за вегетаційний цикл 2012–2013 рр.
- Рис. 2.11. Результати класифікації земного покриття в межах центральних регіонів території України за знімками MODIS/TERRA у 2013 р.
- Рис. 2.12. Динаміка GPP основних сільськогосподарських культур досліджених областей України (суцільна лінія — посіви озимих зернових, пунктирна лінія — посіви соняшнику, крапчаста лінія — посіви кукурудзи). По осі ОХ — початкова дата 8 денної серії знімку, по осі ОУ — GPP,  $\text{кг С/м}^2$  за добу  $\cdot 0.0001$
- Рис. 2.13. Динаміка GPP пасовищ та очерету (суцільна лінія — пасовища, штрих-пунктирна лінія — за росту очерету). По осі ОХ — початкова дата 8 денної серії знімку, по осі ОУ — GPP,  $\text{кг С/м}^2$  за день  $\cdot 0.0001$
- Рис. 2.14. Динаміка GPP деревостанів (суцільна лінія — листяні, пунктирна лінія — хвойні). По осі ОХ — початкова дата 8 денної серії знімку, по осі ОУ — GPP,  $\text{кг С/м}^2$  за день  $\cdot 0.0001$
- Рис. 2.15. Результати класифікації земного покриття в межах Миколаївської області за даними MODIS у 2013 р. для оцінки динаміки зміни GPP та NPP для посівів сільгоспкультур (табл. 2.11). Умовні позначення (кольори) див. на рис. 2.10
- Рис. 2.16. Результати класифікації земного покриття в межах Дніпропетровської області за даними MODIS у 2013 р. для оцінки динаміки зміни GPP та NPP для посівів сільгоспкультур (табл. 2.11)
- Рис. 2.17. Результати класифікації земного покриття в межах Черкаської області за даними MODIS у 2013 р. для оцінки динаміки зміни GPP та NPP для посівів сільгоспкультур (табл. 2.17, 2.18)
- Рис. 3.1. Сумарна величина викидів/поглинань ПГ та динаміка їх змін для України за період 1990–2012 рр. [39]

- Рис. 3.2. Сумарна величина емісій ПГ (Гг CO<sub>2</sub>-екв) прямої дії для України за період 1990–2012 рр. [39]
- Рис. 3.3. Викиди/поглинання ПГ в Україні за секторами, 1990–2012 рр., Гг CO<sub>2</sub>-екв. [39]
- Рис. 3.4. Схема поділу резервуарів вуглецю в екосистемі лісів, згідно МГЕЗК [38].
- Рис. 3.5. Стоки та емісії CO<sub>2</sub> (Гг CO<sub>2</sub>-екв.) за категоріями в секторі “ЗЗЗЛГ” в Україні за 1990–2012 роки [39]
- Рис. 3.6. Динаміка змін концентрації CO<sub>2</sub> над територією України за даними супутникового спостереження
- Рис. 3.7. Величини емісій CO<sub>2</sub> (в еквіваленті CO<sub>2</sub>, × 10<sup>9</sup>) за даними офіційної статистики (дані НЦОВПГ) [39 CRF] та супутникових спостережень (дані ЦАКДЗ)
- Рис. 3.8. Величини емісій CO<sub>2</sub> та CH<sub>4</sub> (в еквіваленті CO<sub>2</sub>, × 10<sup>9</sup>) за даними офіційної статистики [39 CRF] та супутникових спостережень (дані ЦАКДЗ)
- Рис. 3.9 Стоки та емісії CO<sub>2</sub> (Гг CO<sub>2</sub>-екв.) в категорії “Лісові площі” за резервуарами згідно табл. 3 [39 CRF]
- Рис. 4.1. Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми по десятиріччях за період 1901–2010 рр. 1 — глобальна, 2 — регіональна (зона мішаних лісів, зона широколистяних лісів, лісостепова зона), 3 — степова зона
- Рис. 4.2. Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми по десятиріччях за період 1901–2012 рр. по природним зонам України
- Рис. 4.3. Багаторічний хід річної температури повітря (°C) в Україні. 1 — фактичний хід, 2 — віковий хід (тренд)
- Рис. 4.4. Зовнішній вигляд програми, розробленої Апостолом О. А. для автоматизованого розрахунку аномально холодних та аномально теплих років
- Рис. 4.5. Відхилення річної температури повітря (°C) від кліматичної норми по тридцятирічним періодам з 1901–2012 рр. 1 — глобальна, 2 — регіональна по рівнинній частині України
- Рис. 4.6. Багаторічний хід опадів (мм) за період 1975–2012 рр. на окремих станціях України. 1 — п’ятирічні дані, 2 — тренд
- Рис. 4.7. Кількість опадів (% норми) за період 2001–2005 рр. за середніми місяцями сезону: а — січень, б — квітень, в — липень, г — жовтень (відсоток опадів менше норми: < 80 %, відсоток опадів в межах норми: 80–120%, відсоток опадів більше норми: > 120%)
- Рис. 4.8. Кількість опадів (% норми) за період 2006–2010 рр. за середніми місяцями сезону: а — січень, б — квітень, в — липень, г — жовтень (відсоток опадів менше норми: < 80%, відсоток опадів в межах норми: 80–120%, відсоток опадів більше норми: > 120%)
- Рис. 4.9. Збільшення частоти стихійних явищ у порівнянні з кінцем ХХ ст. на території України [66]
- Рис. 4.10. Схема розподілу метеостанцій на території досліджень використаних у роботі
- Рис. 4.11. Формування температури наземної поверхні (LST) за даними з супутника TERRA/MODIS
- Рис. 4.12. Хід температури за наземними та супутниковими Landsat 4, 5 даними
- Рис. 4.13. Хід температури за наземними та супутниковими Landsat 7 даними
- Рис. 4.14. Зіставлення наземних місячних значень температури за даними метеостанції “Сваторія” та температури земної поверхні за даними продукту MOD11C3. А) Графік наземних та супутникових даних температури та їх розходження. Б) Рівняння регресії та коефіцієнт кореляції
- Рис. 4.15. Моніторинг земного покриття на основі використання індексу посухи ID на території України за 2007 рік
- Рис. 4.16. Схема розвитку посух [109]
- Рис. 4.17. ГТК за 2009 р. (ГТК ≤ 0.5, ≤ 0.7) а) травень-червень; б) червень-липень; в) липень-серпень; г) травень-вересень.
- Рис. 4.18. Графік розподілу індексу посухи ID (Index of Drought) для обраного об’єкту за 2007 та 2013 рр. (Сахацький О. І., Апостолов О. А. [102])
- Рис. 4.19. Порівняння значень індексу посухи ID за весняними місяцями: а — квітень 2007 р., б — квітень 2013 р., в — травень 2007 р., г — травень 2013 р.
- Рис. 4.20. Порівняння значень індексу посухи ID за літніми місяцями: а — червень 2007р, б — червень 2013 р., в — липень 2007 р., г — липень 2013 р., д — серпень 2007 р., е — серпень 2013 р.
- Рис. 4.21. Порівняння значень індексу посухи ID за осінніми місяцями: а — вересень 2007 р., б — вересень 2013 р., в — жовтень 2007 р., г — жовтень 2013 р.
- Рис. 4.22. Порівняння усереднених значень індексу посухи ID за період з квітня по жовтень 2007 та 2013 років: а — за 2007 рік, б — за 2013 рік.
- Рис. 5.1. Розподіл частоти надзвичайних ситуацій на одиницю площі протягом фіксованого проміжку часу в середньому для всієї території України за період 1960–2010 в порівнянні із аналогічним показником в середньому у світі
- Рис. 5.2. Розподіл частоти різних типів надзвичайних ситуацій природного походження на одиницю площі протягом фіксованого проміжку часу в середньому для всієї території України за період 1960–2010 рр.
- Рис. 5.3. Прямі втрати від надзвичайних ситуацій природного походження в Україні, світі і Європі (EU-27<sup>1</sup>), розрахований в доларах США
- Рис. 5.4. Індекс збитків: оцінювані відносні втрати від надзвичайних ситуацій природного характеру віднесені до валового внутрішнього продукту на душу населення [13]
- Рис. 5.5. Індекс вразливості: оцінювані відносні втрати від надзвичайних ситуацій природного характеру віднесені до валового внутрішнього продукту на душу населення в перерахунку до щільності населення
- Рис. 5.6. Кореляція результатів ре-аналізу за алгоритмами NCEP/NCAR та KPCA з вимірами температури повітря на метеорологічних станціях по території досліджень в залежності від характерного лінійного масштабу досліджуваної ділянки (за даними аналізу регіону Північно-Західної частини України, територія українсько-го Полісся 1979–2010 рр.)
- Рис. 5.7. Кореляція результатів ре-аналізу за алгоритмами NCEP/NCAR та KPCA з вимірами кількості опадів на

метеорологічних станціях по території досліджень в залежності від характерного лінійного масштабу досліджуваної ділянки (за даними аналізу регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1979–2010 рр.)

Рис. 5.8. Кореляція результатів ре-аналізу за алгоритмами NCEP/NCAR, NCEP/DOE та KPCA з вимірами температури повітря на метеорологічних станціях по території досліджень в залежності від характерного лінійного масштабу досліджуваної ділянки (територія Причорноморської низовини 1979–2010 рр.)

Рис. 5.9. Кореляція результатів ре-аналізу за алгоритмами NCEP/NCAR, NCEP/DOE та KPCA з вимірами кількості опадів на метеорологічних станціях по території досліджень в залежності від характерного лінійного масштабу досліджуваної ділянки (територія Причорноморської низовини 1979–2010 рр.)

Рис. 5.10. Середньомісячні (червень-липень)  $T_{mean}$ , середньорічні  $T_{mean}^{annual}$ , максимальні  $T_{max}$  та мінімальні  $T_{min}$  зареєстровані у липні показники температури повітря по регіону досліджень на період 1985–2010 рр.

Рис. 5.11. Середньомісячна (червень-липень) кількість опадів по регіону досліджень на період 1985–2010 рр.

Рис. 5.12. Динаміка змін концентрації двоокису вуглецю над територією України за даними супутникового спостереження (з калібруванням за даними наземних спостережень)

Рис. 5.13. Розрахунок показників продуктивності рослинного покриву (GPP) за даними супутникової зйомки MODIS 2000–2011 рр.

Рис. 5.14. Розподіл середньої по регіону басейну рр. Західного Бугу та Прип'яті (Львівська, Волинська, Рівненська та Житомирська області) продуктивності рослинного покриву за період 2001–2011 рр. за даними супутникової зйомки MODIS із визначенням абсолютної похибки оцінювання

Рис. 5.15. Розподіл максимальних температур повітря у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.16. Розподіл мінімальних температур повітря у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.17. Розподіл максимальних і мінімальних температур повітря у зимовий сезон (грудень-лютий) у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.18. Розподіл максимальних і мінімальних температур повітря у весняний сезон (березень-травень) у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.19. Розподіл максимальних і мінімальних температур повітря у літній сезон (червень-серпень) у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.20. Розподіл максимальних і мінімальних температур повітря в осінній сезон (вересень-листопад) у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.21. Розподіл змін екстремальної температури повітря  $DT_{ext}$  у відповідності до зміни середньої річної температури (за даними аналізу метеорологічних спостережень регіону Північно-Західної частини України, територія українського Полісся 1990–2010 рр.)

Рис. 5.22. Розподіл визначених за даними супутникового спостереження MODIS місць займання поверхні протягом 2007 р.

Рис. 5.23. Розрахована за даними супутникових спостережень середня ймовірність виникнення пожежі (займання) на одиницю площі для окремих типів земних покривів за період 2003–2011 рр.

Рис. 5.24. Розрахунковий середній річний ризик ландшафтних пожеж на одиницю площі для окремих типів земних покривів за період 2003–2011 рр.

Рис. 5.25. Розподіл прогнозних показників ризиків займання і пожеж ( $1000 \text{ км}^2/\text{рік}$ )

Рис. 5.26. Середньорічний прогнозований ризик ландшафтних пожеж  $1000 \text{ км}^2/\text{рік}$

Рис. 5.27. Приклад визначення продуктивності рослинного покриву і потоків вуглецю за даними супутникових спостережень MODIS 2000, 2007 2009 для окремих територій [58]

Рис. 5.28. Осереднені розподіли продуктивності рослинності за даними супутникових спостережень MODIS (продукти MOD17 та MOD15A2)

Рис. 5.29. Розрахункові сценарії викидів для України, уточнені із врахуванням даних супутникових спостережень

Рис. 5.30. Розрахункові сценарії змін кліматичних показників для території України за умов середніх значень викидів парникових газів на період до 2050р. [61].

Рис. 5.31. Розрахунок змін біологічної продуктивності ландшафтів до 2025 р.

Рис. 5.32. Розрахунок змін біологічної продуктивності ландшафтів до 2050 р.

Рис. 6.1. Розрахункові зміни показників продуктивності сільськогосподарських культур (врожайності) [3] у відповідності до прогнозованої величини зміни температури повітря [63, 61]

Рис. 6.2. Порівняння поточного розподілу сільськогосподарських культур і модельного розрахунку оптимального розподілу, з урахуванням навантажень (кліматичних і екологічних змін) на період до 2025 [67, 33, 52, 64, 63]



Рис.6.3. Графічна модель вивчення взаємного впливу зміни Згуровським М. З.). Умовні позначення: I — зона мішаних (хвойно-широколистяних) лісів, II — зона широколистяних лісів, III — лісостепова, IV — степова зона, V — регіон Карпат, VI — регіон Криму

Рис.6.4. Діаграма щільності населення по регіонах України та питомої продуктивності природної (доантропогенної) біоти

Рис. 6.5. Копія екрану головного режиму програми

Рис. 6.6. Діаграма Q — ПВК

Рис. 6.7. Три типи розвитку: верхній —  $q = \text{const}$ , середній —  $\frac{d\Theta}{dt} < 0$ , нижній —  $\frac{d\Theta}{dt} > 0$

Рис. 6.8. Індекс сталого розвитку України за 2013 р. (за М. З. Згуровським): I — зона мішаних (хвойно-широколистяних) лісів; II — зона широколистяних лісів; III — лісостепова зона; IV — степова зона; V — регіон Карпат; VI — регіон Криму

Рис. 6.9. Інтегрований індекс соціоприродного розвитку регіонів України за 2012 рік

## ПРАВИЛА ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ АВТОРІВ

Дані правила складено на основі “Вимог ВАК до наукової статті, опублікованої у фаховому виданні” (<http://lib.exdat.com/docs/740/index-3150.html>), а також “Положення про електронні наукові фахові видання” (<http://vak.org.ua/fv/>).

Журнал є електронним науковим фаховим виданням, яке розповсюджується в мережі Інтернет у вільному доступі.

Журнал висвітлює нові дані науки і практики, теоретичні розробки, наукові узагальнення, результати експериментальних досліджень, дискусійні питання, нові концепції, гіпотези тощо. Розглядаються переважно об’єкти України, а також інших країн, якщо вони становлять загальнонауковий інтерес.

Журнал має такі розділи:

- наукові основи дистанційного дослідження Землі;
- методи і засоби оброблення та інтерпретації аерокосмічної інформації;
- використання інформації дистанційного дослідження Землі.

Видання орієнтовано на широке коло фахівців, практиків, науковців, викладачів, інженерів, аспірантів, студентів.

Редакція розглядає представлені матеріали з дотриманням авторських прав і етичних норм наукової публікації (Додаток 1).

Редакція приймає матеріали, які надаються українською, російською або англійською мовами.

### Представлення рукописів

Рукописи надсилають до редакції в електронному вигляді за адресою: [o.kudriashov@ujrs.org.ua](mailto:o.kudriashov@ujrs.org.ua) або ж на альтернативних електронних носіях за адресою: Україна, 01601, м. Київ, МСП, вул. Олеся Гончара, 55-Б, редакція журналу “Український журнал дистанційного зондування Землі”. Якщо об’єм графічних матеріалів перевищуватиме ліміт електронної

пошти, їх надсилають окремими листами з позначкою “Додаток до листа (назва листа)”.

До рукопису додають акт експертизи установи, де виконана робота, відомості про авторів (ім’я, по-батькові, прізвище, посада, науковий ступінь та вчене звання, повна офіційна назва установи, адреса, телефон та електронна адреса відповідального автора), а також “Авторську згоду” за підписом відповідального автора (див. Додаток 2) у форматі JPEG/PDF або паперові примірники.

### Загальні вимоги

Стаття може бути написана українською, російською або англійською мовами і повинна мати резюме (abstract), а також ключові слова (keywords). Анотація повинна висвітлювати основні результати досліджень, а не перелік питань розглянутих у статті. Рекомендується розбити матеріал статті на розділи (вступ, висновки і т. ін.). У кінці рукопису розміщують список використаних джерел, а після нього — назву статті, ініціали та прізвища авторів, резюме а також ключові слова двома мовами (російською та англійською, українською та англійською, або ж українською та російською відповідно до мови, якою написана стаття).

### Оформлення рукопису

Формат документу — Word-97–2003. Гарнітура — Times New Roman. Кегль — 10–12 пунктів. Розмір сторінки — А4.

Текст форматують *без переносів, абзацних відступів та інтервалів до та після рядка*. Виключка (вирівнювання) — по ширині, або по лівому краю.

Формат графічних додатків — TIFF/PNG, розрізнення — не менше 300 dpi/inch у масштабі сторінки, кольорова модель CMYK/RGB.

### Структура рукопису:

- УДК
- Назва статті (без аббревіатур, звичайне накреслення)
- Ініціали та прізвище автора (авторів). Ініціали відділяють проміжками (пробілами)
- Повна офіційна назва установи (установ), де виконано роботу, місто, країна (якщо автори працюють у різних установах перед назвою установи і після прізвища ставлять однукову цифру (верхній індекс))
- Електронна адреса та/або тел/факс відповідального автора. Перед ним та після прізвища ставлять астериск (зірочку)
- Резюме мовою статті (слово “Резюме” не пишуть)
- Ключові слова мовою статті
- © (знак авторського права), ініціали та прізвища авторів. Рік
- Текст статті
- Список літератури (“Література”)
- Назва статті, ініціали та прізвища авторів, резюме (abstract), а також ключові слова (keywords) двома мовами окрім мови статті

### Текст

Пробіли (проміжки). Слова, ініціали, скорочення, знаки математичних операцій, тире (ж, ×, с., р., і т. ін., мкм, Д. І. Менделєєв тощо) відділяють пробілами (але лише одним!). За правилами правопису проміжок обов'язковий після будь-якої крапки, адже крапка — ознака нового слова. Цією нормою де-факто часто нехтують між ініціалами, а між “і т. д...” і т. п.” — практично завжди. За нормами правопису не відділяють пробілами тире між цифрами (наприклад: 25–40 м), а також дефіс. Не ставлять пробіли усередині скобок, лапок, перед комою, крапкою, двокрапкою.

*Не слід робити абзацний відступ за допомогою пробілів або табулятора!* Для набору слів врозрядку користуйтеся не пробілами а міжлітерним інтервалом (Формат / Шрифт / Інтервал / Разреженный). Не набирайте текст увімкнувши Caps Lock.

Прізвища. Нагадуємо, що в текстах написаних українською мовою чоловічі українські та інші слов'янські прізвища відмінюються як відповідні іменники, а жіночі на приголосний та **о** — ні. Порівняйте: *у роботі Марії Сенник — Василя Сенника, ... дякуючи Надії Балій — Михайлові Балієві, за Ніною Байко — за Андрієм Байком*. Отже роблячи посилання на автора, який Вам відомий лише за ініціалами і прізвище якого закінчується на приголосний або на **о**, Вам доведеться дізнатися про його стать.

Формули треба набирати у редакторі Microsoft Equation, і не вставляти їх у текст у вигляді таблиць або зображень.

Будь ласка, не користуйтеся програмою Math Type.

Таблиці. Треба всіляко прагнути аби таблиці мали книжну орієнтацію. Формат — MS Word. Заголовки рядків і стовпців повинні бути якомога стислими, скорочень (окрім загальноприйнятих) треба уникати. Довгі і складні заголовки рекомендується оформити у зносках до таблиці. Усі таблиці повинні мати номери (якщо їх більше однієї) і заголовки (назви). Посилання на них у тексті обов'язкове. *Будь ласка, не вмонтовуйте таблиці у текст як зображення.*

### Ілюстрації

Усі рисунки потрібно пронумерувати (якщо їх більше одного). Посилання на них у тексті обов'язкове.

Ілюстрації (знімки, схеми, діаграми) вмонтовують у документ Word і *представляють окремими файлами у форматі TIFF* з розрізненням не менше 300 dpi на дюйм у масштабі публікації (формат публікації — A4). Рисунки повинні мати умовні знаки — наприклад, “прямокутники” з цифрою поряд.

Назву рисунка та пояснення умовних позначень треба винести до тексту.

Підписи під рисунками повинні виглядати так:

Рис. 1. Назва рисунка (якщо у рукописі лише один рисунок, слово “Рис.” не пишуть)

1 — пояснення умовного знака під номером 1; 2 — пояснення умовного знака під номером 2; 3 — пояснення умовного знака під номером 3 і так далі.

Графіки мають бути виконані з використанням графічних редакторів, які щонайменше відповідають рівню MS Excel. Не представляйте виконані від руки та відскановані матеріали.

### Література

Посилання на літературне джерело у тексті подають у квадратних скобках. У скобках указують порядковий номер роботи що цитується у списку літературних джерел. *Список літератури роблять за алфавітом.*

За алфавітним порядком спочатку ідуть джерела українською та російською мовами, а після — згідно латинської абетки — англійські — у порядку латинського алфавіту.

Бібліографічний опис документів складають згідно стандарту бібліографічного опису документів ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. (*Стандарт легко можна знайти у Інтернеті*).

При скороченні слів користуються ДСТУ 3582-97 “Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі” та ГОСТ 7.12.93 “Библиографическая запись. Сокращения слов на русском языке. Общие требования и правила”. При створенні опису іноземною мовою дотримуються також вимог ГОСТ 7.11-78 “Сокращение слов и словосочетаний на иностранных языках в

библиографическом описании произведений печати".  
Бібліографічні описи складають de visu, безпосередньо за оригіналами видань.

Роботи одного і того ж автора наводять у хроно-

логічному порядку. Роботи одного і того ж самого автора у разі наявності співавторів розміщують у алфавітному порядку з урахуванням прізвища другого автора.

## ДОДАТОК 1

### Авторські права і етичні норми наукової публікації

Передаючи матеріали до редакції, автор гарантує наявність у нього авторських прав на рукопис і дає згоду на публікацію тексту і метаданих статті (включаючи прізвища та ініціали авторів, місця їх роботи і e-mail автора для кореспонденції) в журналі, що має на увазі поширення в друкованому варіанті, розміщення електронних копій в мережі Інтернет на сайтах журналу і спеціалізованих наукових баз даних (у тому числі наукометричних), переклад іноземними мовами. При цьому за автором зберігається право використання опублікованого в журналі матеріалу в особистих (наукових, викладацьких) цілях. Але відтворення опублікованої інформації третіми особами в будь-якому вигляді, включаючи переклад іншими мовами, можливе лише з дозволу редакції з обов'язковим зазначенням повного бібліографічного посилання.

При поданні рукопису до редакції автори гарантують відсутність у них раніше опублікованих або поданих на розгляд в інші наукові видання матеріалів з аналогічним змістом. В іншому випадку автори повинні надати редактору інформацію щодо попередньої публікації даних, що містяться в статті.

## ДОДАТОК 2

### Авторська згода

*(документ має бути підписаний відповідальним автором публікації)*

Автори, направляючи рукопис у редакцію "Українського журналу дистанційного зондування Землі", погоджуються з тим, що редакції передаються права на захист и використання рукопису (переданого до редакції журналу матеріалу, в т. ч. такі охоронювані об'єкти авторського права як фотографії автора, рисунки, схеми, таблиці тощо), в тому числі на відтворення у пресі та в мережі Інтернет; на поширення; на переклад рукопису на будь-які мови; експорту та імпорту примірників журналу зі статтею авторів з метою розповсюдження, на доведення до загального відома. Зазначені вище права автори передають редакції без обмеження терміну їх дії і на території всіх країн світу без обмеження, в т. ч. на території України.

Автори гарантують наявність у них виняткових прав на використання переданого редакції матеріалу. Редакція не несе відповідальності перед третіми особами за порушення даних авторами гарантій. За Авторами зберігається право використання їх опублікованого матеріалу, його фрагментів і частин в особистих, у тому числі наукових і освітніх цілях. Права на рукопис вважаються переданими Авторами редакції з моменту підписання до друку випуску журналу, в якому він публікується. Передрук матеріалів, опублікованих у журналі, іншими фізичними та юридичними особами можливий тільки зі згоди редакції, з обов'язковим зазначенням випуску журналу, в якому було опубліковано матеріал.

*Я (відповідальний автор) підтверджую, що я достатньою мірою брав участь у розробці концепції/дизайну цієї роботи, аналізі даних, а також написанні рукопису для прийняття відповідальності за це. Я ознайомлений з остаточним варіантом рукопису і затвердив його для публікації. Жодного рукопису з аналогічним змістом не було опубліковано під моїм авторством і не розглядається для публікації в інших виданнях. Я також ознайомлений з вищенаведеними умовами опублікування рукопису та приймаю їх.*

*Дата, підпис*

Адреса редакції: Україна, 01601, м. Київ, МСП, вул. Олесь Гончара, 55-Б  
Редакція "Українського журналу дистанційного зондування Землі"  
Тел.: +380 44 486 94 05, 484 04 85; факс: +380 44 486 94 05, 486 1430. [www.ujrs.org.ua](http://www.ujrs.org.ua)



## ПРАВИЛА И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ АВТОРОВ

Данные Правила составлены на основе “Требований ВАК Украины к научной статье, опубликованной в научном издании” (<http://lib.exdat.com/docs/740/index-3150.html>), а также “Положения об электронных научных изданиях” (<http://vak.org.ua/fv/>).

Журнал является электронным научным изданием, которое распространяется в сети Интернет в свободном доступе.

В журнале публикуются новые данные науки и практики, теоретические разработки, научные обобщения, результаты экспериментальных исследований, дискуссионные вопросы, новые концепции, гипотезы и т. п. Рассматриваются преимущественно объекты Украины, а также других стран, если они представляют общенаучный интерес.

Журнал имеет следующие разделы:

- научные основы дистанционного исследования Земли;
- методы и средства обработки и интерпретации аэрокосмической информации;
- использование информации дистанционного исследования Земли.

Журнал рассчитан на широкий круг специалистов, практиков, ученых, преподавателей, инженеров, аспирантов, студентов.

Редакция рассматривает материалы публикаций с соблюдением авторских прав и этических норм научной публикации (Приложение 1).

Редакция принимает материалы, которые представляются на украинском, русском и английском языках.

### Представление рукописей

Рукописи представляют в редакцию в электронном виде по адресу: [o.kudriashov@ujrs.org.ua](mailto:o.kudriashov@ujrs.org.ua), или на альтернативных электронных носителях по адресу: Укра-

ина, 01601, г. Киев, МСП, ул. Олеса Гончара, 55-Б, редакция журнала “Украинский журнал дистанционного зондирования Земли”.

К рукописи прилагается акт экспертизы учреждения, где выполнена работа, сведения об авторах (учреждения, должности, научные степени и ученые звания), а также “Авторское соглашение” за подписью ответственного автора (см. Приложение 2) в формате JPEG/PDF. В случае принятия статьи на почтовый адрес редакции высылаются отпечатанные экземпляры рукописи и сопроводительных документов.

### Общие требования

Статья может быть написана на украинском, русском или английском языках и должна иметь резюме (abstract), а также ключевые слова (keywords). Аннотация должна содержать основные результаты исследований, а не перечень вопросов, рассмотренных в статье. Рекомендуется разбить материал статьи на разделы (введение, выводы и т. д.). В конце рукописи размещают список использованной литературы, а после него — название статьи, инициалы и фамилии авторов, резюме и ключевые слова на двух языках (русском и английском, украинском и английском, или на русском и украинском соответственно языку, на котором написана статья).

### Оформление рукописи

Формат документа — Word-97–2003.

Размер страницы — А4. Гарнитура — Times New Roman, кегль — 12 пунктов. Текст форматируют без переносов, абзацных отступов, выступов и интервалов до и после строки. Формат графических приложений — TIFF/PNG, разрешение — 300 dpi/inch, цветовая модель CMYK/RJB.

### Структура рукописи:

- УДК
  - Название статьи (без аббревиатур, строчными буквами)
    - Инициалы и фамилия автора (авторов). Инициалы отделяют пробелами
    - Официальное название учреждения (учреждений) где выполнена работа, город, страна
- Если авторы работают в разных учреждениях перед названием учреждения и после фамилии ставят одинаковую цифру (верхний индекс)
- Электронный адрес или тел/факс ответственного автора. Перед ним и после фамилии ставят астериск (звездочку)
  - Резюме на языке статьи (слово “Резюме” не пишут)
    - Ключевые слова на языке статьи
    - © (знак авторского права), инициалы и фамилии автора/авторов. Год
    - Текст статьи
    - Список литературы (“Литература”)
    - Название статьи, инициалы и фамилии авторов, резюме (abstrakt), а также ключевые слова на двух языках (русском и английском; русском и украинском, украинском и английском соответственно).

### Текст

**Пробелы.** Слова, инициалы, сокращения, знаки математических операций, тире (кг, с, р, и т. д., км, Д. И. Менделеев и тому подобное) отделяют пробелами (но лишь одним!). Согласно правилам правописания пробел обязателен после любой точки, ведь точка — это признак нового слова. Этой нормой де-факто часто пренебрегают между инициалами, а между “и т. д., и т. п.” — увы! — практически всегда. Пробелом не нужно отделять тире между цифрами (например: 25–40 м), а также дефис. Не делают пробел в середине скобок, кавычек, перед запятой, точкой, двоеточием.

*Не нужно делать азиатский отступ с помощью пробелов или табулятора!* Для набора слов в рядку пользуйтесь не пробелами а межбуквенным интервалом (Формат / Шрифт / Интервал / Разреженный). Не набирайте текст включив Caps Lock.

**Фамилии.** Напоминаем, что в текстах написанных по-украински мужские украинские и прочие славянские фамилии склоняются как соответствующие существительные, а женские на согласный и **о** — нет. Сравните: ...у роботі Марії Сенник — Василя Сенника, ... дякуючи Надії Балій — Михайлові Балієві, ...за Ніною Байко — за Андрієм Байком. Итак, если Вы пишете по-украински, ссылаясь на автора, который Вам известен лишь по инициалам и фамилия которого заканчивается на согласный или **о**, Вам придется разузнать мужчина ли это или женщина.

**Таблицы.** Формат таблиц — MS Word. По

возможности форматируйте таблицы в книжной ориентации. Размер кегля в таблицах можно уменьшить до 9 пунктов. Заголовки в таблицах делайте как можно более краткими, сокращений (кроме общепринятых) нужно избегать. Длинные и сложные заголовки рекомендуется оформлять в качестве сносок к таблице. Все таблицы должны иметь номера (если их больше одной) и заголовки. Ссылки на них в тексте обязательны. *Не вставляйте таблицы в текст как изображения!*

Формулы следует набирать в редакторе Microsoft Equation, и не вставлять их в текст в виде изображений. Формулам надо присваивать сквозную нумерацию.

Пожалуйста, не набирайте формулы в программе Math Type.

### Иллюстрации

Все рисунки нужно пронумеровать (если их больше одного). Ссылки на них в тексте обязательны.

Иллюстрации (снимки, схемы, диаграммы) вставляют в документ Word и представляют отдельными файлами в формате TIFF с разрешением не меньшим 300 dpi на дюйм в масштабе публикации. Рисунки должны иметь условные знаки — например в виде “кирпичиков” с цифрой справа. *Название рисунка и легенду нужно вынести в текст.*

Подписи под рисунками должны выглядеть так:

Рис. 1. Название рисунка (если в рукописи только один рисунок слово “Рис.” не пишут).

1 — пояснение условного знака под номером 1; 2 — пояснение условного знака под номером 2 и т. д.

Графики должны быть выполнены с использованием графических редакторов, которые, по крайней мере, отвечают уровню MS Excel. Не представляйте выполненные от руки и отсканированные материалы.

### Литература

Ссылки на литературный источник в тексте подают в квадратных скобках. В скобках указывают порядковый номер работы, цитируемый в списке литературных источников. *Список литературы делают по алфавиту.* В алфавитном порядке сначала идут источники на русском и украинском языках, а после — англоязычные — в порядке латинского алфавита. *Библиографическое описание документов составляют по стандарту библиографического описания документов ДСТУ ГОСТ 7.1:2006* (ГОСТ без труда можно отыскать в Интернете).

При сокращении слов пользуются ДСТУ 3582-97 “Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі” а также ГОСТ 7.12.93 “Библиографическая запись. Сокращения слов на русском языке. Общие требования и правила”. Библиографические описания составляют de visu.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Авторские права и нормы научной публикации

Передавая материалы в редакцию, автор гарантирует наличие у него авторских прав на рукопись и дает согласие на публикацию текста и метаданных статьи (включая фамилии и инициалы авторов, места их работы и e-mail автора для корреспонденции) в журнале, что подразумевает распространение в печатном варианте, размещение электронных копий в сети Интернет на сайтах журнала и специализированных научных баз данных (в том числе наукометрических), перевод на иностранные языки. При этом за автором сохраняется право использования опубликованного в журнале материала в личных (научных, преподавательских) целях. Но воспроизведение опубликованной информации третьими лицами в любом виде, включая перевод на другие языки, возможно только с разрешения редакции с обязательным указанием полной библиографической ссылки. При представлении рукописи в редакцию авторы гарантируют отсутствие ранее опубликованных ими или представленных на рассмотрение в другие научные издания материалов с аналогичным содержанием. В противном случае авторы должны предоставить редактору информацию о предыдущей публикации данных, содержащихся в статье.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## Авторское соглашение (документ должен быть подписан ответственным автором публикации)

Авторы, направляя рукопись в редакцию “Украинского журнала дистанционного зондирования Земли”, соглашаются с тем, что редакции передаются права на защиту и использование рукописи (переданного в редакцию журнала материала, в т. ч. такие охраняемые объекты авторского права как фотографии автора, рисунки, схемы, таблицы и т. д.), в том числе на воспроизведение в печати и в сети Интернет; на распространение; на перевод рукописи на любые языки; экспорта и импорта экземпляров журнала статье авторов с целью распространения, на доведение до всеобщего сведения. Указанные выше права авторы передают редакции без ограничения срока их действия и на территории всех стран мира без ограничения, в т. ч. на территории Украины. Авторы гарантируют наличие у них исключительных прав на использование переданного редакции материала. Редакция не несет ответственности перед третьими лицами за нарушение данных авторами гарантий. За авторами сохраняется право использования опубликованного материала, его фрагментов и частей в личных, в том числе научных и образовательных целях. Права на рукопись считаются переданными авторами редакции с момента подписания в печать выпуска журнала, в котором он публикуется. Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, другими физическими и юридическими лицами возможно только с согласия редакции, с обязательным указанием выпуска журнала, в котором был опубликован материал.

*Я (ответственный автор) подтверждаю, что я в достаточной степени участвовал в разработке концепции/дизайна этой работы, анализе данных, а также написании рукописи для принятия ответственности за это. Я ознакомлен с окончательным вариантом рукописи и утвердил его для публикации. Ни одна рукопись с аналогичным содержанием не была опубликована под моим авторством и не рассматривается для публикации в других изданиях. Я также ознакомлен с вышеуказанными условиями опубликования рукописи и принимаю их.*

*Дата, подпись*