



УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

ONLINE
ISSN 2313-2132

5' 2015



Починаючи 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 “Кієво-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 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

2015 • № 5

Засновник:	Електронний
Національна Академія наук України	науковий фаховий журнал.
Науковий центр аерокосмічних	Заснований у березні 2014 року.
досліджень Землі	Виходить щоквартально.
Інституту геологічних наук	Домашня сторінка: www.ujrs.org.ua
НАН України	E-mail: o.kudriashov@ujrs.org.ua

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

Мінімальні системні вимоги: Pentium III 600 Mhz, 128 Mb RAM
Windows-98, Internet Explorer 5.0
Acrobat Reader 5.0

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

В. І. ЛЯЛЬКО	головний редактор доктор геолого-мінералогічних наук, академік НАН України
М. О. ПОПОВ	заступник головного редактора 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, 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 (Росія, Санкт-Петербург)
О. Д. ФЕДОРОВСЬКИЙ	доктор фізико-математичних наук, член-кореспондент НАН України
В. Г. ЯКИМЧУК	доктор технічних наук

Секретар редакції О. В. Седлєрова / тел. +380 44 484 04 85 / sedlerovaolga@gmail.com

Дизайн, верстка О. І. Кудряшов / тел. +380 44 482 03 72 / o.kudriashov@ujrs.org.ua

Редактор сайту А. Ю. Порущкевич / 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

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ІНДЕКСІВ СПЕКТРОГРАМ ЛИСТЯ ДЕРЕВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ ЇХНЬОГО РОСТУ В м. КИЄВІ В. Г. Якимчук, Л. П. Ліщенко, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порушкевич	4
НЕОТЕКТОНІКА ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ ГІДРОГЕОХІМІЧНИХ УМОВ ЗОНИ АКТИВНОГО ВОДООБМІНУ (НА ПРИКЛАДІ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ) В. Г. Верховцев, О. П. Лобасов, О. В. Щербак, Т. В. Уварова	15
ВИДІЛЕННЯ НАФТОГАЗОПЕРСПЕКТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ У МЕЖАХ ПІВДЕННО–СХІДНОЇ ПРИРОЗЛОМНОЇ ЗОНИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ З. М. Товстюк, О. В. Титаренко, Т. А. Єфіменко, І. В. Лазаренко.	23
ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКА ЗАПАДИНА. УСПАДКОВАНІСТЬ РОЗВИТКУ СТРУКТУР, РОЗЛОМНИХ ЗОН І ЗОН РОЗУЩІЛЬНЕННЯ З. М. Товстюк, О. П. Головащук, І. В. Лазаренко.	27
ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАВДАНЬ ЕКОЛОГІЧНОЇ ГЕОМОРФОЛОГІЇ В МІСЬКИХ УМОВАХ (НА ПРИКЛАДІ ДОЛИНИ р. ЛИБІДЬ В м. КИЄВІ) Н. В. Пазинич, Л. П. Ліщенко, А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович, О. М. Терemenko.	33

Анонс. Розділи монографії

ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ І ЗМІНИ КЛІМАТУ В УКРАЇНІ: ОЦІНКИ ТА НАСЛІДКИ (РОЗДІЛ 3) В. І. Лялько, Д. М. Мовчан, Ю. В. Захарчук, І. Г. Артеменко	37
--	----

Правила та рекомендації для авторів

ПРАВИЛА ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ АВТОРІВ (UA)	57
ПРАВИЛА И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ АВТОРОВ (RU)	60

УДК 504.064.3:528.8:(535.33:581.45)(477-25)

Застосування спектральних індексів спектрограм листя дерев для оцінки екологічних умов їхнього росту в м. Києві

В. Г. Якимчук, Л. П. Ліщенко, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порущкевич*

Державна установа "Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної Академії Наук України", Київ, Україна

Отримана порівняльна характеристика оцінки екологічного стану довкілля за спектрограмами листя деревної рослинності за допомогою адаптивного спектрального індексу (АСІ). Значення інформативних довжин хвиль АСІ розраховані, виходячи з умови максимальної відстані між середніми значеннями індексів для різних районів м. Києва. АСІ обчислені для спектрограм листя клена, тополі та ясеня.

Ключові слова: стан довкілля, спектральні індекси рослинності, спектрорадіометр Fieldspec 3 FR

© В. Г. Якимчук, Л. П. Ліщенко, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порущкевич. 2015

Вступ

Несприятливий екологічний стан довкілля урбанізованих територій, особливо великих агломерацій, спровокований інтенсивністю автотранспорту та містобудівною техногенною діяльністю. Забруднення компонентів навколишнього середовища й безпосередньо рослинного покриву розподіляється на території міста нерівномірно і залежить від багатьох факторів. Для визначення особливостей прояву різної міри забруднення рослинності на урбанізованих територіях і для формування методико-технологічних схем моніторингових досліджень екологічного стану в міському середовищі необхідна розробка оперативних методів оцінки ступеня антропогенного впливу. Для цього пропонується використовувати дані дистанційного та польового спектрометрування рослинності на різних за екологічними характеристиками ділянках.

Критеріями, згідно яких проводилось виділення ділянок, стали наступні ознаки:

- фізико-географічне розташування (середмістя, північна, південна, східна, західна частина міста, передмістя);
- ландшафтна відповідність (природно-територіальні комплекси);
- функціональний тип використання (функціональні зони міста);
- еколого-мікрокліматичне районування міста;
- наявність певної екологічної ознаки (забруднення ґрунтів, повітря, водних об'єктів, складування сміття, несприятливі екзогенні процеси).

Проведення вимірювань і аналіз даних спектрометрування.

Для обстеження та спектрометрування на території м. Києва були обрані ділянки, екологічно

відносно безпечні з мало зміненими в результаті антропогенної діяльності компонентами (рослинність, вода, ґрунти):

а) ділянки біля озера Міністерка на північній околиці міста (далі — Міністерка);

б) ділянка в районі Жуків Острів на південній околиці міста;

в) ділянка на острові Гідропарк, заплава Дніпра, середмістя Києва (далі — Гідропарк).

Також були намічені й обстежені тестові ділянки, які відповідають територіям, пов'язаним із промисловими зонами або великими автомагістралями, які мають різний ступінь забруднення:

г) біля озера Нижній Опечень (Петрівка), північний район міста (далі — Опечень);

д) на перетині Дніпровської набережної та проспекту Дружби Народів, район середмістя (далі — Дружби Народів);

е) біля транспортної розв'язки вул. Саперно-Слобідської та Столичного шосе, в долині р. Либідь, біля північного схилу Лисої гори (далі — Саперно-Слобідська);

ж) біля метро Харківська, західний берег озера Вирлиця на проспекті Бажана (далі — Харківська).

Спектрометрування листя проводилося контактно 11 жовтня 2012 року. Гіперспектральна зйомка виконана спектрорадіометром Fieldspec® 3 FR у діапазоні 350–2500 нм у спектральних зонах з величиною смуги 1 нм. При зйомці отримані характеристики спектральних значень листя деревної рослинності, а саме тополі, ясеня і клена.

Місцезнаходження ділянок, де проведений відбір зразків для спектрометрування показано на рис. 1.

В результаті спектрометрування були отримані спектри відбиття листя ясеня, клена, тополі для всіх ділянок, які відрізняються між собою за едафічними та екологічними умовами. Порівняння спектральних кривих показало, що на тестових та еталонних ділянках існує суттєва різниця значень спект-

* e-mail: a.porushkevich@ujrs.org.ua



a



b



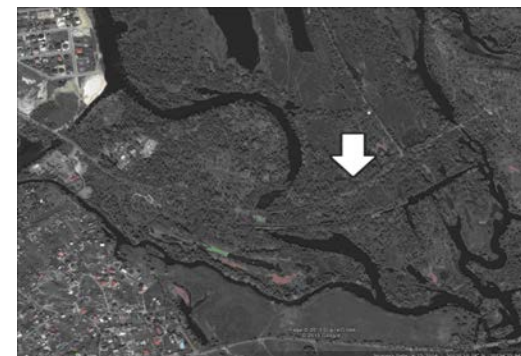
c



d



e



f



g

Рис. 1. Місцезонахона ділянок: (a) — Садерно-слобідська, (b) — Харківська, (c) — Опадечень, (d) — Дружби Народів, (e) — Міністерка, (f) — Жуків острів, (g) — Гідропарк

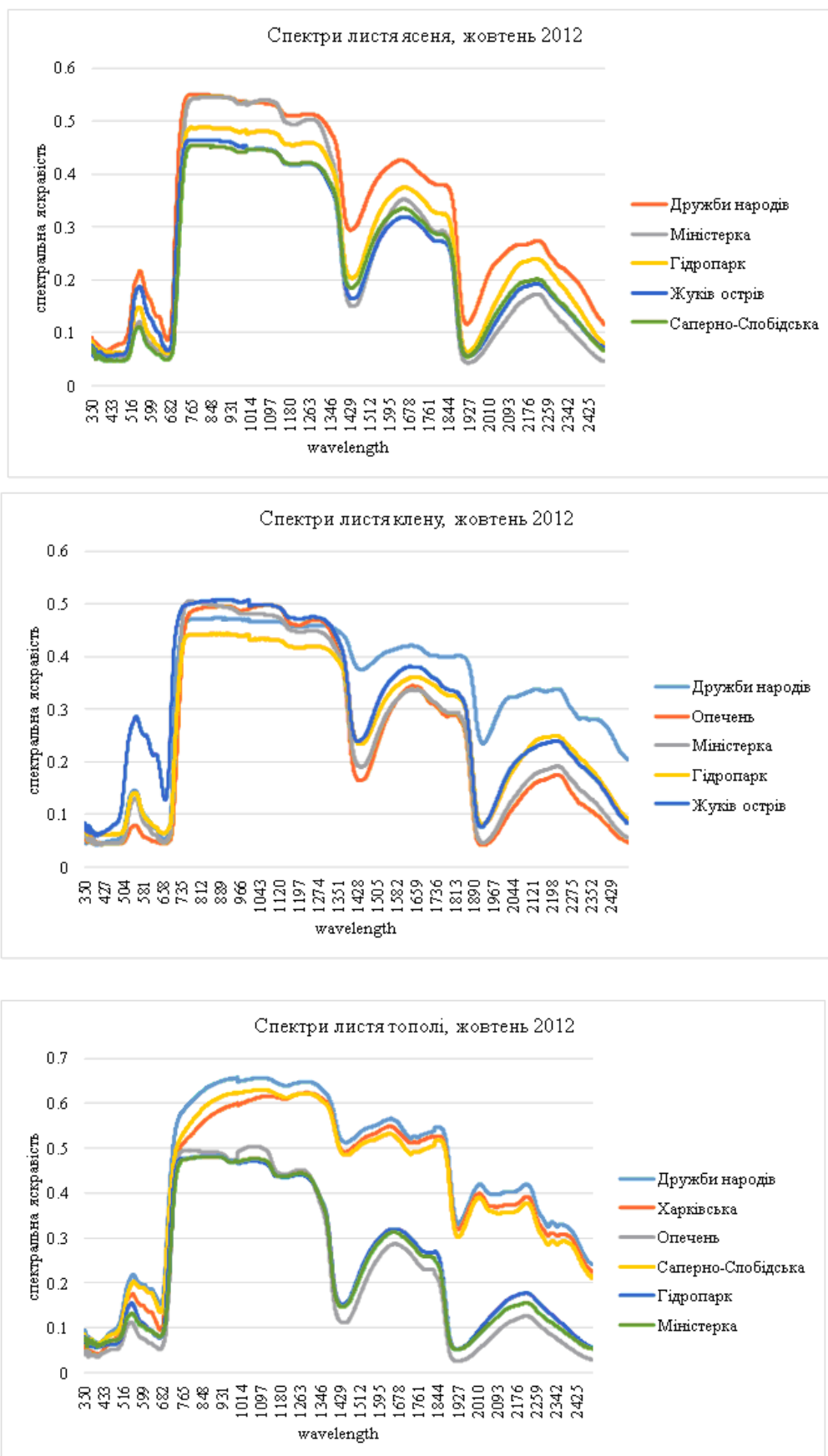


Рис. 2. Спектрограми листя ясеня, клену, тополі від 12 жовтня 2012 р.

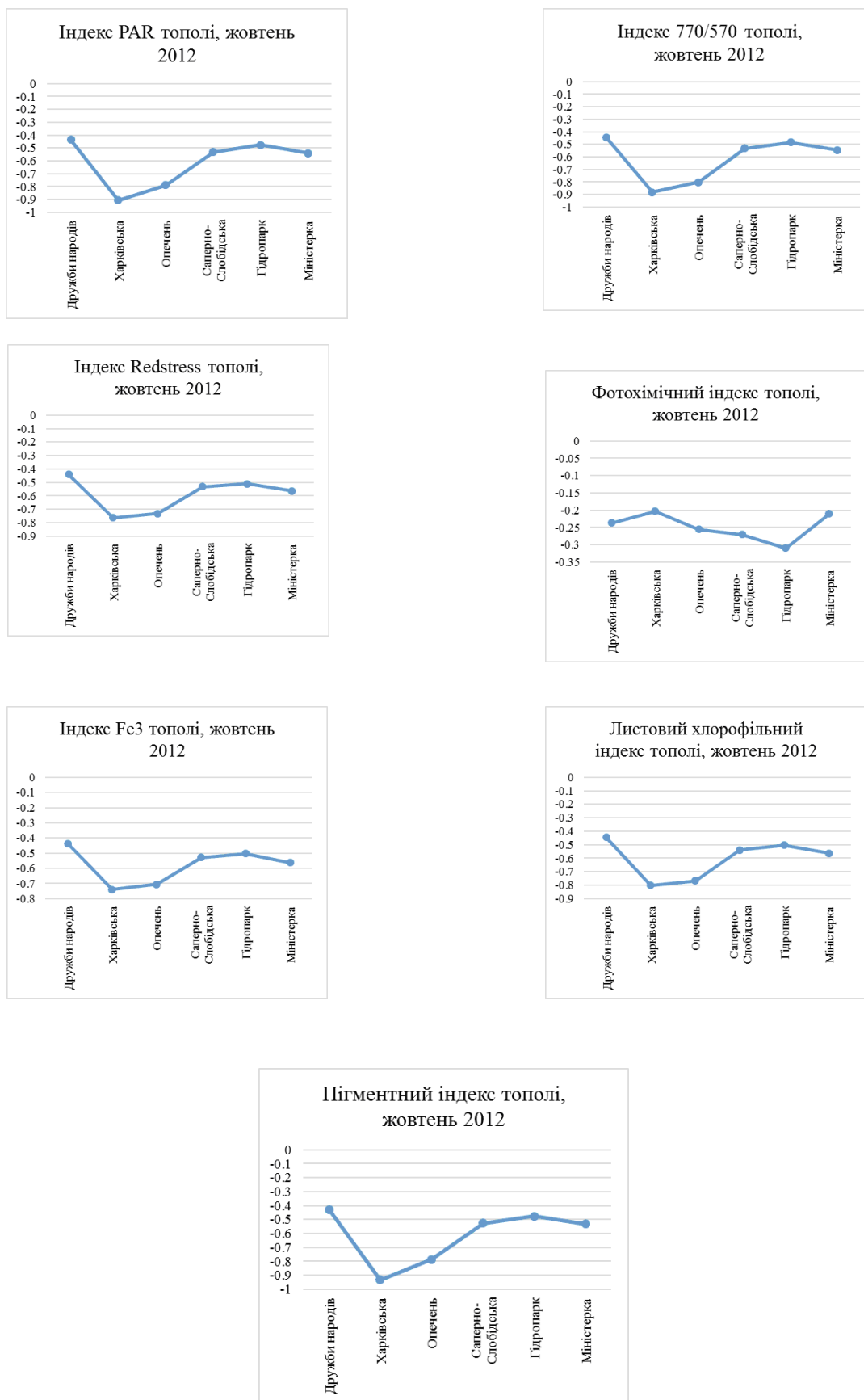


Рис. 3. Графіки різних індексів для тополі

рального відбиття (рис. 2). Спектральні криві у зеленому і червоному діапазонах мають відмінність в сигнатурі за рахунок вегетаційних показників і, можливо, за рахунок забрудненості повітря. Нажаль, лабораторні хімічні аналізи цих зразків не проводилися.

З усіх вегетаційних індексів, які представлені на сайті [6], який найбільш повно об'єднує всі доступні індекси для кількісних розрахунків стану листка, були вибрані наступні: різницевий хлорофільний, листовий, модифікована позиція червоного краю, індекси Вогельмана, вміст пігментів, вміст важких металів, ПАР, фотохімічний. Ці індекси найбільше підходять для оцінювання рослинності в стані стресу, коли у листках відбуваються зміни пігментів, каротиноїдів і антоціанів, води, целюлози, які у великій кількості знаходяться в пригніченій рослинності та накопичення важких металів на забруднених ділянках.

Як видно з графіків побудованих за цими індексами (рис. 3), наприклад, для листків тополі на 6 ділянках очікуваної залежності не встановлено. Ділянки Опечень і Харківська мають найнижчі показники, а Дружби Народів найвищі для більшості індексів.

Фотохімічний індекс для тополі найнижчий лише в Гідропарку, тоді як Харківська та Міністерка мають найвищі показники.

Для листя ясеня встановлено, що максимум важких металів та ПАР на Саперно-Слобідській та, чомусь, на Міністерці, а мінімальні, як і очікувалось на Жуковому острові. Для листя клену Опечень, Міністерка, Гідропарк — на одному рівні, а Дружби Народів і Жуків острові мають нижчі показники майже по всіх індексах, тому очевидного поділу за індексними показниками на чисті і забруднені ділянки не встановлено — очевидно на стан листка впливає більше факторів ніж було враховано — мікрокліматичні характеристики, ґрунт, вологість, вік дерева тощо.

Проблема

Головними факторами, які впливають на спектральні характеристики рослин, є пігменти, які відіграють виняткову роль у житті рослин, особливості внутрішньої будови листя, загальний вміст води [1]. У синій та червоній зоні спектра відбивна здатність рослин дуже низька, у зеленій зоні енергії відбивається більше, а в близькому інфрачервоному діапазоні спостерігаються максимальні значення коефіцієнтів відбиття для рослинності. Обумовлені вони особливостями внутрішньої будови листя і пов'язаними з ним високою пропускнуою та відбивною здатністю, при дуже низькому поглинанні енергії. У середньому інфрачервоному діапазоні сильний вплив на форму спектральної кривої мають смуги поглинання води в довжинах хвиль 1.4, 1.9 і 2.7 μm .

Більша частина падаючої енергії поглинається водою, наявною в листі, а інша її частина відбивається.

Гіперспектральна інформація вимагає нових підходів до аналізу даних, наприклад, для дешифрування гіперспектральних знімків застосовується спектральна функція зсуву по довжині хвилі електромагнітного випромінювання, як інтегральний показник спектральних характеристик елементів ландшафтів [7]. Значення кута нахилу спектральної функції зсуву зростає зі збільшенням частки рослинності на знімку й зменшенням ділянок без рослинності (ґрунт, дороги, дахи.).

Ефективність досліджень гіперспектральних знімків і спектрограм багато в чому визначається методами тематичної обробки даних зондування. Основною при тематичній обробці, безумовно, є система класифікації, при якій використовуються алгоритми контрольованої й неконтрольованої класифікації багатоспектральних даних [4, 2]. Центральне питання інтерпретації даних безпосередньо пов'язане із проблемою вибору адекватного алгоритму розпізнавання. Труднощі, які при цьому виникають обумовлені невідповідністю структури реальних даних моделі, яка використовується в алгоритмі розпізнавання.

Досвід автоматизованого розпізнавання спектрограм показує, що заздалегідь практично неможливо встановити, який алгоритм буде кращий з погляду точності класифікації. Тому доцільно вибір оптимального алгоритму проводити емпірично на етапі навчання за результатами класифікації тестових даних. Обраний алгоритм використовується потім для розпізнавання всього набору векторів вимірювань.

На сьогодні існує багато варіантів спектральних індексів. Вони підбираються експериментально (емпіричним шляхом), виходячи з відомих особливостей кривих спектральної відбивної здатності рослинності й ґрунтів.

Метод

Пропонується інформативні спектральні характеристики стану довкілля встановлювати на основі спектрального індексу — показника, що розраховується в результаті операцій з різними спектральними діапазонами (каналами) даних наземного зондування. В роботі [4] описано застосування адаптивного спектрального індексу (Adaptive Spectral Index - ASI), для якого визначаються оптимальні довжини хвиль, виходячи з умови максимального модуля різниці між значеннями індексів для еталонних точок на ділянках, газоновість яких підтверджується бурінням, і для ділянок без покладів вуглеводнів.

Розглянемо задачу дослідження стану довкілля м. Києва за матеріалами спектрометрування листя дерев для випадку двох класів територій: перший $ASI(s_i)$ і другий $ASI(s_j)$. У кожному класі є кілька

об'єктів. Передбачається побудувати алгоритм класифікації на основі адаптивних спектральних індексів.

Адаптивний спектральний індекс відмінності для еталонних точок двох ділянок визначається за оптимальними довжинами хвиль, які визначають стосовно умови максимальної відстані між середніми значеннями спектрального індексу на двох ділянках $ASI(c_i)$ і $ASI(c_j)$ з урахуванням їх середньоквадратичних відхилень.

Визначення оптимальних довжин хвиль λ_p і λ_q ($p = 1, 2, \dots, P - 1$), $q = 2, 3, \dots, P$, де P — кількість спектральних каналів, проводиться по наведеному далі алгоритму. Для спектрів, отриманих на першій ділянці ASI , визначається відповідно до виразу:

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

де c_i — точки першої ділянки, $i = 1, 2, \dots, I$, $p = 1, 2, \dots, P - 1$, $q = 2, 3, \dots, P$.

Для спектрів, отриманих на другій ділянці визначається відповідно до виразу:

$$ASI(s_j) = \frac{L(\lambda_p, s_j) - L(\lambda_q, s_j)}{L(\lambda_p, s_j) + L(\lambda_q, s_j)} \quad (2)$$

де s_j — точки другої ділянки $j = 1, 2, \dots, J$.

На основі середніх значень SI для першої ділянки $ASI(C)$ та другої $ASI(S)$ — обчислюється модуль їх різниці M_n :

$$M_n = |ASI(C) - ASI(S)| \quad (3)$$

Для підвищення точності ухвалення рішення про відмінність ділянок та врахування варіабельності значень індексів уздовж точок ділянки визначаються середньоквадратичні відхилення σ для $ASI(c_i)$ й σ $ASI(s_j)$.

Для множини N впорядкованих пар значень λ_p і λ_q відліків складаємо декартовий добуток $N^2[2]$ і обчислюємо значення

$$M = \frac{|\Delta ASI| - \sigma[ASI(C)] - \sigma[ASI(S)]}{|\Delta ASI|} \quad (4)$$

Значення (4) обчислюємо між усіма парами i -х точок першої ділянки й j -х точок другої ділянки, з отриманих значень $M_n(i, j)$ вибираємо найбільші, для яких фіксуємо пари довжин хвиль $\lambda_p(i, j)$ і $\lambda_q(i, j)$.

Класифікацію екологічного стану за спектрограмами листя дерев пропонується виконувати в просторі адаптивних спектральних індексів, що визначають відмінність першої й другої ділянки $M_n(i, j)$, обчислених за виразом (4), осі визначаються як відповідні значення пари довжин хвиль $\lambda_p(i, j)$ і $\lambda_q(i, j)$.

Алгоритм ухвалення рішення про екологічний стан за спектрограмами листя дерев по віднесенню до певного класу й об'єкту усередині класу побудо-

ваний на підставі визначення найближчого з отриманого при навчанні об'єкта.

Експеримент

Спектрограми листя дерев відображають стан елементів навколишнього середовища ґрунту й повітря. Дані про склад повітря в точках наземного спектрометрування одержані в Центральній геофізичній обсерваторії [8]. Пости Центральної геофізичної обсерваторії, які знаходяться недалеко від досліджуваних ділянок і місць зняття спектрів наведені в таблицю 1 і в таблицю 2 — характеристики забруднення повітря, які графічно представлені на рис. 4.

Дані [3] показують (таблиця 2, рис. 4), що хімічний склад повітря різних постів незначно відрізняється, за винятком поста 20 (вул. Саперно-Слобідська, у таблиці 2) за наявністю вуглецю. Отже, за спектрограмами листків дерев необхідно визначити інформативні ознаки, за якими можна класифікувати місця, які відрізняються кількістю вуглецю, і ще проаналізувати спектрограми інших постів на їх відмінність, яка може відображати інші повітряні домішки й склад ґрунту.

Для трьох порід дерев обчислюються відмінності пар ділянок $M_n(i, j)$, обчислені за формулою (4) та відповідні значення пари довжин хвиль $\lambda_p(i, j)$ і $\lambda_q(i, j)$, які представлені нижче на рисунках з позначеннями $WL1$ і $WL2$. Рис. 5 показує, що листя тополі на Саперно-Слобідський має порівняно більші значення M з такими ділянками, як Гідропарк ($M = 0.80$), Міністерка ($M = 0.80$) і Опечень ($M = 0.80$) і менші M з ділянками Харківське ($M = 0.23$) і Дружби народів ($M = 0.16$). Ці значення M розділяють усі ділянки стосовно Саперно-Слобідської на подібні з меншими значеннями M і не подібні — з більшими значеннями M . Останнє добре узгодиться з уявленнями про зазначені місця м. Київ. Ці ж уявлення про подібність точок спектрометрування добре узгоджуються з Рис. 6, так Дружба народів мало відрізняється від Харківської ($M = 0.21$) на протилежності відмінності від Гідропарку ($M = 0.82$), Міністерки ($M = 0.84$) і Опечня ($M = 0.95$). Рис. 7 демонструє відмінність Харківської від Гідропарку ($M = 0.92$), Міністерки ($M = 0.93$) і Опечня ($M = 1.06$). Рис. 8 і рис. 9 показують подібність Міністерки з Гідропарком ($M = 0.15$) і Опечнею ($M = 0.22$), а також Опечні з Гідропарком ($M = -0.25$ $M = -0.25$). Також слід звернути увагу на знаки: Саперно-Слобідська з Гідропарком, Міністерка і Опечень мають додатне значення; Дружба народів та Харківська з Гідропарком, Міністеркою і Опечнем — від'ємне значення.

Листя ясеня не має настільки значущих розходжень між різними породами (рис. 10–13), що, імовірно, обумовлене незначним поглинанням домішок з повітря, а тільки впливом ґрунту.

Листя клену на Дружбі народів (рис. 14) має порівняно більші значення M з такими ділянками, як

Таблиця 1.
Пости Центральної геофізичної обсерваторії

Розташування поста	Дружби народів	Харківська	Гідропарк	Опечень	Саперно-Слобідська
Номер посту	8	9	15	17. 21	20

Таблиця 2.
Характеристика забруднення повітря: середня концентрація, $\text{г}/\text{м}^3$

Назва домішки	Код домішки	Пости м. Києва					
		8	9	15	17	20	21
завислі речовини	1	0.1158	0.1598	0.0988	0.1032	0.1043	0.1494
діоксид сірки	2	0.0158	0.0157	0.0159	0.0184	0.0191	0.178
оксид вуглецю	4	1.2293	1.0577	1.164	1.0511	29059	1.1727
діоксид азоту	5	0.0985	0.1253	0.0655	0.1219	0.1392	0.1395
фенол	10	0.004	0.0038		0.0047		0.0044
аміак	19		0.0084		0.0094	0.0119	0.0091
формальдегід	22	0.0075	0.0079		0.0081	0.0112	0.0094

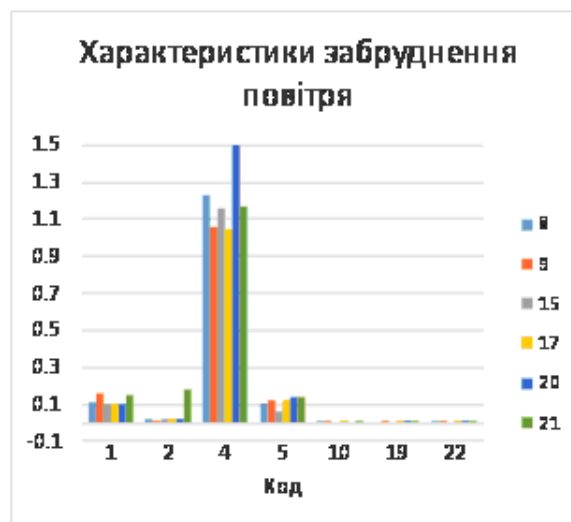
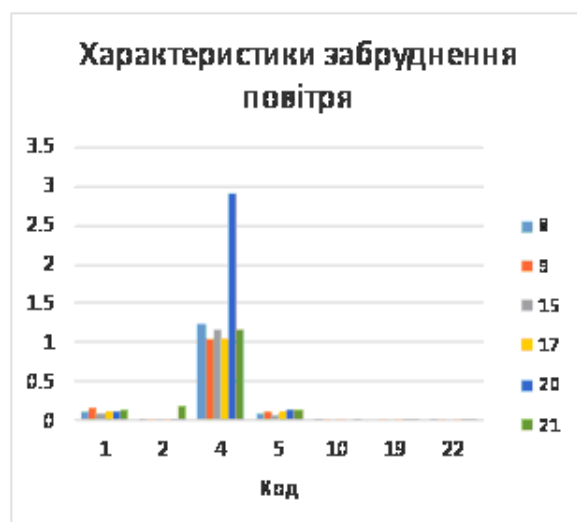


Рис. 4. Характеристики забруднення повітря (а) та фрагмент в збільшеному масштабі (б)

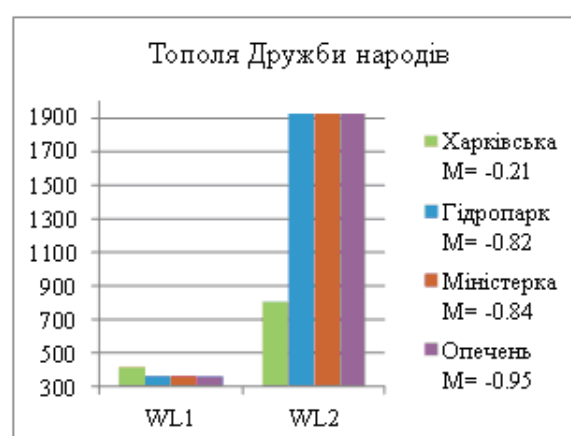
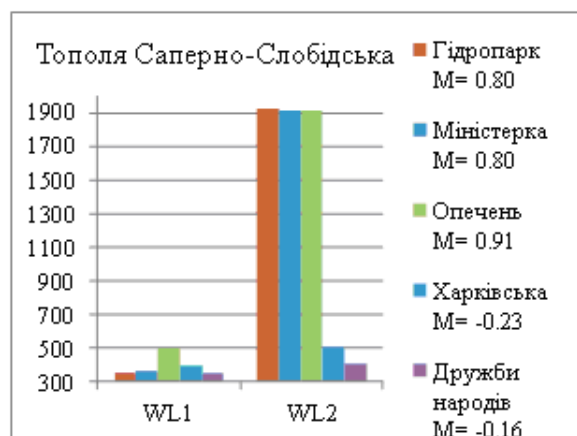


Рис. 5

Рис. 6

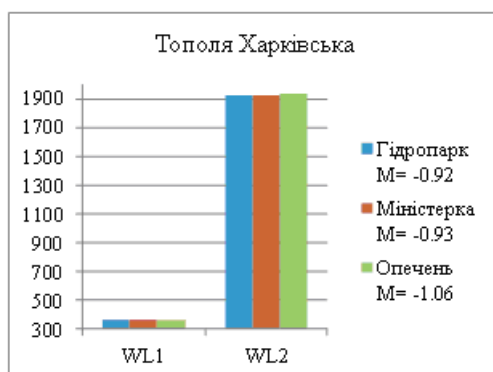


Рис. 7

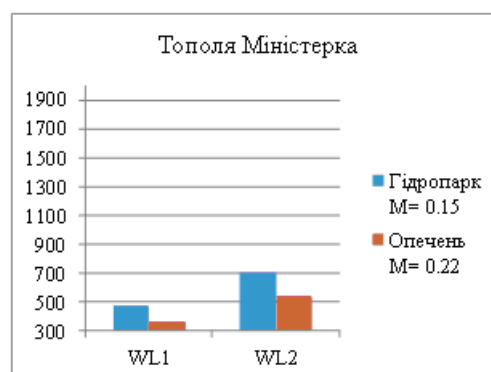


Рис.8



Рис.9

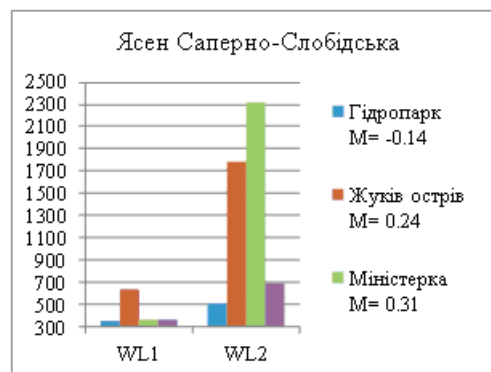


Рис.10

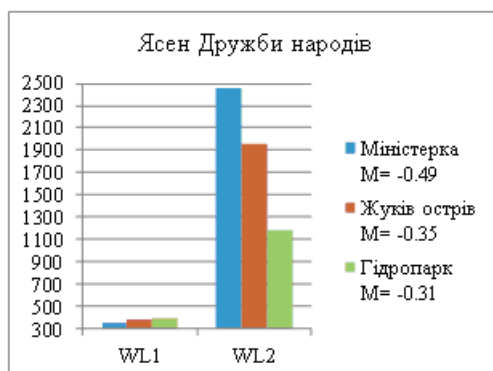


Рис.11

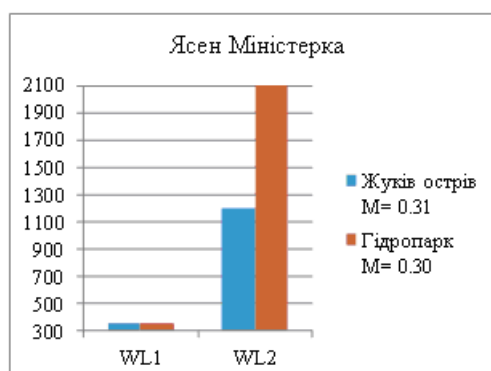


Рис.12



Рис.13

Міністерка ($M = -0.82$) і Опечень ($M = -0.88$), Гідропарк ($M = -0.62$) і Жуків острів ($M = -1.02$), які близькі до значень тополі (рис. 18, 19) показують подібність Міністерки з Опечнем ($M = -0.62$), Гідропарком ($M = -0.31$) і Жуковим островом ($M = -0.47$); Опечень з Гідропарком ($M = -0.47$), а ось на рис. 16, 17 Опечень із Жуковим островом ($M = -0.65$) і Гідропарк із Жуковим островом ($M = -0.59$) більше відрізняються.

Представлені на рис. 5–17 значення, обчислені відповідно до формули (4), й відповідні пари довжин

хвиль і зведені в спільні таблиці для тополі (таблиця 3), для ясеня (таблиця 4) і для клена (таблиця 5). У цих таблицях виділені пари ділянок: сірим кольором, на яких ростуть 3 породи тополя, ясен і клен; бузковим – 2 породи тополя і ясен; блакитним — ясен і клен.

Висновки

Результати застосування адаптивних спектральних індексів на прикладі листя тополі, ясеня та клена на відносно екологічно безпечних ділянках те-

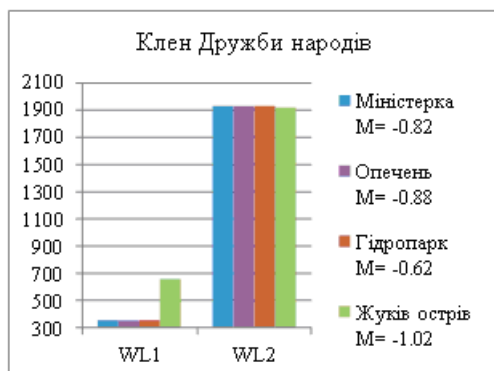


Рис.14

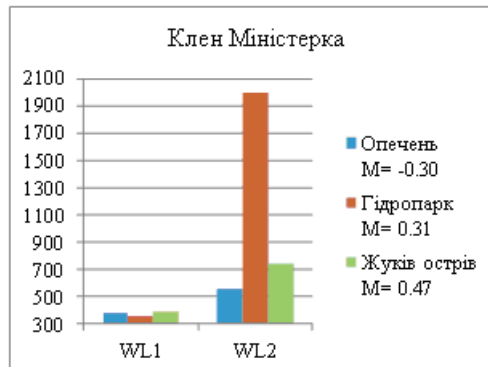


Рис.15

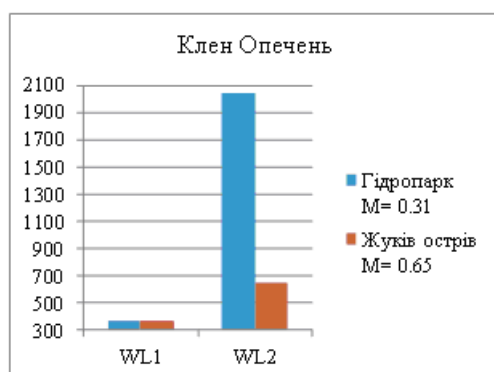


Рис.16

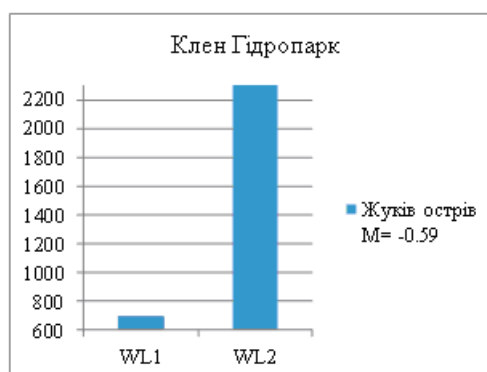


Рис.17

Таблиця 3

Тополя	Дружби Народів		Харківська		Міністерка		Опечень		Гідропарк	
	WL1	WL2	WL1	WL2	WL1	WL2	WL1	WL2	WL1	WL2
	M		M		M		M		M	
Харківська	413	803								
Міністерка	365	1923	368	1926						
Опечень	362	1926	361	1930	366	537				
Гідропарк	362	1924	359	1927	470	701	497	1896		
Саперно-Слобідська	357	407	391	511	360	1916	496	1915	354	1925

Таблиця 4

Ясен	Дружби Народів		Міністерка		Гідропарк		Жуків острів	
	WL1	WL2	WL1	WL2	WL1	WL2	WL1	WL2
	M		M		M		M	
Міністерка	369	1961						
		-0,49						
Гідропарк	401	1179	357	2464				
		-0,31		0,30				
Жуківострів	384	1962	357	1197	697	2026		
		-0,35		0,31		-0,31		
Саперно-Слобідська	362	694	371	2317	350	504	639	1782

Таблиця 5

Клен	Дружби народів		Міністерка		Опечень		Гідропарк	
	WL1	WL2	WL1	WL2	WL1	WL2	WL1	WL2
	M		M		M		M	
Міністерка	355	1927						
		-0,82						
Опечень	359	1927	375	551				
		-0,88		-0,30				
Гідропарк	360	1928	352	2000	367	2047		
		-0,62		0,31		0,31		
Жуківострів	657	1915	391	738	371	646	693	2318

риторії м. Києва з мало зміненими в результаті антропогенної діяльності компонентами (рослинність, вода, ґрунти) показали, що, тополя на Саперно-Слобідській і Дружби народів, а також клен на Дружби народів мають порівняно більші відмінності АСІ з такими ділянками, як Гідропарк, Міністерка, Опечень і Жуків острів. Цей факт не суперечить даним Центральної геофізичної обсерваторії про склад повітря в точках наземного спектрометрування. Однак, застосування АСІ до листя ясеня не показало таких результатів, які можна трактувати як незначну поглинальну здатність листя ясеня. Відмінності АСІ в екологічно подібних ділянках може свідчити про вплив інших факторів, наприклад, ґрунту.

Проведені дослідження показали принципову можливість використання адаптивних спектральних індексів для класифікації породи дерев в залежності від умов зростання при відомому місцезнаходженні (наприклад, на гіперспектральному знімку) або за визначенням умов вегетації при відомій породі дерева (наземні спектрограми в досліджуваному районі). Для цієї мети використовується інформація про довжини хвиль адаптивного спектрального індексу WL1 і WL2, а також значення модуля різниці АСІ для різних об'єктів.

Література

1. Кочубей С. Н. Спектральные свойства растений как основа методов дистанционной диагностики. / С. Н. Кочубей, Н. И. Кобец, Т. М. Шадчина. — К.: Наукова думка, 1990. — 136 с.
2. Кузнецов С. Д. Основы баз данных. — 2-е изд. / С. Д. Кузнецов. — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 484 с.
3. Праці Центральної геофізичної обсерваторії / Під ред. О. О. Косовця. — К.: Інтерпрес ЛТД, 2000–2012 рр.
4. Федоровский А. Д. Прогнозирование и поиск месторождений нефти и газа на основе спектрофотометрирования растительного покрова. / А. Д. Федоровский, В. Г. Якимчук, А. И. Архипов [та ін.]. // Геоінформатика. — 2010. — №3. — С. 44–47.
5. Якимчук В. Г. Дешифрування гіперспектральної космічної інформації на основі текстурних і спектральних характеристик досліджуваних об'єктів. / В. Г. Якимчук, К. Ю. Суханов, З. В. Козлов, Л. П. Ліщенко. // Доповіді Національної академії наук. — 2008. — № 2. — С. 129–134.
6. Application: Vegetation Biomass. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: indexdatabase.de
7. Marco A. Peca. 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. Remote Sensing: The Quantitative Approach // Edited by P. H. Swain and S. M. Davis. — USA: McGraw-Hill, Inc., 1978. — 396 p.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ СПЕКТРОГРАММ ЛИСТЬЯ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ИХ РОСТА В г. КИЕВЕ

В. Г. Якимчук, Л. П. Лищенко, К. Ю. Суханов, А. Ю. Порушкевич

Получена сравнительная характеристика оценки экологического состояния окружающей среды по спектрограмме листьев древесной растительности с помощью адаптивного спектрального индекса (АСИ). Значение информативных длин волн АСИ рассчитаны, исходя из условия максимального расстояния между средними значениями индексов для различных районов г. Киева. АСИ вычислены для спектрограмм листьев клена, тополя и ясеня.

Ключевые слова: состояние окружающей среды, спектральные индексы растительности, спектрорадиометр Fieldspec 3 FR

APPLICATION OF SPECTRAL INDICES OF THE TREE LEAVES SPECTROGRAMS FOR ASSESSING THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THEIR GROWTH IN KIEV

V. H. Yakymchuk, L. P. Lishchenko, K. Yu. Sukhanov, A. Yu. Porushkevych

The comparative description of the environmental state assessment based on the spectrogram of the leaves of the woody vegetation with adaptive spectral index (ASI) is obtained. Informative wavelengths values of ASI were calculated using the idea of the maximum distance between the average index values for the different districts of Kyiv. ASI was calculated for spectrograms of the leaves of the maple, ash tree and poplar.

Keywords: environmental conditions, spectral indices, Fieldspec 3 FR

УДК 551.248.2:556.314

Неотектоніка та її вплив на формування гідрогеохімічних умов зони активного водообміну (на прикладі Херсонської області)

В. Г. Верховцев¹, О. П. Лобасов¹, О. В. Щербак^{1*}, Т. В. Уварова²¹ ДУ "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України", Київ, Україна² Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ, Україна

В статті розглянуто вплив новітньої тектоніки на формування хімічного складу питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу. На основі морфометричного підходу із застосуванням геоінформаційних та морфографічних методів дослідження, визначено наступні неотектонічні критерії: відносна інтенсивність вертикальних неотектонічних рухів, сумарна амплітуда вертикальних пізньопліоцен-четвертинних рухів, виділено новітні лінійні та кільцеві структури. На регіональному рівні встановлено наявність слабкого статистичного зв'язку між макрокомпонентним складом питних підземних вод верхнього міоцену та неотектонічною активністю регіону.

Ключові слова: неотектоніка, питні підземні води, хімічний склад, морфометричні параметри, Херсонська область
© В. Г. Верховцев, О. П. Лобасов, О. В. Щербак, Т. В. Уварова. 2015

Вступ

Формування ресурсів питних підземних вод зони активного водообміну здійснюється під сукупним впливом багатьох режимотворюючих факторів, серед яких інколи важко виділити домінуючі, що зумовлюють ті чи інші зміни режиму підземних вод. Більшість таких природних регіональних факторів (фізико-географічні, геологічні, гідрогеологічні) є пасивними, однак під впливом техногенезу ступінь та напрям їх впливу може змінюватись в часі.

Новітній тектоніці як фактору формування ресурсів питних підземних вод, відводиться зазвичай мало уваги. На сьогодні відомий вплив неотектонічних рухів на гідрогеодинамічні умови та фільтраційні властивості водовміщуючих порід зони активного водообміну. Так, в зонах переважних опускань території на цьому етапі розвитку спостерігається висока обводненість водовміщуючих порід, тоді як в зонах підняття — вони, як правило, здреновані і мають незначні ресурси підземних вод.

Однак, залишається майже не вивченим питання впливу неотектоніки на гідрогеохімічні умови. А це один із факторів міграції хімічних елементів до експлуатаційних водоносних горизонтів та як можливий наслідок — забруднення підземних вод, що робить їх непридатними для питних цілей.

Саме тому дослідження впливу неотектоніки на хімічний склад питних підземних вод має як наукову так і практичну цінність. Для вивчення обрано територію Херсонської області, відому своїми водно-екологічними проблемами, що сягнули рівня національних загроз. Регіон відчуває дефіцит ресурсів питних вод належної якості, внаслідок забруднення питних підземних вод в умовах техногенезу.

Неотектонічні та гідрогеологічні особливості території досліджень

В геоструктурному відношенні основна частина Херсонської області належить до північного крила Причорноморської западини. В її будові приймають участь інтенсивно дислоковані утворювання докембрійського кристалічного фундаменту та осадовий чохол, представлений серією моноклінально залягаючих шарів, які занурюються з півночі на південь в напрямку до осі западини.

Глибоко опущений фундамент (до 2 000 м) має ступінчасто-глибову будову. Границі глиб співпадають із зонами регіональних тектонічних порушень, закладання яких мало місце в докембрії і палеозої, але найбільш інтенсивні зрушення відбувалися в мезозої, активізація їх фіксується ще пізніше, включаючи четвертинний час. Повздовжні регіональні розломи фундаменту мають північно-західний та західно-північно-західний напрямок і простягаються на сотні кілометрів. Вони мають тривалий розвиток, по них не однократно відбувались зрушення в платформну стадію розвитку. Розломи докембрійського закладання (Скадовський, Криворізький, Молочанський) мають субмеридіональне, а також субширотне (східно-північно-східне) простягання (Болград-Генічеський, Джанкойський, Херсонсько-Мелітопольський). Регіональні розломи ускладнені більш дрібними диз'юнктивними порушеннями. Морфологія регіональних розривів та їх роль у формуванні режиму горизонтів підземних вод вивчена досить погано [4].

Серед регіональних розломів відомий вплив лише Ямпіль-Оріховської зони на підвищення мінералізації підземних вод крейдового та палеогенового водоносних горизонтів вздовж лінії смт. Велика Лепетиха – Верхній Рогачик. Що стосується водоносних горизонтів, які вміщують ресурси питних вод, то

*e-mail: scherbak_olesia@ukr.net

вплив регіональних розломів на них відсутній, за винятком району м. Генічеськ та півострову Чонгар, де підвищення мінералізації підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу (ВК) викликано розвантаженням глибинних мінералізованих вод в перетинах наступних розломних зон: Братсько-Перекопської з Одесько-Перекопською та Оріхово-Павлоградської з Одесько-Перекопською [4].

За регіональними особливостями гідрогеологічної будови територія Херсонської області належить Причорноморській водоносній системі (відповідно до термінології запропонованої В. Шестоपालовим та ін. [11]) або Причорноморському артезіанському басейну (попередня назва, за А. Семихатовим, Г. Каменським, А. Бабінцем та ін.), який був виділений на основі геолого-структурного принципу.

Підземні води на даній території залягають у відкладах різного віку, генезису та літологічного складу — від тріщинуватої зони кристалічного фундаменту до плейстоценових та сучасних (голоценових). З точки зору наявності ресурсів питних підземних інтерес становлять водоносні горизонти верхньої частини зони активного водообміну, потужність якої змінюється від 300 м на півночі до 200 м на півдні. Ресурси питних підземних вод зосереджені переважно в неогенових відкладах, у меншій мірі палеогенових (на півночі області) та четвертинних (південно-західна частина). Основним джерелом питного водопостачання на території області є підземні води у відкладах верхнього міоцену. Ці відклади мають повсюдне поширення в

межах області та представлені, в основному, водопроникними породами (тріщинуваті вапняки з прошарками пісків, глин, рідше мергелів), що утворюють серію водоносних горизонтів у відкладах понтичного, меотичного та сарматського регіоярусів, які гідравлічно зв'язані між собою, утворюючи єдиний ВК, відомий під назвою основний неогеновий або верхньоміоценовий. Потужність водовміщуючих порід верхнього міоцену збільшується з півночі на південь від 5–10 до 50–60 м на правобережжі Дніпра та від 5–10 до 200 м на лівобережжі. В цьому ж напрямку зростає і глибина залягання від часток метра до 120–140 м. Коефіцієнт фільтрації комплексу змінюється від 40 до 960 м/добу, коефіцієнт водопровідності — від 50 до 15 000 м²/добу при ефективній потужності 10–40 м [2, 5, 6].

Велике значення для розуміння сучасної гідрогеологічної обстановки регіону має вивчення неотектонічних рухів. А. Насадом дана кількісна характеристика неотектонічних рухів та виконане неотектонічне районування Північного Причорномор'я (рис. 1.). Всю територію Північного Причорномор'я він розділив на дві області за сумарним ефектом неотектонічних рухів: північну і південну, границя між якими співпадає з Херсонсько-Мелітопольським розломом. Північна область характеризується відносним сумарним підняттям (амплітуда підняття в західній частині 120 м, у східній — 30 м), південна — опусканням (амплітуда опускань до 50 м на заході та до 30 м на сході).

Також, на думку А. Насада, з неотектонічними ру-

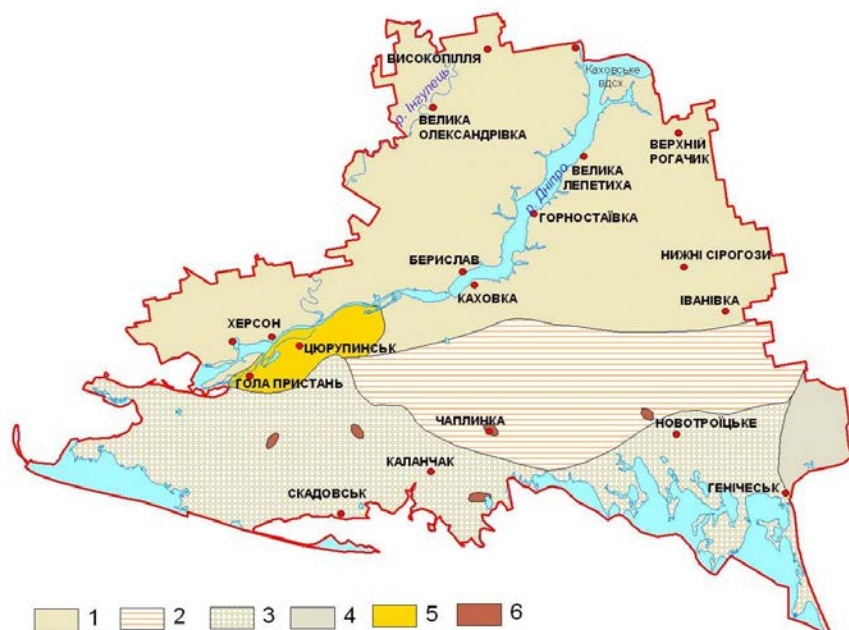


Рис. 1. Схема неотектонічного районування (складена за матеріалами А. Насада [5]): 1 — область олігоцен-ранньопліоценових опускань, що змінилися середньопліоценовими та четвертинними підняттями; 2 — область олігоцен-середньопліоценових опускань, що змінилися четвертинними слабкими підняттями; 3 — область стійких олігоцен-неоген-четвертинних опускань; 4 — область олігоцен-четвертинних опускань, що змінилися в пізньому сарматі-понті підняттями; 5 — ділянка відносно підвищених значень пізньочетвертинних та сучасних підняття (Олешківське підняття); 6 — локальні підняття, виявлені в поверхні фундаменту

хами в четвертинному періоді вздовж Херсонсько-Мелітопольського розлому, що мали стрибкоподібний характер, пов'язано перезagliблення долини Дніпра та її переміщення в районі Каховки на північний захід [5].

Херсонська область знаходиться у східній частині Північного Причорномор'я і характеризується відносно невеликими амплітудами неотектонічних рухів. В зонах підняття території активізується рух підземних вод, відбувається інтенсивне дренування верхніх горизонтів.

За результатами співставлення схеми неотектонічного районування та карти водопровідності верхньоміоценового ВК (рис. 1, 2), ще під час робіт з регіональної оцінки запасів підземних вод Причорноморського артезіанського басейну [5], зроблено висновок про те, що неотектонічні рухи території впливають на формування кількості ресурсів підземних вод верхньоміоценового ВК. Найбільшою обводненістю відклади верхнього міоцену характеризуються в зонах неотектонічних опускань. А найменшою — ділянки, які на неотектонічному етапі розвитку Причорноморського артезіанського басейну відчували переважно висхідні рухи.

Методика та результати дослідження

В ході дослідження використано морфометричні, геоінформаційні та статистичні методи. Досліджувалась наявність статистичного зв'язку між показниками хімічного складу питних підземних вод

верхньоміоценового ВК та показниками неотектонічної активності території (інтенсивність та амплітуди вертикальних рухів, наявність новітніх лінійних та кільцевих структур).

Авторами розглядався лише пізньопліоцен-четвертинний (що триває і нині) підетап розвитку тектоніки регіону, що характеризується практично повсюдними переважаючими підняттями в межах материкової частини території України, які сформували її сучасний вигляд.

Визначення неотектонічних показників території виконувалось за допомогою морфометричного аналізу за методикою В. Філософова [8, 9], який дозволяє виявити неотектонічні структури різних порядків та оцінити інтенсивність їх вертикальних рухів за даними графічного розкладання рельєфу на базисні, залишкові, вершинні та ерозійні поверхні відповідно порядкам річкових долин та вододільних ліній. Для побудови перерахованих поверхонь використовувался як класичний прийом графічних побудов на топографічних картах з використанням аерокосмічних матеріалів, так і інноваційний підхід — оснований на методах теорії ймовірності та математичної статистики (І. Чернова та ін. [3, 10]).

Інтенсивність вертикальних неотектонічних рухів в даному дослідженні оцінювалась на основі таких основних морфометричних параметрів як енергії рельєфу та різниці вершинної і базисної поверхонь рельєфу, які найкраще відображають специфіку вертикальних рухів. Розрахунок морфометричних параметрів виконано за статистичним

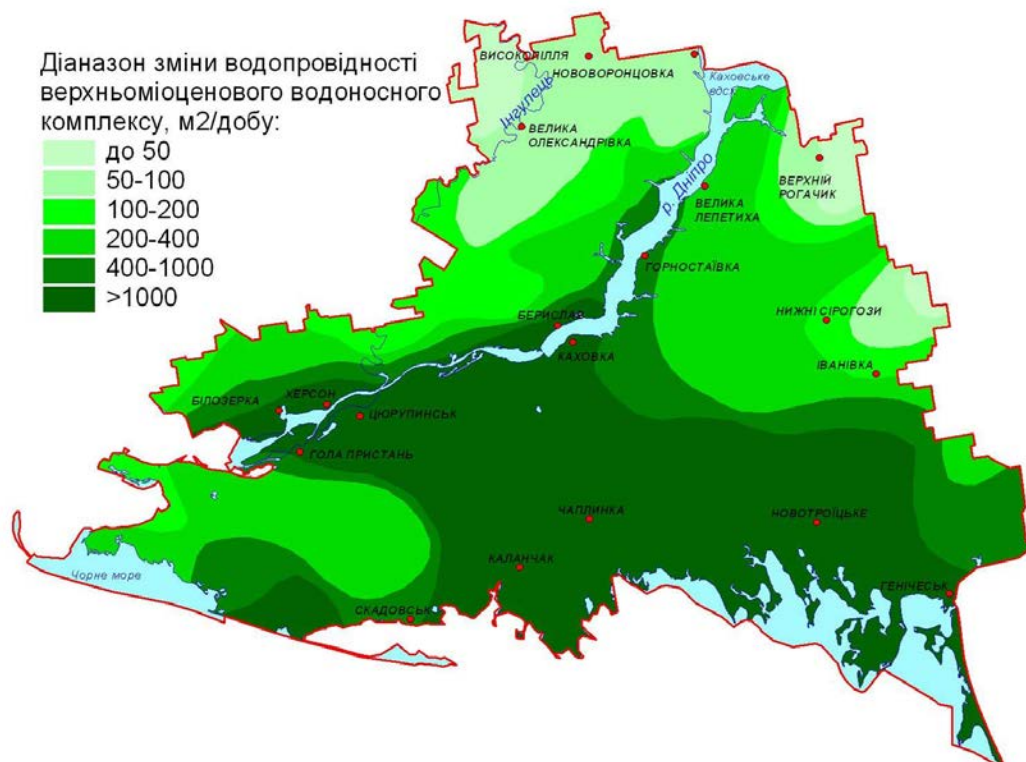


Рис. 2. Карта водопровідності верхньоміоценового водоносного комплексу, масштаб 1:500 000, 1976 р. (складена за матеріалами робіт з регіональної оцінки запасів підземних вод Причорноморського артезіанського басейну, [5])

підходом І. Чернової та ін., в якому висота денної поверхні розглядається як випадкова величина. Отримані за допомогою такого підходу морфометричні показники характеризують лише відносні значення вертикальних рухів території досліджень, а не абсолютні. Постановка задачі та алгоритм її розв'язання розроблені авторами для стандартного інтерфейсу ArcView GIS 3.2a. Вихідними даними для морфометричних розрахунків були цифрова карта ізоліній рельєфу масштабу 1:200 000 з кроком 10 м та лінійна мережа водотоків. В результаті розрахунків отримано цифрові поверхні розподілу відносних значень морфометричних параметрів (рис. 3, 4).

Енергія рельєфу в даному випадку є середньоквадратичне відхилення абсолютних відміток рельєфу в конкретній точці простору від його середнього значення розрахованого в цій точці. Більшим відносним значенням енергії відповідає більший ступінь вертикального розчленування рельєфу.

Базисна поверхня рельєфу є складною кривою, що огинає поверхню [8, 9], вона розкладається на дві складові: поверхню максимальних висот (вершинна поверхня) та мінімальних (низинна поверхня). В нашій постановці задачі базисна поверхня апроксимувалась трендом рельєфу, а вершинна і низинна — поверхнями, побудованими по позитивних і негативних значеннях локальної складової рельєфу відповідно. Різниця вершинної та базисної поверхонь також характеризує ступінь вертикального розчленування рельєфу.

Найбільших значень розраховані морфомет-

ричні параметри досягають на правобережжі області та територіях, які безпосередньо прилягають до русел річок та балок (рис. 3, 4). Таким чином, чим більші відносні значення розрахованих морфометричних параметрів, тим більший ступінь вертикального розчленування рельєфу та, відповідно, більша інтенсивність неотектонічних рухів.

Використовуючи отримані дані, проаналізовано наявність статичного зв'язку між показниками хімічного складу питних підземних вод верхньоміоценового ВК (для 39 розвідувально-експлуатаційних свердловин) та інтенсивністю неотектонічних рухів (результати розрахунків наведені на рис. 5).

Серед 31 показника хімічного складу підземних вод, встановлено існування слабкого статистично значущого (на рівні $p < 0.05$) зв'язку між інтенсивністю неотектонічних рухів та концентрацією сульфат іону (коефіцієнт рангової кореляції Спірмена 0.32–0.4) і вмістом СПАР (0.4) у підземних водах.

Це може свідчити про те, що інтенсивність неотектонічних рухів (вертикальне розчленування рельєфу) має певний вплив на формування хімічного складу підземних вод верхньоміоценового ВК. В зонах підвищеної активності неотектонічних рухів (річкові долини, балки) спостерігається більший вміст сульфат іону та, відповідно, мінералізації. Це можна пояснити тим, що в таких зонах, зазвичай, відсутня потужна товща слабопроникних пліоцен-четвертинних відкладів, тому багаті сульфатами ґрунтові води вододілів розвантажуючись в такі природні дрени, активно перетікають у вапняки неогену, забруднюючи питні підземні води.

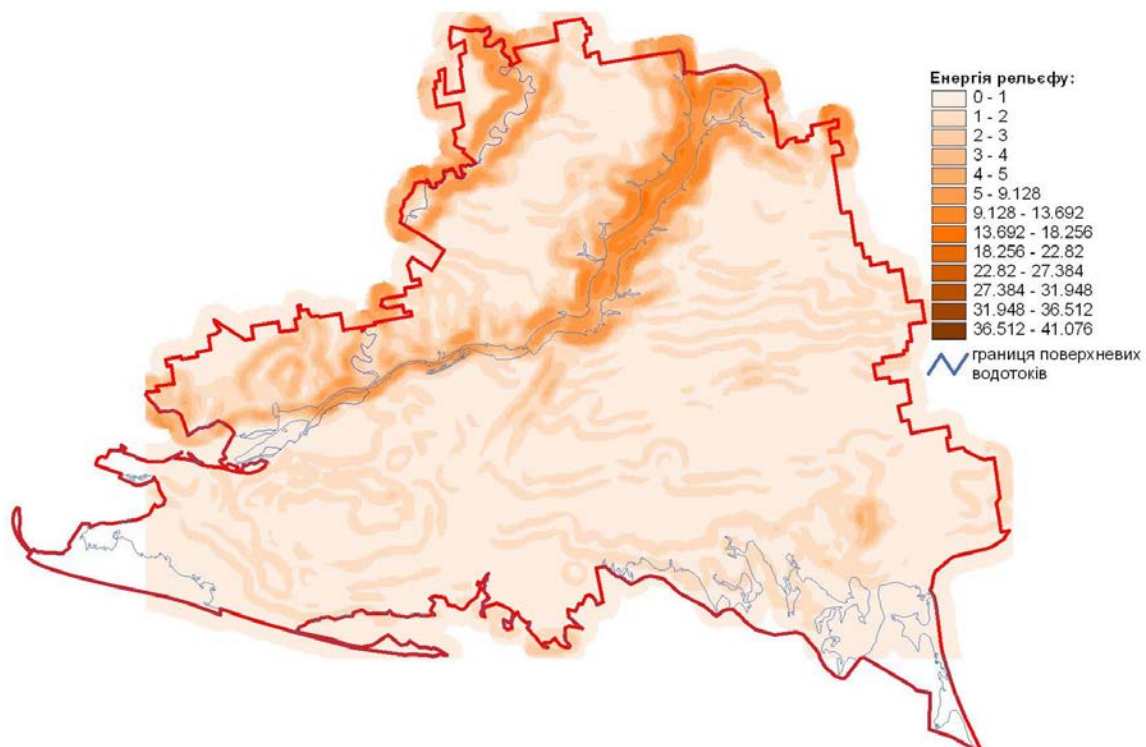


Рис. 3. Картограма розподілу енергії рельєфу на території Херсонської області

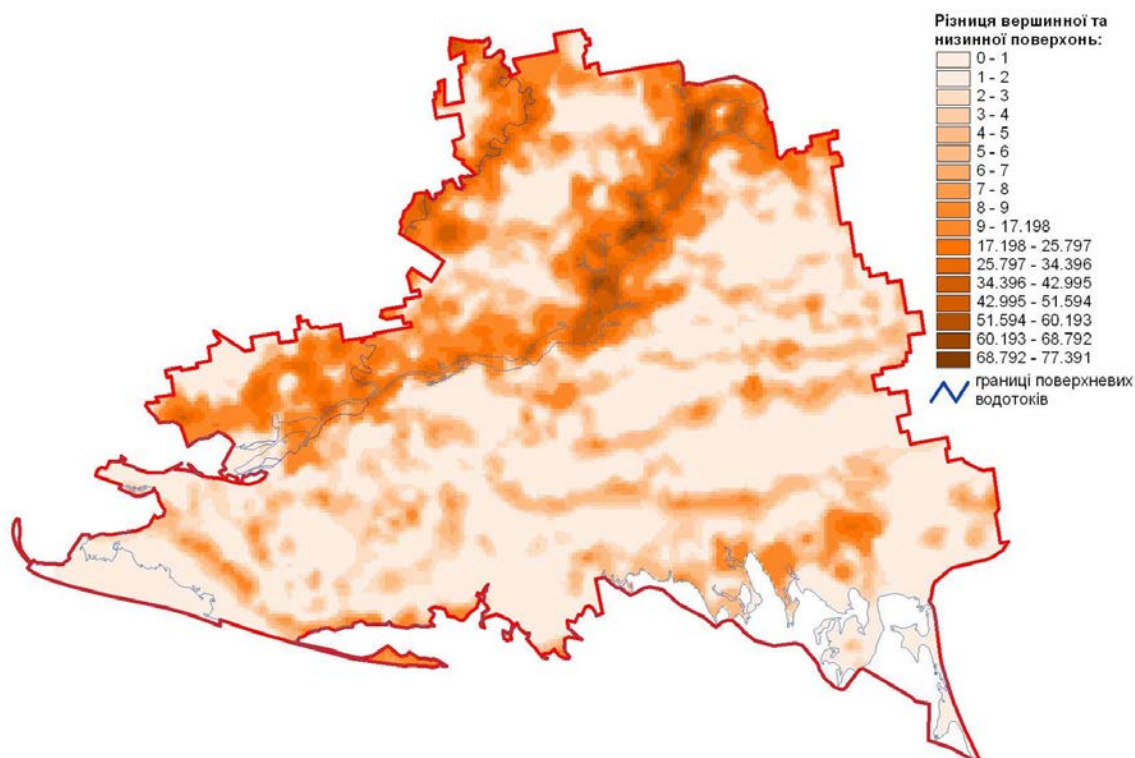


Рис. 4.

Рангові кореляції Спірмена (вибір за 2002-2010 рр., 39 пошуково-розведувальних свердловин)																					
Червоним виділені статистично значимі коефіцієнти при рівні $p < 0,05000$																					
Перем.	Cd	Cr	Zn	Ni	Fe	Mn	Cr	Pb	Co	Hg	As	Se	Al	Be	F	СПАР	РО ₂	Нафто	тестіц	ENERGY	DIFREL
Cd	1,00	0,27	0,08	0,43	0,02	0,40	0,37	0,02	0,08	0,34	-0,27	0,08	0,32	0,11	-0,22	-0,18	-0,17	0,07	-0,24	-0,10	-0,19
Cr	0,27	1,00	0,14	0,41	0,11	0,07	0,28	0,06	0,28	-0,16	-0,23	0,03	-0,16	0,22	-0,20	0,11	0,03	-0,13	-0,20	0,22	0,16
Zn	0,08	0,14	1,00	0,43	-0,23	0,09	0,32	-0,26	0,07	-0,07	-0,26	0,52	0,05	0,16	-0,57	-0,53	-0,23	-0,46	-0,13	0,08	0,09
Ni	0,43	0,41	0,43	1,00	-0,07	0,43	0,44	-0,11	0,21	0,04	-0,44	0,37	-0,01	0,10	-0,51	-0,42	-0,21	-0,23	-0,15	-0,13	-0,11
Fe	0,02	0,11	0,23	-0,07	1,00	-0,04	-0,12	0,39	0,11	-0,11	-0,00	-0,30	-0,14	0,22	0,07	0,39	-0,11	0,47	-0,17	0,18	0,02
Mn	0,40	0,07	0,09	0,43	-0,04	1,00	0,27	-0,23	0,21	0,19	-0,33	0,34	0,26	0,07	-0,12	-0,13	-0,23	-0,11	-0,27	0,12	0,21
Cr	0,37	0,28	0,32	0,44	-0,12	0,27	1,00	0,09	0,27	0,03	-0,23	0,45	0,30	-0,02	-0,12	-0,17	-0,32	0,05	-0,04	0,02	0,03
Pb	0,02	0,06	0,26	-0,11	0,39	-0,23	0,09	1,00	0,16	0,01	0,13	-0,24	0,12	-0,19	0,68	0,22	-0,25	0,33	0,24	-0,05	-0,18
Co	0,08	0,28	0,07	0,21	0,11	0,21	0,27	0,16	1,00	-0,00	-0,12	0,14	-0,10	0,27	-0,24	-0,06	-0,02	0,01	0,11	0,16	0,09
Hg	0,34	-0,16	0,07	0,04	-0,11	0,19	0,03	0,01	-0,00	1,00	0,20	-0,20	0,16	-0,15	-0,03	-0,07	0,04	0,27	0,21	0,03	0,08
As	-0,27	-0,23	0,26	-0,44	-0,00	-0,33	-0,23	0,13	-0,12	0,20	1,00	-0,47	0,22	-0,17	0,39	0,34	0,49	0,29	0,05	0,14	0,11
Se	0,08	0,03	0,52	0,37	-0,30	0,34	0,45	-0,24	0,14	-0,20	-0,47	1,00	0,06	0,20	-0,29	-0,47	-0,23	-0,55	-0,11	-0,00	0,05
Al	0,32	-0,16	0,05	-0,01	-0,14	0,26	0,30	0,12	-0,10	0,16	0,22	0,06	1,00	-0,06	0,14	0,04	-0,16	0,12	-0,05	0,03	0,08
Be	0,11	0,22	0,16	0,10	0,22	0,07	-0,02	-0,19	0,27	-0,15	-0,17	0,20	-0,06	1,00	-0,41	-0,27	0,02	-0,22	-0,62	-0,04	-0,28
F	-0,22	-0,20	0,57	-0,51	0,07	-0,12	-0,12	0,68	-0,24	-0,03	0,39	-0,29	0,14	-0,41	1,00	0,34	0,10	0,22	0,32	-0,02	-0,13
СПАР	-0,18	0,11	0,53	-0,42	0,39	-0,13	-0,17	0,22	-0,06	-0,07	0,34	-0,47	0,04	-0,27	0,34	1,00	0,12	0,41	0,07	0,44	0,40
РО ₂	-0,17	0,03	0,23	-0,21	-0,11	-0,23	-0,32	-0,25	-0,02	0,04	0,49	-0,23	-0,16	0,02	0,10	0,12	1,00	0,04	-0,20	0,03	-0,02
Нафто	0,07	-0,13	0,46	-0,23	0,47	-0,11	0,05	0,33	0,01	0,27	0,29	-0,55	0,12	-0,22	0,22	0,41	0,04	1,00	-0,09	0,14	0,02
тестіц	-0,24	-0,20	0,13	-0,15	-0,17	-0,27	-0,04	0,24	0,11	0,21	0,05	-0,11	-0,05	-0,62	0,32	0,07	-0,20	-0,09	1,00	-0,22	-0,09
ENERGY	-0,10	0,22	0,08	-0,13	0,18	0,12	0,02	-0,05	0,16	0,03	0,14	-0,00	0,03	-0,04	-0,02	0,44	0,03	0,14	-0,22	1,00	0,88
DIFREL	-0,19	0,16	0,09	-0,11	0,02	0,21	0,03	-0,18	0,09	0,08	0,11	0,05	0,08	-0,28	-0,13	0,40	-0,02	0,02	-0,09	0,88	1,00

Рангові кореляції Спірмена (вибір за 2002-2010 рр., 39 пошуково-розведувальних свердловин)																	
Червоним виділені статистично значимі коефіцієнти при рівні $p < 0.05000$																	
Мінер	Na+K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	жорст	pH	NH ₄	NO ₂	NO ₃	глібінна св	Q	Kф	ENERGY	DIFREL	
Мінер	1,00	0,87	0,67	0,82	0,86	0,86	0,44	0,85	0,13	-0,01	-0,05	0,17	-0,36	-0,33	-0,12	0,21	0,22
Na+K	0,87	1,00	0,36	0,60	0,82	0,68	0,34	0,57	0,06	0,15	0,13	0,09	-0,17	-0,21	-0,01	0,23	0,23
Ca	0,67	0,36	1,00	0,61	0,43	0,75	0,35	0,86	-0,02	-0,09	-0,21	0,19	-0,43	-0,24	0,10	0,07	0,12
Mg	0,82	0,60	0,61	1,00	0,73	0,76	0,31	0,91	0,18	-0,02	-0,11	0,27	-0,36	-0,33	-0,11	0,23	0,24
Cl	0,86	0,82	0,43	0,73	1,00	0,56	0,28	0,67	0,17	0,04	-0,03	0,06	-0,13	-0,17	-0,18	0,00	0,03
SO ₄	0,86	0,68	0,75	0,76	0,56	1,00	0,39	0,86	0,03	-0,07	-0,05	0,19	-0,49	-0,39	0,07	0,32	0,40
HCO ₃	0,44	0,34	0,35	0,31	0,28	0,39	1,00	0,40	-0,14	0,01	-0,03	0,40	-0,43	-0,17	-0,06	-0,06	-0,19
жорст	0,85	0,57	0,86	0,91	0,67	0,86	0,40	1,00	0,09	-0,02	-0,16	0,29	-0,49	-0,36	-0,03	0,19	0,20
pH	0,13	0,06	-0,02	0,18	0,17	0,03	-0,14	0,09	1,00	-0,09	-0,05	-0,01	-0,27	-0,12	-0,04	0,12	0,16
NH ₄	-0,01	0,15	-0,09	-0,02	0,04	-0,07	0,01	-0,02	-0,09	1,00	0,38	0,07	0,20	0,31	0,14	-0,10	-0,09
NO ₂	-0,05	0,13	-0,21	-0,11	-0,03	-0,05	-0,03	-0,16	-0,05	0,38	1,00	0,08	0,31	0,11	-0,11	0,07	-0,06
NO ₃	0,17	0,09	0,19	0,27	0,06	0,19	0,40	0,29	-0,01	0,07	0,08	1,00	-0,41	-0,06	-0,04	0,04	0,07
глібінна св	-0,36	-0,17	-0,43	-0,36	-0,13	-0,49	-0,43	-0,49	-0,27	0,20	0,31	-0,41	1,00	0,24	-0,08	-0,23	-0,30
Q	-0,33	-0,21	-0,24	-0,33	-0,17	-0,39	-0,17	-0,36	-0,12	0,31	0,11	-0,06	0,24	1,00	0,29	-0,36	-0,24
Kф	-0,12	-0,01	0,10	-0,11	-0,18	0,07	-0,06	-0,03	-0,04	0,14	-0,11	-0,04	-0,08	0,29	1,00	-0,18	0,02
ENERGY	0,21	0,23	0,07	0,23	0,00	0,32	-0,06	0,19	0,12	-0,10	0,07	0,04	-0,23	-0,36	-0,18	1,00	0,88
DIFREL	0,22	0,23	0,12	0,24	0,03	0,40	-0,19	0,20	0,16	-0,09	-0,06	0,07	-0,30	-0,24	0,02	0,88	1,00

Червоним кольором виділені статистично значимі коефіцієнти рангової кореляції Спірмена (при рівні $p < 0,05$)

Рис. 5. Кореляційні матриці залежності між показниками хімічного складу питних підземних вод верхньоміоценового водоносного комплексу та морфометричними параметрами (ENERGY — енергія рельєфу, DIFREL — різниця вершинної та низинної поверхонь)

Виявлена залежність для міжпластового ВК є оберненою до раніше встановленої А. Солдаком для ґрунтових вод регіону, відповідно до якої ступінь вертикального розчленування рельєфу активно відображається на формуванні ґрунтових вод, а саме: на плоских ділянках (плато, пониззя річок) поширені солонуваті води ($3\text{--}5\text{ г/дм}^3$), на схилових і балках (зони значного вертикального розчленування рельєфу) зі значними ухілами потоку поширені прісні води [7].

Амплітуди вертикальних неотектонічних рухів, наявність новітніх лінійних та кільцевих структур. Для визначення абсолютних значень сумарних амплітуд вертикальних пізньопліоцен-четвертинних рухів та картування новітніх лінійних та кільцевих структур авторами використано методи дослідження, що базуються на встановленні генезису, особливостей будови, геометричних параметрів та інших характеристик різнопорядкових елементів ерозійної мережі, осевих ліній вододілів та інших компонентів ландшафту, побудові на основі отриманих даних серії спеціальних карт та здійсненні над ними математичних дій (головним чином, віднімання). В даній статті наведено фрагмент побудованої карти новітньої тектоніки Західного (Переддобрудзького) сегменту Скіфської плити масштабу 1:500 000 для території Херсонської області (рис. 6).

Для виявлення зв'язку між хімічним складом питних підземних вод верхньоміоценового ВК та неотектонічними критеріями (відстань від свердловини до лінеаментних зон 1-го порядку, величина амплітуди пізньопліоцен-четвертинних рухів), у даному дослідженні використано статистичний підхід. Основні результати статистичного дослідження наведені в табл. 1, 2.

Вплив лінеаментних зон 1-го порядку, які класи-

фіковані як здвиги (Первомайсько-Скадовський, Каркінітсько-Сивашський) та підкиди (Котовсько-Василівський, північна частина області), на хімічний склад підземних вод погано прослідковується в досліджуваних вибірках. Найбільших значень коефіцієнт рангової кореляції досягає між відстанню до лінеаментів та Ca^{2+} , SO_4^{2-} і жорсткістю води (табл. 1). Його додатні значення свідчать про те, що з віддаленням від лінеаментних зон збільшуються концентрації перерахованих іонів та жорсткість. При цьому статистичний зв'язок між показниками хімічного складу та іншим неотектонічним критерієм (амплітуда) є сильнішим. Підземні води північної частини області, що знаходиться в зоні переважних пізньопліоцен-четвертинних піднятих з амплітудою до 50 м є більш мінералізовані, з більшим середнім вмістом сульфат іону (табл. 2), адже ця територія є більш здренованою, характеризується меншою обводненістю зони активного водообміну.

Висновки

В цілому встановлені закономірності свідчать про існування слабкого зв'язку між макрокомпонентним складом питних підземних вод верхнього міоцену та неотектонічною активністю регіону. На регіональному рівні досліджень вплив неотектоніки на розподіл мікрокомпонентів в питних підземних водах не прослідковується. Існування відносно слабкого зв'язку або його повну відсутність можна пояснити по-перше, особливостями об'єкту досліджень — зона активного водообміну з наявністю значної горизонтальної складової руху підземних вод, що може нівелювати вплив неотектоніки, а по-друге, регіональний масштаб досліджень. При про-

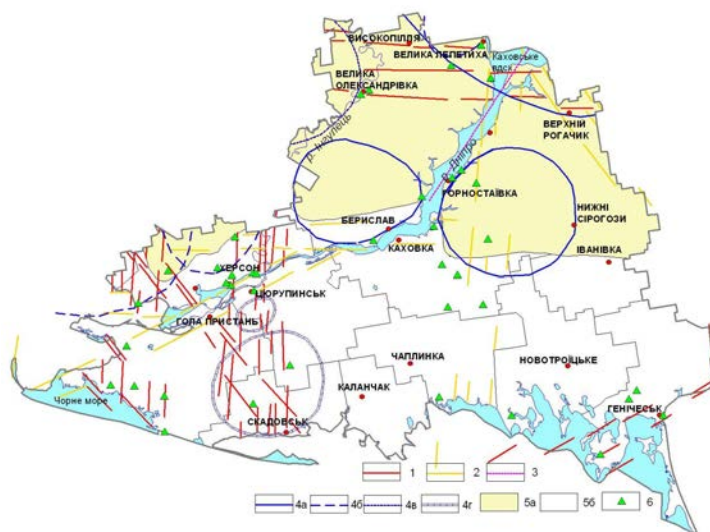


Рис. 6. Схема новітньої тектоніки Херсонської області (фрагмент карти новітньої тектоніки Західного (Переддобрудзького) сегменту Скіфської плити масштабу 1:500 000 [1]): 1 — лінеаментні зони 1-го порядку; 2 — ті ж 2-го порядку; 3 — поодинокі лінеаменти; 4 — кільцеві структури: а — успадковані, б — неуспадковані, в — проміжні, г — безкореневі; 5 — амплітуди пізньопліоцен-четвертинних рухів: а — 25–50 м, б — від 0 до 25 м; 6 — розвідувально-експлуатаційні свердловини, пробурені на верхньоміоценовий ВК (вибірка 39 свердловин)

Таблиця 1
Значення рангових кореляцій Спірмена
Значення рангових кореляцій Спірмена

Параметри	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	загальна жорсткість	мінералізація	Fe
Лінійменти 1 порядку	0,35	0,33	0,16	0,34	0,31	-0,14
Амплітуда	0,58	0,55	0,46	0,51	0,39	0,37

Жирним шрифтом виділені статистично значимі (при рівні $p < 0,05$).

Таблиця 2
Результати перевірки приналежності двох вибірок (виділених за величиною амплітуди неотектонічних рухів) до однієї генеральної сукупності (за допомогою непараметричного критерію Колмогорова-Смірнова)

Змінні	p-рівень	Середнє значення (група 1)	Середнє значення (група 2)	Стандартне відхилення (група 1)	Стандартне відхилення (група 2)	Кількість спостережень (група 1)	Кількість спостережень (група 2)
Na ⁺ +K ⁺	p>0.1	160.45	145.61	75.47	128.24	11	28
Ca ²⁺	p<0.001	104.73	49.86	18.14	45.26	11	28
Mg ²⁺	p>0.1	103.55	67.39	60.66	37.82	11	28
NH ₄ ⁺	p>0.1	0.22	0.49	0.20	0.48	10	19
Fe _{3+ар.}	p>0.1	0.08	0.05	0.09	0	11	27
Cl ⁻	p>0.1	252.36	269.61	144.44	199.22	11	28
SO ₄ ²⁻	p<0.005	412.27	144.79	224.21	186.85	11	28
HCO ₃ ⁻	p<0.025	292.73	227.86	72.49	53.98	11	28
NO ₃ ⁻	p>0.1	14.53	0.38	27.45	0.96	9	13
NO ₂ ⁻	p>0.1	0.05	0.14	0.05	0.18	8	16
заг. жорсткість	p<0.1	13.70	8.02	5.26	5.03	11	28
pH	p>0.1	7.15	7.61	1.50	0.16	11	28
мінералізація	p<0.05	1.28	0.85	0.48	0.55	11	28

Жирним шрифтом виділені статистично значимі розбіжності між порівнюваними групами (при рівні $p < 0,05$); група 1 — амплітуда 25–50 м, група 2 — від 0 до 25 м

ведені більш детальних крупномасштабних досліджень можна отримати нові уявлення про закономірності неотектонічного розвитку регіону та особливості формування питних підземних вод.

Література

- Верховцев В. Г. Новейшая тектоника Западного (Преддобруджского) сегмента Скифской плиты и прилегающей территории / В. Г. Верховцев // Геофизический журнал. — 2010. — № 3. — С. 29–42.
- Лялько В. И. Формирование и прогноз ресурсов подземных вод засушливых районов (экспериментальные исследования на примере юга Украины) / В. И. Лялько, Г. А. Шнейдерман; отв. ред. А. Е. Бабинец. — К.: Наукова думка, 1965. — 187 с.
- Нургалиев Д. К. Применение геоинформационных технологий для прогнозирования зон нефтегазоаккумуляции / Д. К. Нургалиев, И. Ю. Чернова, Р. Р. Бильданов // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики: Зб. наук. пр. — 2008. — С. 39–48.
- Отчет об обобщении материалов по перспективной оценке эксплуатационных запасов подземных вод Северного крыла Причерноморского артезианского бассейна (украинской части) (Тематическая партия, 1978–1979 гг.) / [Белых Е. М., Колодистая В. И., Коваленко Д. Б., Сеница А. А.]. — Днепропетровск, 1979. — 230 с.
- Отчет о региональной оценке запасов подземных вод Причерноморского артезианского бассейна (украинской части) / Трест “Укрюжгеология”; М. М. Капинос. — Днепропетровск, 1977. — 459 с.
- Отчет по научно-исследовательской работе “Оценка техногенных изменений подземной гидросферы Крымской, Херсонской, Одесской и Николаевской областей” / ДГИ; отв. исп. Ю. И. Антонов. — Днепропетровск, 1985. — 72 с.
- Солдак А. Г. Гидрогеолого-мелиоративные условия степной зоны УССР / А. Г. Солдак. — К.: Вища школа. Головное изд-во, 1979. — 192 с.
- Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур / В. П. Философов; под общей ред. А. А. Коржневского. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1960. — 68 с.
- Философов В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / В. П. Философов. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. — 232 с.
- Чернова И. Ю. Обнаружение и исследование зон новейших движений земной коры инструментами ГИС / И. Ю. Чернова, Д. И. Хасанов, И. Я. Жарков, Р. Р. Бильданов, Т. С. Каширина. — М.: ООО ДАТА+, 2005. — № 1 (32) — С. 6–7.
- Шестопалов В. М. Гідрогеологічне районування території України / В. М. Шестопалов, П. В. Блінов, Г. Г. Лютий та ін. // Матеріали науково-практичного семінару “Результати виконання робіт з прогновної оцінки ресурсів підземних вод України”, 6-10.09.2010. — К.: УкрДГРІ, 2010. — С. 3–8.

НЕОТЕКТОНИКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗОНЫ АКТИВНОГО ВО-
ДООБМЕНА (НА ПРИМЕРЕ ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ)

В. Г. Верховцев, А. П. Лобасов, О. В. Щербак, Т. В. Уварова

В статье рассмотрено влияние новейшей тектоники на формирование химического состава питьевых подземных вод верхнемиоценового водоносного комплекса. На основе морфометрического подхода с применением геоинформационных и морфографических методов исследования, определены следующие неотектонические критерии: относительная интенсивность вертикальных неотектонических движений, суммарная амплитуда вертикальных позднеплиоцен-четвертичных движений, выделены зоны новейших линейных и кольцевых структур. На региональном уровне установлено наличие слабой статистической связи между макрокомпонентным составом питьевых подземных вод верхнего миоцена и неотектонической активностью региона.

Ключевые слова: неотектоника, питьевые подземные воды, химический состав, морфометрические параметры, Херсонская область

NEOTECTONICS AND ITS EFFECT ON HYDROGEOCHEMICAL CONDITIONS OF ACTIVE WATER EXCHANGE ZONE (ON THE
EXAMPLE OF KHERSON REGION)

V. G. Verkhovtsev, A. P. Lobasov, O. V. Scherbak, T. V. Uvarova

The paper outlines the impact of recent tectonics on the formation of the chemical composition of drinking groundwater at the Upper Miocene aquifer system. Based on morphometric approach using GIS and morphographic research methods the following neotectonic criteria were defined: relative intensity of vertical neotectonic movements, the total amplitude of vertical the Upper Pliocene – Quaternary movements, areas of advanced linear and circular structures were allocated. At the regional level, the presence of weak statistical relationship between macrocomponent composition of drinking groundwater at the Upper Miocene aquifer system and neotectonic activity in the region were determined.

Keywords: neotectonics, drinking groundwater, chemical composition, morphometric parameters, Kherson region

УДК 553.98.041(477-12)

Виділення нафтогазоперспективних об'єктів у межах південно–східної прирозломної зони Дніпровсько-Донецької западини

З. М. Товстюк, О. В. Титаренко, Т. А. Єфіменко, І. В. Лазаренко*

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

Обґрунтована можливість знаходження пасток вуглеводнів у відкладах верхнього девону і нижнього карбону в межах неотектонічних підняттях, виділених за результатами АКГД у південній прибортовій зоні ДДЗ.

Ключові слова: зона, западина, лінеamenti, космічні зйомки, новітня розломно-блокова тектоніка, зони розуцільнення
© З. М. Товстюк, О. В. Титаренко, Т. А. Єфіменко, І. В. Лазаренко. 2015

В межах східного нафтогазоносного регіону за дослідженнями Межуєва В. М., Лукіна О. Ю. [1, 2, 3] передбачається наявність рифогенно–карбонатних пасток у глибокозалагаючих відкладах турнейського і нижньовізейського ярусів нижнього карбону (Андріяшевська, Солохівська, Котелевська, Березівська площі). Слід відзначити, що ці площі знаходяться у вузлах перетину зон лінементів, що не виключає можливостей виявлення на них нових тектонічних блоків із вторинними колекторами у нафтогазоносних товщах.

В межах південної крайової частини ДДЗ (східніше м. Полтава) значно поширені теригенні відклади турнейського ярусу, які незгідно залягають на породах докембрію або на різновікових утвореннях девонської товщі, розповсюдження яких контролюється зоною крайового розлому. Областями зносу є УКЩ та місцеві палеопідняття докембрійського фундаменту. Область поширення відкладів — 20–25 км вздовж південного крайового порушення. На північ від цієї смуги в депресіях розповсюджені глинисті відклади (Іллічівська, Голубівська, Левенцівська площі). Колектори представлені фаціями мілководдя: аргілітами і крупнозернистими пісковиками пористістю 14% та прибережно–морськими карбонатними фаціями. Нижньовізейські відклади складені переважно карбонатними фаціями із вторинною пористістю (Пролетарська, Богатойська, Орельська, Затишянська площі), де їх потужність сягає 185 м на глибинах 1 700–5 000 м. На Левенцівській площі, що прилягає до південного крайового розлому, спостерігається погіршення колекторських властивостей порід (пористість не більше 8–10%) [1, 2, 3]. Верхньовізейські відклади (нижньосерпухівський та верхньосерпухівський яруси) представлені теригенними морськими відкладами та піщано–глинистими фаціями і пісковиками алювіального генезису (Голубівсько–Іллічівська площі, Орельська — св. № 1, Богатойська площа св. № 3, Ле-

венцівська площа–продуктивні горизонти В–14–В–23, С–2, С–4, С–5, С–17, С–19). Континентальні пісковики за даними Лукіна О. Ю. (2007 р.) вміщують газ на Новогригорівському, Кременівському, Михайлівському родовищах. Найбільш витриманий горизонт С–5 (Перещепинсько–Голубівсько–Левенцівська площа), збільшення пористості якого спостерігається в напрямку до південного крайового порушення, а глибина залягання коливається від 800 м. (Левенцівська площа) до 1 300 (Голубівська). На Левенцівській площі башкирський горизонт В–13 продуктивний, колектори — дельтові пісковики.

Для виявлення зон розуцільнення, по яких можливе транспортування вуглеводнів, найважливішими є прибортові зони, що з півночі прилягають до південного крайового порушення, яке розгалужується на серію менших скидів. Особливу увагу слід приділити дислокованим зонам південного крайового порушення, де, крім первинної тріщинуватості, слід очікувати збільшення ємнісних характеристик порід за рахунок вторинної тріщинуватості.

На побудованих картах товщин осадових відкладів (Лукін О. Ю., 2007) в південно–східній частині ДДЗ (рис. 1, 2, 3), де за думкою авторів розташована шовна розломна зона (ШРЗ), що в межах південної прибортової зони вздовж крайового розлому та в прирозломних зонах, де відбувалося опускання блоків фундаменту, спостерігається збільшення потужностей підсолевих відкладів девону, візейського та серпухівського ярусів нижнього карбону. Ці обставини дають можливість передбачати нафтогазоперспективність цієї території.

Саме в межах цієї зони знаходиться Попаснянська площа (рис. 4, 5). З цих позицій були проведені детальні АКГД на Попаснянській площі, яка розташована в одній південній прирозломній зоні між Голубівським, Богатойським, Іллічівським та Лівенцівським родовищами ВВ (рис. 3). На цій площі детальними сейсморозвідувальними роботами, за комплексом різноманітних геофізичних методик було виділено серію різнонаправлених розломів,

*Iren-lazarenko@yandex.ua

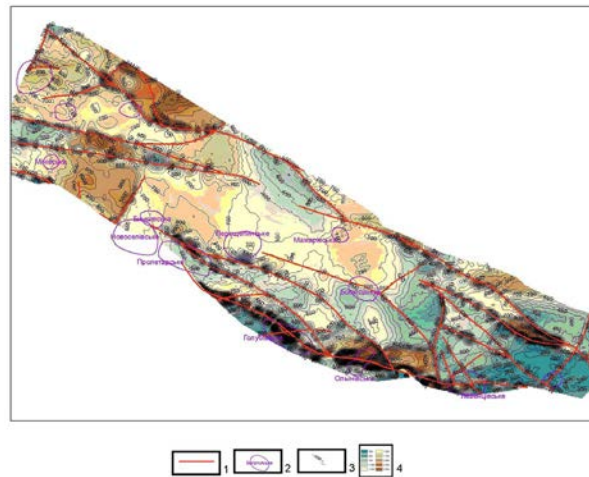


Рис. 1. Східний сегмент південної прибортової зони ДДЗ. Карта товщин підсольових відкладів девону (покрівля підсольових відкладів девону — покрівля кристалічного фундаменту (за матеріалами Лукіна О. Ю.) [1].
1 — розломи по поверхні фундаменту, 2 — контур родовища ВВ, 3 — ізопахіти в м, 4 — шкала потужностей відкладів в м

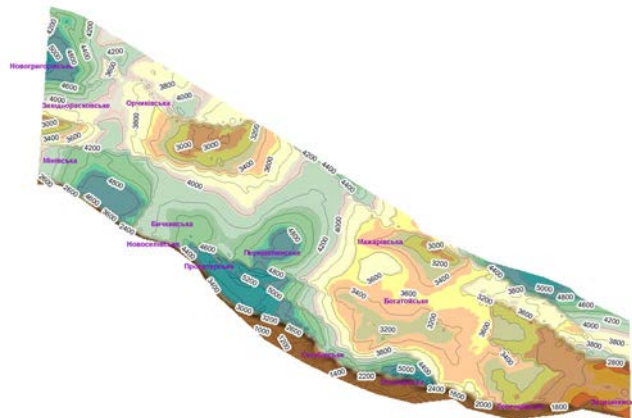


Рис. 2. Карта товщин осадових відкладів між поверхнею фундаменту та поверхнею серпухівського ярусу нижнього карбону (за матеріалами Лукіна О. Ю.) [1]
Умовні позначення див. рис. 1.



Рис. 3. Карта товщин осадових відкладів між поверхнею верхнього девону та покрівлею візейського ярусу нижнього карбону (за матеріалами Лукіна О. Ю.) [3] Умовні позначення див. рис. 1.

положення південного крайового розлому, контури нафтогазоперспективних структур [1, 2]. Глибинні розломи знайшли відображення в елементах ландшафту. На думку авторів південне крайове порушення має серію сходинок, та із зоною крайового розлому співпадає повздовжня зона лінеamentів та гравітаційний мінімум (рис. 4). Одна зі сходинок успадковується частиною долини р. Самара

північно–західного простягання. У вузлі перетину субмеридіональної зони лінеamentів із північно–західною зоною р. Самара круто змінює своє простягання вздовж субмеридіональної зони. За результатами АКГД були виділені неотектонічні блоки з підняттями як над відомими структурами — родовищами ВВ, так і нові неотектонічні підняття (рис. 5). Ті з них, які співпали з прогнозами за дани-

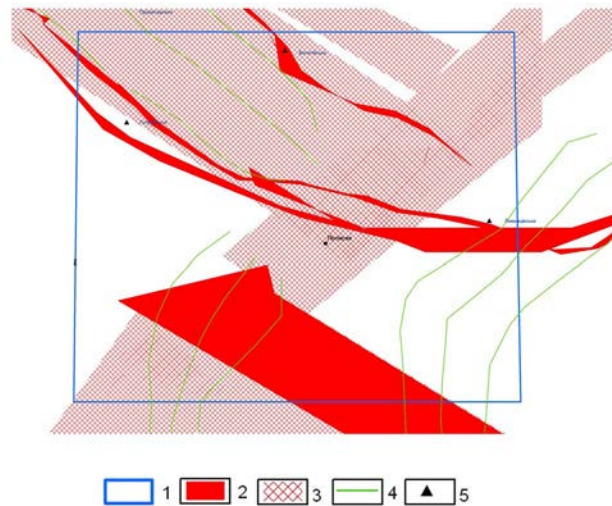


Рис. 4. Положення площі Попасна відносно Південного крайового розлому та гравітаційних мінімумів.

1 — територія детальних АКГД на площі Попасна, 2 — зона Південного крайового розлому по поверхні фундаменту за даними сейморозвідки, 3 — зони лінеamentів, що співставляються з зонами розущільнення порід фундаменту і осадової товщі та розломами, 4 — генералізовані лінії гравітаційних мінімумів, 5 — родовища ВВ.

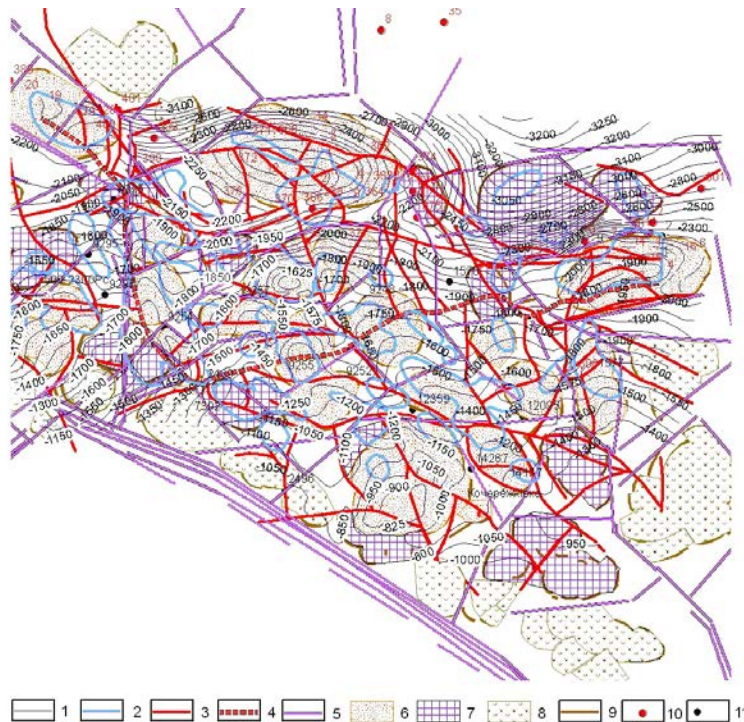


Рис. 5. Площа Попасна. Схема новітньої розломно–блокової тектоніки з прогнозними неотектонічними підняттями

1 — ізогіпси відбивного горизонту С1 V2, 2 — контур геофізичних аномалій, 3 — розломи за даними сейморозвідувальних робіт, 4 — південне крайове порушення, 5 — міжблокові лінеamenti та їх зони, 6 — відомі локальні структури, прогнозні об'єкти за даними АКГД; 7 — упевнені, 8 — неупевнені, 9 — контур неотектонічного підняття, 10 — свердловини глибокого буріння – розвідувальні, 11 — пошукові свердловини.

ми сейсморозвідки, були віднесені до впевнено виділених, яким можуть відповідати структурні ускладнення на глибині по поверхні фундаменту та у відкладах нижнього і середнього карбону. Тут можуть бути продуктивними [1] відклади нижнього та середнього карбону, можливо франкського та фаменського ярусу девону і мати місце вторинні колектори в породах фундаменту та осадової товщі.

Виконаний Лукіним О. Ю. [1] аналіз девонських відкладів на Руденківській, Богатойській, Затишнській та інших площах дозволив йому зробити висновок про перспективність франкських та нижньофаменських рифово-карбонатних та інших типів седиментаційно-палеогеоморфологічних пасток в межах південної прибортової зони.

Таким чином, Попаснянська площа, виділена в межах південної прибортової зони, може представ-

ляти собою пошуковий інтерес з метою виявлення пасток вуглеводнів у відкладах нижнього карбону, а можливо верхнього девону.

Література

1. Лукін О. Ю. Розробка методики пошуку пасток вуглеводнів в девонських відкладах південної прибортової зони ДДЗ на основі комплексної інтерпретації даних сейсморозвідки ВСП та ГДС. Звіт про науково-дослідну роботу / О. Ю. Лукін. — К., 2007. — 349 с.
2. Межуєв В. М. Звіт про сейсморозвідувальні роботи МСГТ на Попаснянській площі. с. Розсошинці / В. М. Межуєв. — 2008. — 205 с.
3. Межуєв В. М. Звіт про сейсморозвідувальні дослідження МСГТ на Західно-Левенцівській площі. с. Розсошинці / В. М. Межуєв. — 2009. — 67 с.

ВЫДЕЛЕНИЕ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ В ГРАНИЦАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПРИРАЗЛОМНОЙ ЗОНЫ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ

З. М. Товстюк, О. В. Титаренко, Т. А. Ефименко, И. В. Лазаренко.

Обоснована возможность нахождения ловушек углеводородов в отложениях верхнего девона и нижнего карбона в границах неотектонических поднятий, выделенных по результатам АКГД в южной прибортовой зоне ДДЗ.

Ключевые слова: зона, впадина, линеаменты, космические съемки, новейшая разломно-блоковая тектоника, зоны разуплотнения

EMPHASIS OF OIL AND GAS FACILITIES WITHIN THE SOUTH-EASTERN PREFRACTURE AREA OF DNIPRO-DONETSK DEPRESSION

Z. M. Tovstyuk, O. V. Titarenko, T. A. Yefimenko, I. V. Lazarenko

Justified the possibility of localization of hydrocarbon traps in sediments of Upper Devonian and Lower Carbonian within neotectonic uplifts allocated for AKHD results in the southern preboard zone of Dnipro-Donetsk depression.

Keywords: zone, depression, lineaments, Remote Sensing, modern fracture-alignment tectonics, aerospace geological research

УДК 551.243(477)

Дніпровсько-Донецька западина. Успадкованість розвитку структур, розломних зон і зон розущільнення

З. М. Товстюк, О. П. Головащук, І. В. Лазаренко*

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

Обґрунтовано успадкований розвиток нафтогазоносних структур, зон розломів і зон розущільнення в породах фундаменту та осадовій товщі Дніпровсько-Донецької западини і можливість їх відображення на матеріалах космічних зйомок.

Ключові слова: зона, западина, лінеamenti, космічні зйомки, новітня розломно-блокова тектоніка

© З. М. Товстюк, О. П. Головащук, І. В. Лазаренко. 2015

При структурно–геоморфологічних дослідженнях нафтогазоносних територій основна увага надається вивченню взаємозв'язку між рельєфом земної поверхні та геологічною структурою, що успадковано активно розвивається на новітньому та сучасному тектоноетапах. При цьому велике значення має виявлення аномалій у будові ландшафту, зокрема рельєфу, в межах структурних зон та локальних піднятих, обумовлених тектонічною будовою, що доведено аерокосмогеологічними дослідженнями в межах України (Прип'ятсько–Дніпровсько–Донецька западина [1]), Казахстану (Мангішлак) [2], Карпат, Грузії, Західного Сибіру.

Дніпровсько–Донецькій западині в сучасному рельєфі відповідає лінійно витягнуте пониження північно–західного простягання з мінімальними абсолютними відмітками рельєфу по осевій частині. Максимальні висоти фіксуються в межах бортів западини (північному та південно–східній частині південного борту).

На неотектонічному етапі розвитку вся досліджувана територія ДДЗ знаходилася в стані висхідних диференційованих рухів, обумовлених різною амплітудою рухів блоків фундаменту. Саме вони обумовили оформлення ряду домінантних геоморфологічних комплексів і характер сучасного рельєфу центральної та прибортових частин ДДЗ.

Так, тектонічний блок, розташований між долинами річок Удай Псел в передплейстоценовий час, очевидно, був найбільш опущений, тому товща Дніпровського льодовика тут могла бути значною. Про наявність останнього на цій території свідчить велика кількість прохідних долин, в яких зафіксовані моренні відклади (поблизу м. Варва, відслонення флювіогляціальних пісків в прохідній долині, по якій тече р. Гнилиця, моренні відклади в Сорочинській прохідній долині та моренні відклади у відслоненнях на правому березі р. Псел).

В умовах неотектонічної активності територія, по-

крита товщею “мертвого льоду”, в момент його танення, очевидно, характеризувалася досить активними диференційними рухами, що призвело до утворення тріщин, по яких відбувався стік талих вод. В післяльодовиковий час ці долини стоку були успадковані сучасною ерозійною мережею. Характерно, що в межах неотектонічно активних глибинних структур зафіксовано згущення мережі прохідних долин з утворенням “сотого” планового рисунку, де в межах кожної “соти” на глибині розташована локальна структура. Найбільш чітко це спостерігається на вододілі рр. Хорол–Псел [3]. Висока неотектонічна активність східної частини вододілу обумовила лівосторонню асиметрію долини р. Псел, фронтальні зсуви в палеогенових та четвертинних відкладах в межах високого лівого берега річки, відсутність льодовикових відкладів на лівому березі р. Псел. Звідси льодовик пішов на південь, оминаючи останець неогенового плато (в районі с.с. Тимофіївка, Плішевці), який розташований над Тимофіївською тектонічно активною палеозойською складчастою структурою, яка також знайшла своє відображення у відкладах палеогену. Таким чином, в ДДЗ більшість структур осадового чохла характеризуються успадкованим розвитком глибинних структур і їх відображенням в рельєфі (рисунки 1, 2)

Структурні елементи осадового чохла знаходяться в складному взаємовідношенні з рельєфом фундаменту. Останній має первинні нерівності та новоутворення, що виникли у зв'язку з переміщенням ділянок та блоків фундаменту за довготривалу історію розвитку ДДЗ, включаючи і загальне опускання при формуванні Дніпровського грабену. В основному, структури чохла виникли в результаті напруг, пов'язаних з переміщеннями блоків фундаменту. Внаслідок неотектонічних рухів блоків фундаменту структури ніби “просвічуються” в компонентах ландшафту і рельєфу зокрема.

Структури осадового чохла, успадковані від первинного рельєфу фундаменту (структури обгортання) розвиваються у зв'язку з рухами блоків фун-

* Iren-lazarenko@yandex.ua

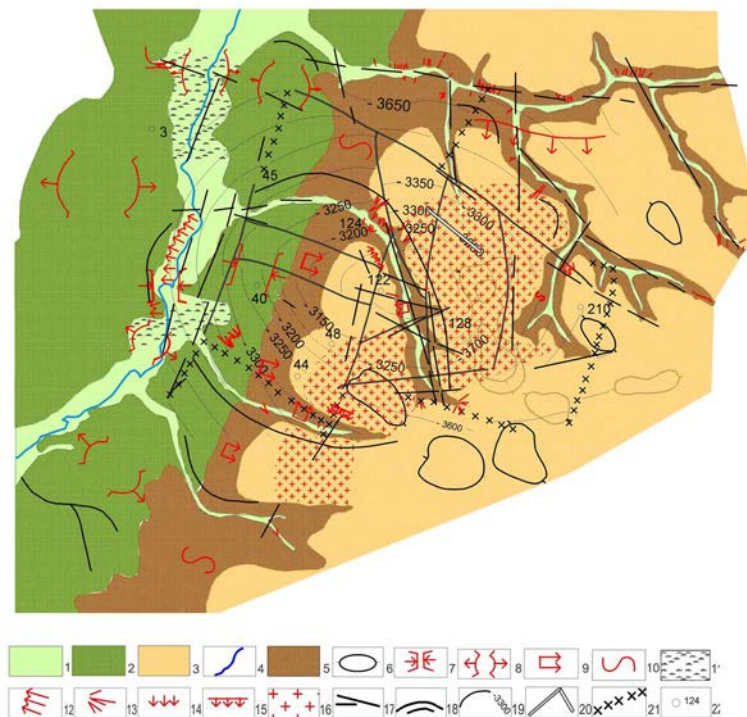


Рис. 1. Дніпровсько–Донецька западина (ДДЗ). Качанівська структура. Структурно-геоморфологічна модель за даними дешифрування КЗ Відображення в рельєфі нижньокарбової локальної структури. Склепіння складки підкреслюється дугоподібним плановим рисунком балок, додатною деформацією водорозділу, ерозійними останцями. Терасові рівні: 1 — заплава та днище балок; 2 — I надзаплавна тераса; 3 — неогенова тераса. Форми та елементи форм рельєфу: 4 — русло ріки; 5 — схили долин та балок; 6 — ерозійні останці. Структурні навантаження: 7 — звуження терасових рівнів; 8 — розширення терасових рівнів; 9 — збільшення крутизни схилу; 10 — «розтягнуті» схили; 11 — заболочення; 12 — зміщення русла; 13 — молоді яруги; 14 — площинний змив; 15 — односторонній розвиток яружно-балкової системи; 16 — деформація водорозділу. Інші позначення: 17 — лінеamenti; 18 — дугові форми рельєфу; 19 — ізогіпси відбивного горизонту С1V2; розломи: 20 — за даними буріння свердловин; 21 — за даними сейсморозвідувальних робіт; 22 — свердловини глибокого буріння

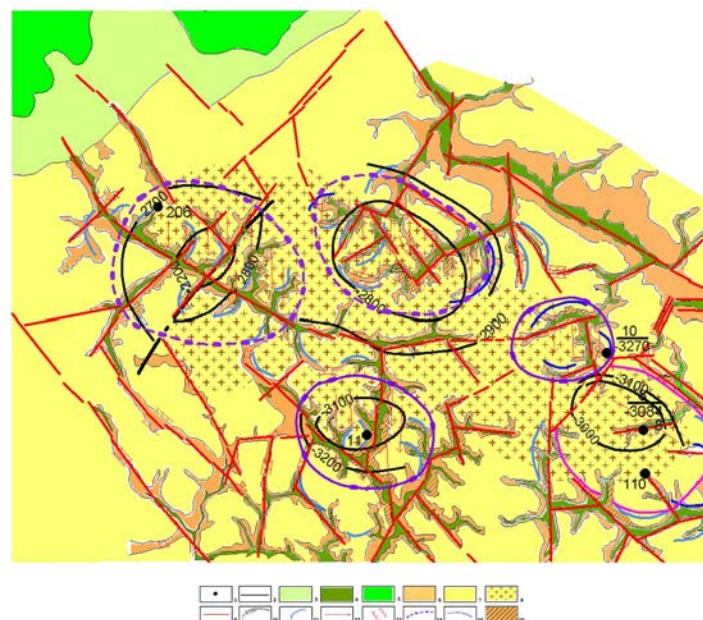


Рис. 2. Пніденцівське родовище. Структурно-геоморфологічна модель за даними дешифрування КЗ. Глибинні структури відображаються в дугоподібному плановому рисунку ерозійної сітки, збільшенні кількості коротких притоків основних балок над склепіннями структур, додатній деформації водорозділу, збільшенні крутизни схилів балок, збільшенні глибинної ерозії. 1 — свердловини глибокого буріння; 2 — розломи за даними геофізичних досліджень; 3 — заплавна тераса р. Удай; 4 — днище балок; 5 — II надзаплавна тераса; 6 — схили балок; 7 — неогенова тераса; 8 — додатна деформація неогенового плато; 9 — лінеamenti; 10 — ізогіпси по відбивному горизонту серпухівського ярусу; 11 — дугоподібний плановий рисунок балки; 12 — ділянки збільшення глибинної та площинної ерозії; 13 — перехват верхів'їв балок; 14 — морфоструктура, що відповідає родовищу; 15 — прогнозна структура, підтверджена сейсморозвідкою; 16 — збільшення крутизни схилу балок

даменту і після завершення процесів формування тих чи інших літолого–стратиграфічних комплексів і спостерігаються, в основному, в межах північного борту ДДЗ та частково північний припортовий зони.

Простежується прямий зв'язок між припіднятими блоками фундаменту, брахіантиклинальними складками у відкладах візейського, серпуховського ярусів нижнього карбону, покрівлі київських мергелів палеогену та блоковою будовою рельєфу (рисунки 3, 4, 5.). Так над припіднятим блоком фундаменту в нижньому карбоні сформувалося Новотроїцьке підняття, яке знайшло своє відображення у відкладах верхньої юри, верхньої крейди та в додатній деформації другої надзаплавної тераси р. Псел, яка представлена скупченнями еолових бугрів. (рис. 3).

Переміщення блоків проходило по довгоживучих розломах, які в неотектонічний етап характеризуються високою активністю, про що свідчить активізація соляного тектогенезу на межі тріаса–юри, палеогену–антропогену. Соляні штоки з тріасовим, палеогеновим та антропогеновим рівнем прориву солі розташовані в вузлах перетину розломів різного напрямку (рисунок 6). Гравітаційні мінімуми пов'язані з розломами та соляними штоками.

Достатньо впевнено простежується успадкований розвиток розломів та їх вплив на плановий рисунок гідромережі. Геодинамічні активні зони, які на дистанційних матеріалах простежуються вздовж лінійних ділянок більш темного тону зображення, за рахунок підвищеної фільтрації підземних та поверхневих вод, обумовлених тріщинуватістю в породах

фундаменту та осадовій товщі. Вздовж зон підвищеної тріщинуватості (зони глибинних розломів), закладені долини річок і балок високого порядку. Так долина р. Ворскла між с. Глинське та м. Охтирка чітко “вкладається” в зону Ворсклянського розлому, зафіксованому детальною сейсморозвідкою у відкладах нижнього карбону. Зміни в простяганні частин долин річок Удай, Остер, Ромен, Ворскла, Хорол, Орель контролюються глибинними розломами — як крайовими, так і їх оперенням, зафіксованими по поверхні фундаменту (рисунки 7, 8).

Субмеридіональне простягання долин річок Сула, Псел, Ворскла контролюються глибинними архей–протерозойськими розломами.

Про високу неотектонічну активність глибинних розломів свідчать поглиблення врізу підземного русла ріки, розщеплення терасових рівнів, аномалії в повздовжньому профілі річки (р. Псел в межах Новотроїцької структури, р. Ворскла в межах Рибальського родовища) (рисунок 9).

Як відмічалось вище, в межах північного борту та північної припортової зони, на ділянках відсутності соленосних товщ девону та пермі розвинуті структури осадового чохла, успадковані від первинного рельєфу фундаменту (структури обгортання). Ці структури незначні за розмірами, з короткими деревовидно–прямолинійними формами рисунку яружно–балкової мережі, додатними деформаціями вододілів (Радянська, Прокопенківська, Буднівська, Володимирська структури).

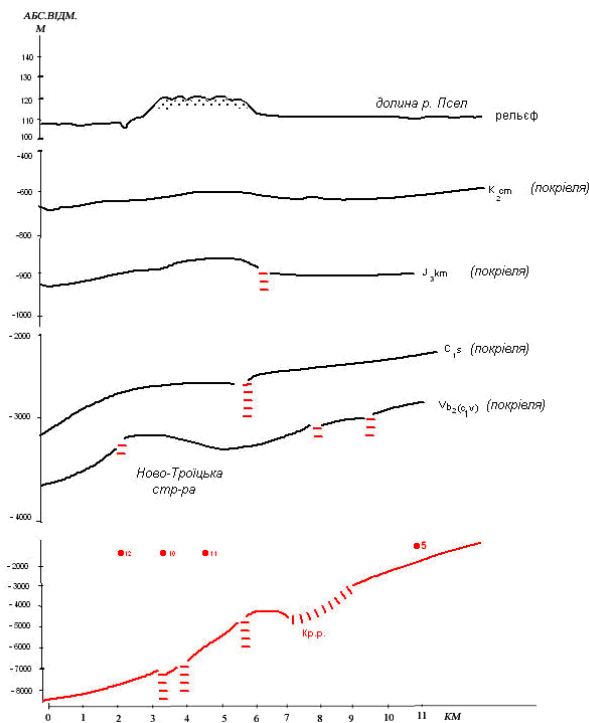


Рис. 3. Успадкований розвиток Новотроїцької нижньокарбонної структури–родовища ВВ, розломів та крайового розлому

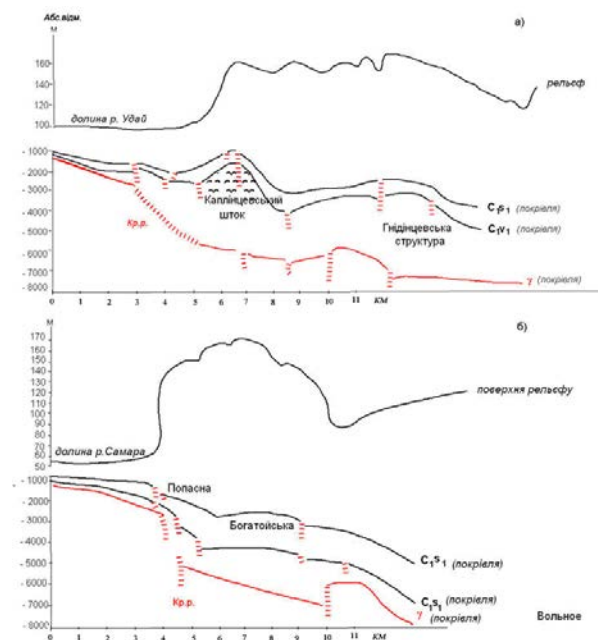


Рис. 4. Графіки відображення глибинних структур в рельєфі — відображення Каплінцевського соляного штоку, Гнідницької нафтогазоносної структури та розломів в поверхні фундаменту, нижнього карбону та рельєфі. Північний крайовий розлом успадкований долиною р. Удай; б — відображення Попаснянської, Богатойської нафтогазоносних структур та південного крайового розлому в поверхні фундаменту, нижнього карбону та в рельєфі. Південний крайовий розлом успадкований долиною р. Самара

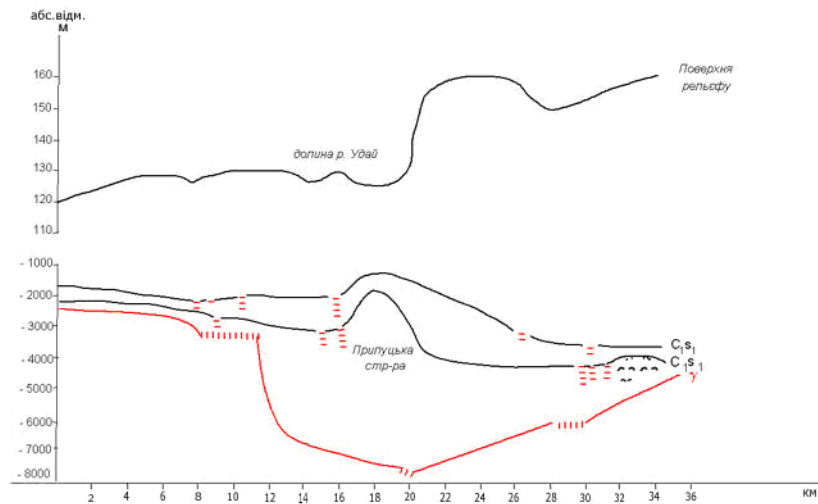


Рис. 5. Відображення Прилуцької структури та південного крайового розлому у відкладах нижнього карбону та в рельєфі. Над крайовим розломом та частиною склепіння структури закладена долина р. Удай

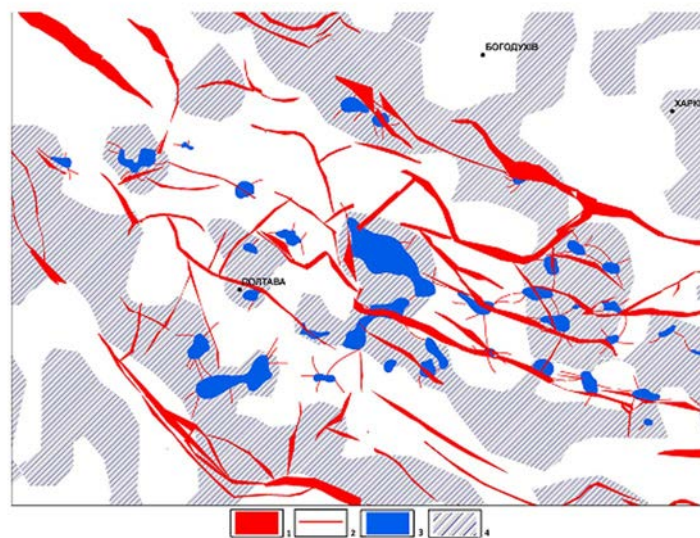


Рис. 6. Розташування соляних штоків у вузлах розломів: 1 —розломи по поверхні фундаменту за даними сейсморозвідувальних робіт; 2 — приштокові розломи; 3 —соляні штоки; 4 —гравітаційні мінімуми

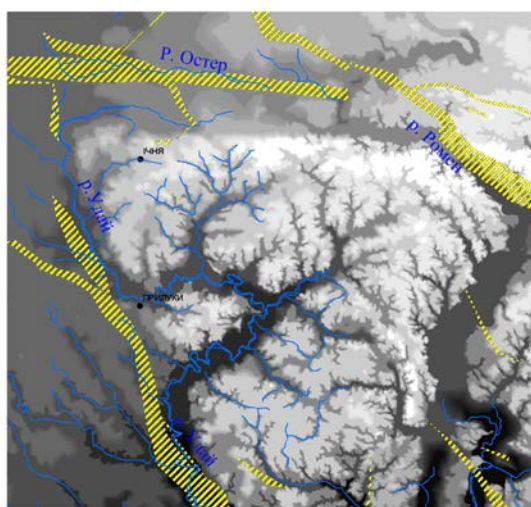


Рис. 7. ДДЗ. Фрагмент SRTM. Закладання долини рр. Удай, Остер та Ромен вздовж південного та північного крайових розломів (жовтий колір)

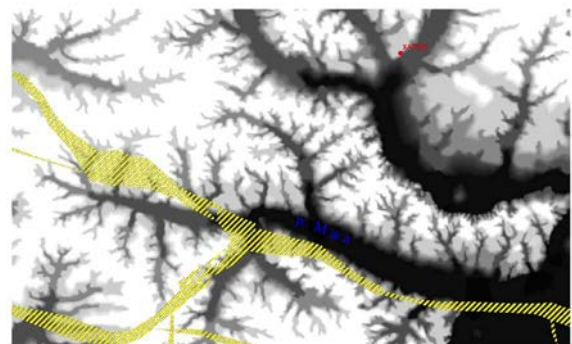


Рис. 8. ДДЗ. Фрагмент SRTM. Закладання верхів'я та середньої частини долини р. Мжа вздовж розломів по фундаменту (жовтий колір)

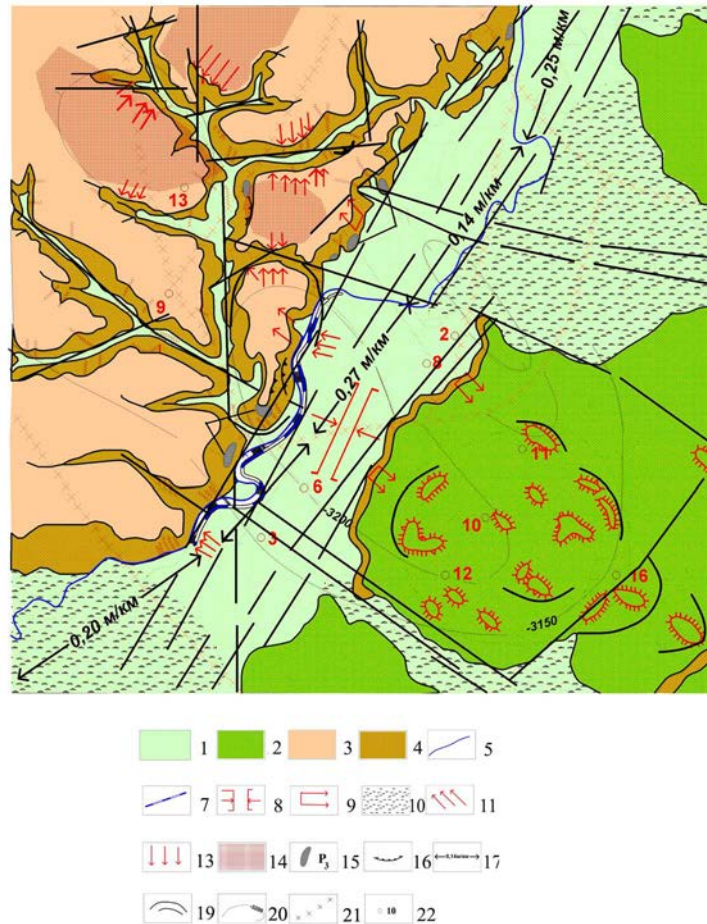


Рис. 9. Новотроїцьке родовище ВВ. Зміна характеру повздовжнього профілю р. Псел над Новотроїцькою структурою (збільшення глибини врізу русла над склепінною частиною структури)

1 — заплава та днище балок; 2 — I надзаплавна тераса; 3 — неогенова тераса. Форми та елементи форм рельєфу: 4 — схили долин та балок; 5 — русло ріки; 6 — ерозійні останці. Структурні навантаження: 7 — збільшення врізу русла ріки; 8 — звуження терасових рівнів; 9 — збільшення крутизни схилу; 10 — заболочення; 11 — зміщення русла; 12 — молоді яруги; 13 — площинний змив; 14 — деформація водорозділу. Інші позначення: 15 — виходи корінних порід; 16 — зсуви; 17 — показники повздовжнього профілю русла ріки; 18 — лінементи; 19 — дугові елементи рельєфу; 20 — ізогіпси відбивного горизонту Vb2 (C1 V2); 21 — розломи за даними сейсмозвідки; 22 — свердловини глибокого буріння

В умовах розвитку в прибортовій частині ДДЗ соленосних товщ соляний тектогенез сприяв прямій передачі тектонічних зусиль, пов'язаних з блоковими рухами фундаменту, ускладнюючи структурний план надсоліових відкладів. В цих умовах прояв структур в ландшафті відрізняється від характеру прояву структур "обгортання".

Так, Козіївська, Качанівська структури проявляються серією глибоко врізаних дугоподібних деревовидно-лапчатих балок з короткими притоками з перепадом глибини днища.

Північний борт ДДЗ та північна прибортова зона за даними геолого-геофізичних досліджень характеризується широким розвитком розривних порушень порід фундаменту, особливо, в зоні північного крайового порушення з амплітудами 300 м і більше. Розломи проявляли себе на ранніх та більш пізніх стадіях розвитку западини аж до сучасних. Ворсклянська зона лінементів співставляється з глибинною зоною розломів, які обумовили субмеридіональне простягання долини р. Ворскли між

містами Охтирка — Полтава. За даними Рябовського А. М. (1985) ця зона характеризується найбільш високими значеннями горизонтальних градієнтів поля сили тяжіння (до 20–25 Етвеш). Про активність цієї глибинної структури свідчать дані сейсмозвідки МЗГТ, що зафіксували тут систему близько меридіонально-орієнтованих розломів в нижньому карбоні, один із яких — Ворсклянський.

Розломні зони фундаменту сформували серію тектонічних сходин як в межах північного так і південного борту — (Кудрявсько-Гутська, Бутріватівсько-Козіївська, Голубівсько-Левенцівська та ін.). За рахунок активності окремих блоків в межах цих сходин утворилися прирозломні малоамплітудні підняття.

До активних блоків, з сумарною амплітудою неотектонічних рухів 200 м і більше приурочені малоамплітудні пастки вуглеводнів із склепінними пластовими покладами (Прокопенківська площа) та неантиклинальні пастки з тектонічно екранованими та літологічно екранованими покладами в нижньо-

кам'яновугільних відкладах (Радянська площа — св. №2, 3), зони розуцільнення порід фундаменту та кора вивітрювання (Хухринсько–Чернетчинська, Тростянецька площі). Установлено тісний взаємозв'язок зон розломів поверхні фундаменту з прирозломними структурами в осадовому чохла та їх нафтогазонасності (Прилуцьке, Монастирищинське, Юліївське, Лівенське та ін. родовища ВВ)

Висновки

Вивчення структурного плану нижньокам'яновугільних відкладів (візейський, серпухівський яруси) та співставлення його зі схемою будови фундаменту (покрівля) свідчать про успадкований розвиток розломів та структур осадового чохла в нижньому карбоні та розломно–блоковій будові порід кристалічного фундаменту.

Провідними структуроформуючими факторами в Дніпровсько–Донецькій западині вважаються:

1. динамічні напруги, що виникають в результаті переміщення блоків фундаменту;
2. соляний тектогенез, що стимулюється рухами блоків фундаменту;
3. активізація тектонічних рухів в неотектонічний етап, яка обумовила відображення глибинних структур — брахіантиклинальних складок, зон розломів та зон підвищеної тріщинуватості в особливостях будови ландшафту в цілому і рельєфу зокрема [4].

Ці положення є основними при прогнозуванні

перспективних зон для постановки детальних досліджень

Література

1. Товстюк З. М. Геоиндикационная роль рельефа при прогнозировании локальных структур Южного Мангышлака // Тез. докл. III Всесоюзного совещания “Теория, методика и практика геоиндикационных исследований” / З. М. Товстюк — М: ИГиРГИ, 1989. — С. 31–32
2. Товстюк З. М. Древние ледниковые формы рельефа-геоиндикатор глубинного строения Днепровско-Донецкой впадины (на примере дистанционных исследований междуречья рек Псла и Хорола) // материалы совещания “Методика и технические средства геоиндикационного дешифрирования”. / З. М. Товстюк — Свердловск, 1986. — С. 45–49.
3. Товстюк З. М. Прогноз локальных структур по аэрокосмическим материалам в Днепровско-Донецкой впадине /Автор.дис.на соиск. Ученой степени к.геол.-мин.наук / З. М. Товстюк. — М: 1987.— С. 20.
4. Товстюк З. М., Титаренко О. В., Єфіменко Т. А. Використання матеріалів космічних зйомок для вивчення неотектонічної будови Дніпровсько-Донецької западини при нафтогазопошукових дослідженнях // Тези доповідей 14-ої Української конференції з космічних досліджень. / З. М. Товстюк, О. В. Титаренко, Т. А. Єфіменко — Ужгород: Інститут електронної фізики НАН України, 2014. — 188 с.

ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКАЯ ВПАДИНА. УНАСЛЕДОВАННОСТЬ РАЗВИТИЯ СТРУКТУР, РАЗЛОМНЫХ ЗОН И ЗОН РАЗУПЛОТНЕНИЯ

З. М. Товстюк, И. В. Лазаренко, Е. П. Головащук

Обосновано унаследованное развитие нефтегазоносных структур, зон разломов и зон разуплотнения в породах фундамента и осадочной толще Днепровско-Донецкой впадины и возможность их отражения на материалах космических съемок.

Ключевые слова: зона, впадина, линеаменты, космическая съемка, новейшая разломно-блоковая тектоника

THE DNIPRO-DONETSK DEPRESSION. INHERITANCE OF FORMATION OF STRUCTURES, FAULT ZONES AND THINNING ZONES

Z. M. Tovstyuk, I. V. Lazarenko, O. P. Golovashchuk

Justified inherited formation of oil and gas structures, fracture zones and zones of decompression in the basement rocks and sedimentary strata of the Dnipro-Donetsk Depression and the possibility of their reflections on the satellite imagery.

Keywords: zone, depression, lineaments, Remote Sensing, modern fracture-alignment tectonics

УДК 528.8:(551.4:504.064.3)](477-25)

Використання матеріалів дистанційного зондування землі при вирішенні завдань екологічної геоморфології в міських умовах (на прикладі долини р. Либідь в м. Києві)

Н. В. Пазинич*, Л. П. Ліщенко, А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович, О. М. Терemenko

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

Розглянуто трансформацію долини р. Либідь від допромислового стану до сучасного урбанізованого. В результаті антропогенного тиску та геоморфологічного фактору відбулося значне погіршення екологічного стану території. Мікрокліматичні умови в долині сприяють формуванню застійних повітряних процесів та теплової аномалії, що дешифрується на космічних знімках (КЗ).

Ключові слова: долина р. Либідь, моніторинг, екологічний стан, урбанізовані території, латеральні речовинні потоки, каркасні елементи рельєфу, мікроклімат

© Н. В. Пазинич, Л. П. Ліщенко, А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович, О. М. Терemenko, 2015

Сучасні екологічні проблеми урбанізованих територій вийшли на рівень загально людських проблем. На часі стоїть розгляд взаємозв'язків між природними та соціально-економічними об'єктами та явищами. Взагалі, великим містам, в тому числі і Києву, притаманний значний спектр екологічних проблем, головними з яких є небезпечні екзогенні геологічні процеси, які зумовлені геолого-геоморфологічними особливостями території, що активізуються під різнобічним техногенним тиском. Моніторинг розвитку екзогенних процесів є надзвичайно важливим для вивчення екології міста. [1, 5, 6]. Проте, вплив на стан екосистеми має безпосередньо сам рельєф у розумінні морфології поверхні, як сукупності нерівностей сформованих у значній мірі гідромережею.

Відомо, що найбільш несприятливі ділянки урбанізованих територій, з точки зору накопичення техногенного забруднення природним шляхом, розташовані в улоговинах, вузьких долинах, у замикаючих ділянках каскадних геоморфологічних ланцюгів — гирлах річок, конусах виносу, тощо. Слід відзначити, що ступінь екологічної напруги місцевості є історичною категорією, яка змінюється у часі. Ці зміни відбуваються в залежності від рівня суспільно-економічного розвитку. У допромисловий час положення населених пунктів у пониженнях рельєфу, долинах, улоговинах було безперечно сприятливим (наявність води, комфортний температурний режим, захищеність від сильних вітрів), але з розвитком промисловості, транспорту території такого типу зазнають екологічної напруги. Яскравим підтвердженням цієї тези є зміни екологічного стану р. Либідь, що перетинає центральну частину правобережжя Києва.

Місто Кия сформувалося на межиріччі Дніпра та Либідь. В давнину Либідь була природним рубежем Київської височини. Болотиста широка заплава річки захищала місто з південного заходу. З давніх-давен заплава Либідь (яку ще називали Либедівкою) використовувалася з господарською метою для випасу худоби і як сіножаті. Звертає на себе увагу незначна антропогенна діяльність у долині Либідь до середини XIX ст. Так, за планом Києва Ф. Ушакова, складеним у 1695 р., на Либідь було розташовано 7 водних млинів та гребель, обводнена заплава використовувалась під сіножаті. У долині розташовані села Деміївка, Совки, Протасів Яр, Соломинка, хутори Либідь, Саперна Слобідка. Іншими прикладами первинного заселення долинної мережі м. Києва є село Жуляни — на річці Желань (Нивка), село Сирець — долина р. Сирець, Кожум'яки — р. Киянка, Поділ — р. Дніпро. Височини київських гір обіймали фортифікаційні укріплення, адміністративні будови.

Нами було проаналізовано картографічні дані на яких відображено процес міського освоєння долини Либідь від XVII до XX сторіччя [2, 3]. Станом на 1695 рік долина знаходилась практично у природному стані. Зміни торкнулися лише русла підпруженого греблями. Станом на 1850 рік вже значна забудова торкнулась пологого лівобережжя середньої течії річки. На правобережжі сформувалися окремі поселення, які у подальшому дадуть назву районам та вулицям Києва, у нижній частині долини побудовано фортифікаційні споруди Лисогорської фортеці. Кардинальні зміни долини починаються у другій половині XIX ст., коли у 1869–1870 роках відкрилася Курсько–Київська лінія залізниці, яка з'єднала центральний промисловий регіон з регіоном цукрової промисловості. Від Дніпра ця залізниця була прокладена по долині Либідь. Починають

*n.pazinich@yandex.ua

з'являтися перші ознаки промислової зони вздовж залізниці, Київський цукрово-рафінадний завод, зернохосовища, цегляний завод, склади зберігання вантажів. У XX ст. антропогенний тиск на долину продовжує наростати.

Зараз загальна довжина річки складає 17.1 км, а площа басейну становить 66.2 км². Головними притоками Либіді є струмки Скоморох, Совка, Буслівка, Відрадий, Шулявка, Кадетський Гай, Клов, Ямка, Протасів Яр. У межах водозбору мешкає понад мільйон киян. Дощові і талі води, що стікають вулицями, забруднені нафтопродуктами, важкими металами, органічними речовинами. На водозборі Либіді розташовано залізничний вокзал, автовокзал, багато промислових підприємств: ТЕЦ-3, Перший київський міський молокозавод, завод "Київгума", кондитерську фабрику, маргариновий завод, ТЕЦ-5. Особливістю р. Либідь є також перетинання її великою кількістю мостів і трубопроводів. В останні десятиріччя частину підприємств закрили, їх території стали використовуватися під житлову забудову, різко збільшився потік автотранспорту.

Нами було проведено геоморфологічний аналіз долини Либіді на основі електронної карти гіпсометрії Києва з кроком між горизонталями 2 м. Ці матеріали були використані, як основа для побудови карт каркасних елементів рельєфу (рис. 1 А). На карті виділено кільові лінії, які об'єднують точки абсолютних мінімумів поверхні і визначають траєкторії ймовірних латеральних речовинних потоків, та гребеневі лінії, що об'єднують точки абсолютних максимумів і визначають лінії розділу напрямів латеральних потоків. За цими побудовами можна визначити ділянки формування вторинних гео-

хімічних аномалій в результаті діяльності латеральних процесів. Потрапивши у динамічне природне середовище техногенні поллютанти починають мігрувати, внаслідок діяльності екзогенних процесів. Саме для прогнозування напрямку латерального переміщення потоків флювіальними та гравітаційними процесами використовуються карти каркасних елементів рельєфу.

На рисунку 1 А подано фрагмент КЗ Quick Bird (зйомка 25. 06. 04 р.) з мережею каркасних ліній рельєфу долини Либіді. Кільові лінії, що в цілому відповідають тальвегам є векторами, які визначають напрями поверхневого стоку і з якими пов'язана підземна колекторська мережа. Базисом мережі кільових ліній є днище долини Либіді. Каркасна структура басейну, її морфологія і щільність визначають закономірності латерального переміщення в межах басейну.

Також була проаналізована геоморфологічна схема долини (рис. 1 Б). На схемі відображено вододільні ділянки лесового плато, схили різної крутизни (переважають схили крутизною 10–200) та плоскі днища. Більшість площі басейну займають схилі поверхні, найменшу — днища. Перевищення вододільних просторів над днищем становить 30–70 м. Це призводить до того, що з часом більша частина техногенного забруднення за рахунок осідання на поверхню та переміщення латеральними потоками концентрується в межах днища Либіді та її притоків. Виходячи з енергетичних особливостей денної поверхні, днище річки і притоків є базисом по відношенню до схилів і оточуючих вододільів. Транспортні магістралі формують своєрідний каркас міста і, відповідно, є головним джерелом забруднення довк-

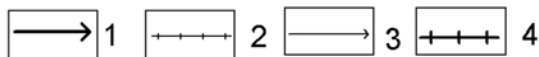


Рис. 1 А. Каркасна структура рельєфу басейну р. Либідь: 1 — р. Либідь, 2 — гребеневі лінії, 3 — кільові лінії, 4 — межі басейну р. Либідь

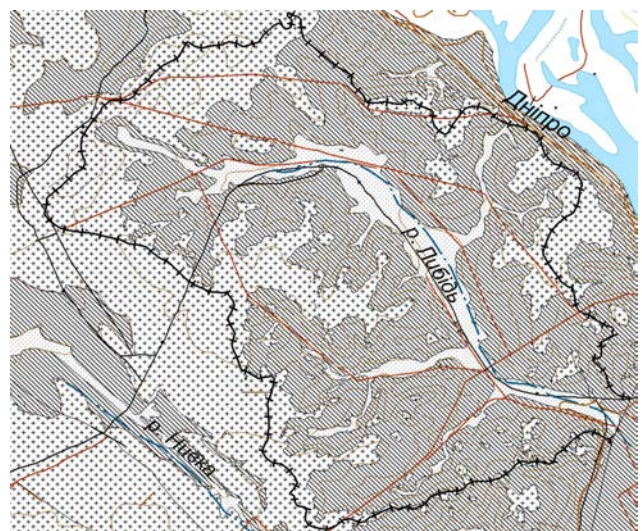


Рис.1 Б. Геоморфологічна схема долини р. Либідь. 1 — вододільні території, 2 — заплава (днище) р. Либідь та її притоків, 3 — схилі поверхні, 4 — русло, 5 — автомагістралі, 6 — межі басейну р. Либідь

ілля. В залежності від погодних умов, смог може тижнями нерухомо висіти у долині р. Либідь поступово осідаючи на поверхню у вигляді сполучень свинцю, міді, цинку, олова, ртуті тощо. В результаті діяльності залізниці, автомагістралей, а також промислової зони, яка історично сформувалася вздовж залізниці, в межах днища р. Либідь сформована штучна геохімічна аномалія [4] (рис. 2 А).

На рисунку 2 А показано розташовані в долині ареали аномальних концентрації міді, срібла, свинцю, цинку, хрому. Ця геохімічно-техногенна аномалія є результатом взаємодії геоморфологічних і соціально-промислових умов існуючих в долині. Однією з природних складових становлення цієї аномалії є мікрокліматичні умови, що притаманні річковим долинам. В долинах, як у пониззях рельєфу, відмічається зниження циркуляції повітря, в наслідок захищеності від вітрових потоків. Застійна теплова аномалія добре простежується на КЗ TERRA ASTER (зйомка 15.04.04 р.) (рис. 2 Б).

На рисунку 2 Б зображено фрагмент синтезованого знімку ASTER. Синтезуванню були піддані 2-й канал видимого діапазону (0.63–0.69 мкм), 4-й середній інфрачервоний (1.60–1.70 мкм), 13-й дальній інфрачервоний (10.25–10.95 мкм). Світлим тоном на знімку відображена теплова аномалія, що відповідає в плані долині р. Либідь. Атмоциркуляційні мікрокліматичні умови зумовлені рельєфом сприяють формуванню “теплової шапки”, стабільного смогу і поступового осідання відповідних забруднювачів повітряних мас на днище долини.

На часі стоїть розробка принципів та методів екологічної оцінки безпосередньо рельєфу тому, що

структура рельєфу впливає на життя та діяльність людини. Вирішення еколого-геоморфологічних задач вимагає широкого комплексування традиційних геоморфологічних підходів на основі використання матеріалів КЗ з методами інших природничих наук, соціально-економічних, та історико-археологічних. Рельєф зумовлює загальний енергетичний баланс території, що залежить від складності експозиції схилів і крутизни схилів, а також скеровує перенос речовини і енергії, фокусуючи і концентруючи його більше ніж інші природні фактори. Таким чином, рельєф істотно впливає на результати людського розвитку і діяльності.

Висновки

Проведені дослідження із використанням дистанційних методів в долині р. Либідь наочно показали, що долинні комплекси урбанізованих територій можуть мати гірші екологічні умови в порівнянні з навколишніми ділянками. Історично складалося, що малі річки Києва освоювались людиною найпершими і в період промислового розвитку антропогенний тиск у їх межах сягнув найвищих значень. Природними чинниками відповідальними за екологічні умови є глибина долини, планова конфігурація по відношенню до переважаючого напрямку вітрів, співвідношення елементів долини — вододілів, схилів та днища. Сформовані в долині мікрокліматичні умови визначають власні температурні та атмоциркуляційні особливості, що сприяють застійним повітряним процесам та осіданню продуктів викидів на поверхню. Такі умови виокремлюють



Рис. 2 А. Штучна геохімічна аномалія, сформована в долині р. Либідь

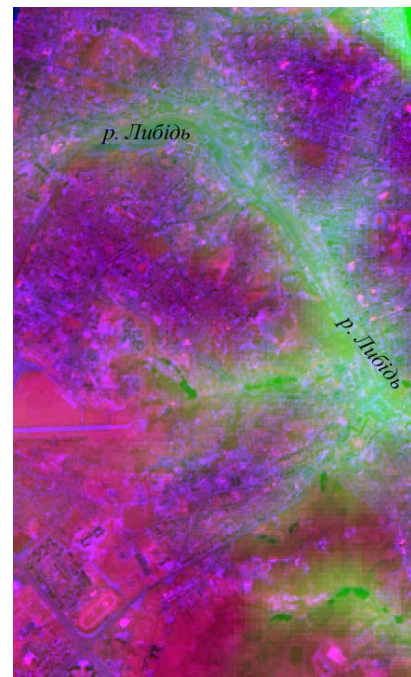


Рис. 2 Б. Теплова аномалія в межах р. Либідь на синтезованому КЗ TERRA ASTER

долину в специфічний екологомікрокліматичний район. Саме ці природні особливості на урботериторіях трансформують долинні комплекси малих річок від первинно екологічно-сприятливих до еколого-небезпечних ділянок урботериторій. Використання матеріалів дистанційного зондування Землі уможливлуватиме виявлення найбільш напружених та несприятливих ділянок екологічного стану міст.

Література

1. Багатозональні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування/ Монографія за ред. Лялька В. І., Попова М. О. — К: Наукова думка, 2006 — с. 357.
2. Закревський Н. И. План г. Киева в разное время с X ст. по 1864г. / Н. И. Закревський. Атлас планов — М. 1965.
3. Карта “Київ з передмістями” складена на зйомках 1897 р. м-б 1:21 000 — К.:1918 р.
4. Комплекс карт екологічного стану території м. Києва (м-б 1:50 000), ДГП “Північукгеологія”, К., 1996 р.
5. Лищенко Л. П. Мониторинг оползневых процессов на территории г. Киева (с использованием материалов дистанционного зондирования Земли) / Л. П. Лищенко, А. Н. Теремченко // Проблемы та досвід інженерного захисту урбанізованих територій і збереження спадщини в умовах геоекологічного ризику: /за ред. В. М. Шестопалова [та ін.]. — К.: Фенікс, 2013. — VI. С. 169–175.
6. Пазинич Н. В. Сучасні інформаційні технології досліджень процесів енергомасопереносу урбанізованих ландшафтів / Н. В. Пазинич, А. Г. Мичак, В. Є. Філіпович. //Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях. //36. наук. праць. Київ–Харків–Крим. — 2011 — С. 56–65.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ при решении задач экологической геоморфологии в городских условиях (НА ПРИМЕРЕ ДОЛИНЫ р. ЛЫБИДЬ В г. КИЕВЕ)

Н. В. Пазинич, Л. П. Лищенко, А. Г. Мичак, В. Е. Филиппович, А. Н. Теремченко

Рассмотрена трансформация долины р. Лыбидь от допромышленного состояния до современного урбанизированного. В результате антропогенного влияния и геоморфологических факторов произошло значительное ухудшение экологического состояния территории. Микроклиматические условия в долине способствуют формированию застойных воздушных процессов и тепловой аномалии, что подтверждается космическими снимками.

Ключевые слова: долина р. Лыбидь, мониторинг, экологическое состояние, урбанизированные территории, латеральные вещественные потоки, каркасные элементы рельефа, микроклимат

DECISION OF TASK OF ECOLOGICAL GEOMORPHOLOGIC IN THE KIEV CITY WITH THE USE OF REMOTE SENSING DATA (ON THE EXAMPLE OF LYBID RIVER VALLEY)

N. V. Pazinich, L. P. Lischenko, A. G. Mychak, V. E. Filipovich, A. N. Teremenko

Transformation of Lybid river valley is considered for historical period. The considerable worsening of the ecological state of territory took place as a result of anthropogenic pressure and geomorphologic factors. The terms of microclimate in a valley are forming of stagnant air processes and thermal anomaly that appears on space images.

Keywords: Lybid river valley, monitoring, ecological condition, urban areas, lateral mass flows, topography frame elements, microclimate

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА РОЗБІЖНОСТЕЙ У ВИЗНАЧЕННІ ЕМІСІЙ ТА СТОКУ (АБСОРБЦІЇ РОСЛИНАМИ) CO_2 ДЛЯ УКРАЇНИ, ВИКОНАНИХ ЗА МЕТОДИКОЮ НАЦІОНАЛЬНОГО КАДАСТРУ, В ПОРІВНЯННІ З ДАНИМИ СУПУТНИКОВИХ ВИМІРІВ

3.1 Загальна інформація про інвентаризацію парникових газів в Україні згідно з міжнародними угодами та розробленими національними методиками

В Україні інвентаризацію антропогенних викидів/поглинань ПГ проводило Державне агентство екологічних інвестицій (ліквідовано в 2014 р.) з порядковою йому Бюджетною установою “Національний центр обліку викидів парникових газів” (НЦОВПГ), яке у взаємодії з іншими суб’єктами системи на національному рівні щорічно готувало Національний кадастр антропогенних викидів та абсорбції ПГ і подавало його до Секретаріату Рамкової конвенції Організації Об’єднаних Націй зі змін клімату за погодженням з Міністром екології та природних ресурсів України [39].

Інвентаризація охоплює викиди шести ПГ прямої дії: діоксиду вуглецю (CO_2), метану (CH_4), закису азоту (N_2O), гідрофторвуглеводнів (ГФВ), перфторвуглеводнів (ПФВ), гексафториду сірки (SF_6). А також чотирьох ПГ непрямої дії: оксиду вуглецю (CO), оксиду азоту (NO_x), неметанових летких органічних сполук (НМЛОС), діоксиду сірки (SO_2).

Відповідно до основних джерел емісій та поглиначів ПГ кількісна оцінка їх викидів і поглинань проводиться за секторами (енергетика; промислові процеси; використання розчинників та інших продуктів; сільське господарство; землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство (ЗЗЛГ); відходи), які, в свою чергу, об’єднують категорії та підкатегорії [36, 37, 39].

Основними джерелами викидів/поглинань CO_2 є спалювання вуглецевмісних видів палива, його видобування, обробка, зберігання, транспортування та споживання, зміни в землекористуванні, а також промисловість; метану CH_4 — вирощування

рису, видобування вугілля, транспортування та переробка нафти й природного газу, внутрішня ферментація і відходи тваринництва, полігони твердих побутових відходів та спалювання біомаси; закису азоту N_2O — сільське господарство [39].

Дані про сумарні антропогенні емісії/поглинання ПГ в Україні з 1990 по 2012 р. представлені на рис. 3. 1, 3. 2. На рис. 3. 2 сумарні емісії подані з розподілом за видами ПГ: діоксиду вуглецю, метану, закису азоту. Сумарні викиди ПГ в Україні (з урахуванням поглинання CO_2 в секторі “ЗЗЛГ” в 1990 р. становили 866.1 *млн. т* в CO_2 -екв., в 2012 г. — 375.4 *млн. т* в CO_2 -екв. За період 1990–2012 рр. викиди скоротилися на 56.7% [39].

Найбільша частка викидів ПГ припадає на діоксид вуглецю — 74.6% від сумарних викидів (з урахуванням ЗЗЛГ) і 76.5% без урахування сектора ЗЗЛГ в 1990 р. Викиди метану в 1990 р. сягали 18.7%, а закису азоту — 6.7% (відповідно 17.3% і 6.2% без урахування ЗЗЛГ). У 2012 р. пропорція практично збереглася — 73.7; 17.7 і 8.4% для діоксиду вуглецю, метану і закису азоту, відповідно.

Динаміка викидів ПГ дозволяє виділити три етапи за період 1990–2012 рр. Протягом першого етапу (1991–1999 рр.) спостерігалось катастрофічне зниження ВВП та зменшення споживання енергії, що призвело до скорочення викидів ПГ. На другому етапі (2000–2008 рр.) відбулося поступове незначне збільшення обсягу викидів, що пов’язано з економічним зростанням (у тому числі ростом ВВП), але прямої кореляції між темпами росту обсягу викидів і ВВП немає. Передусім це пояснюється структурою економіки.

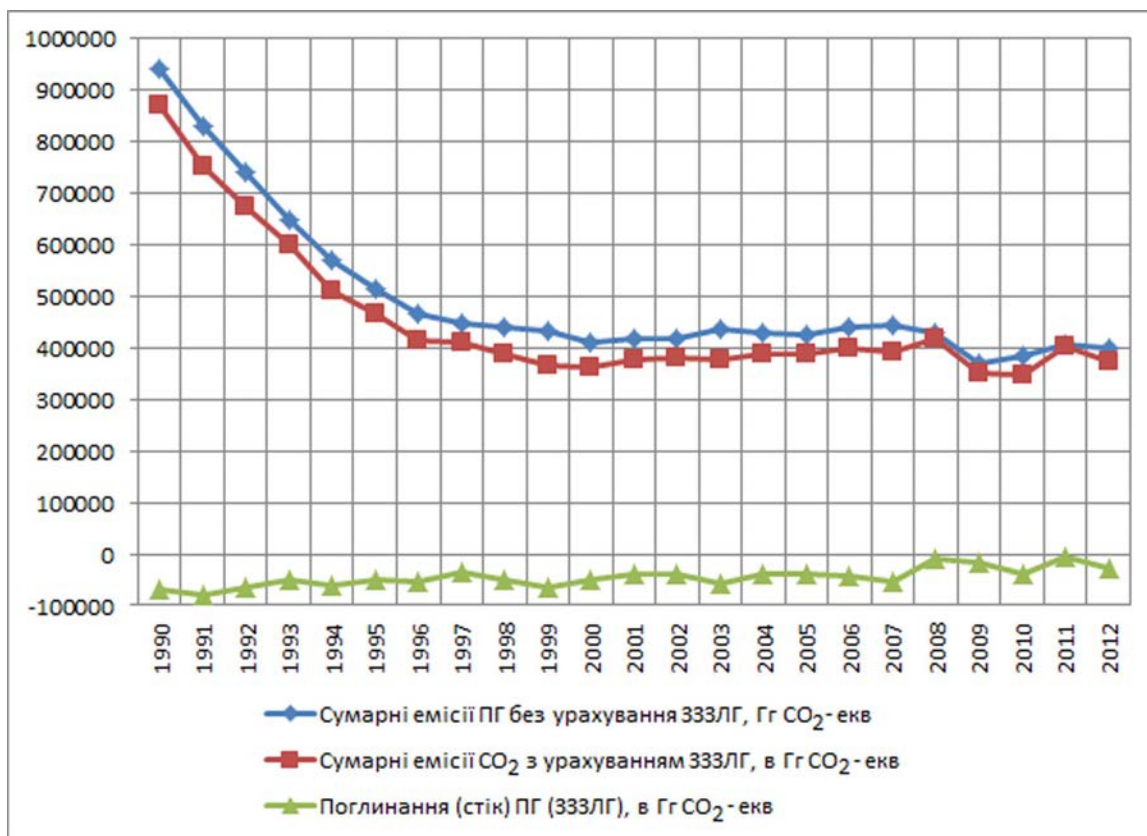


Рис. 3. 1. Сумарна величина викидів/поглинань ПГ та динаміка їх змін для України за 1990–2012 рр. [39]

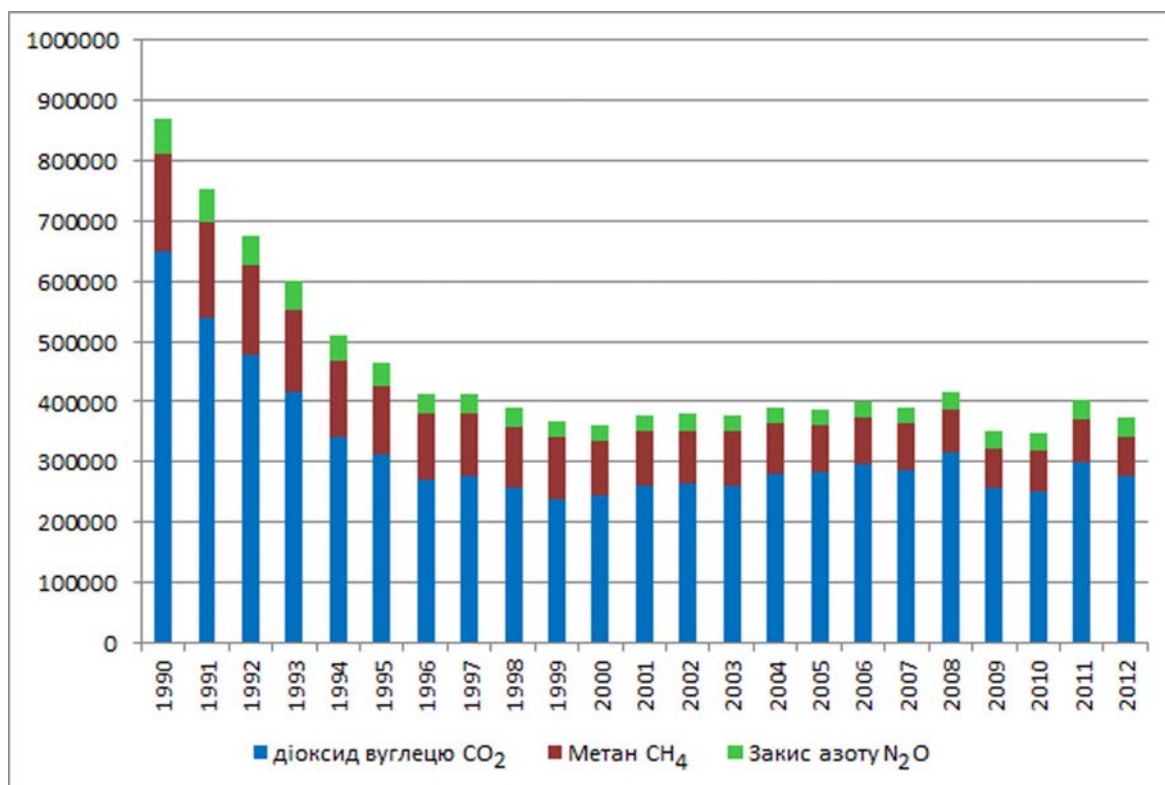


Рис. 3. 2. Сумарна величина емісій ПГ (Гг CO₂-екв.) прямої дії для України за 1990–2012 рр. [39]

турними змінами в економіці, збільшенням ролі торгівлі, послуг та фінансової сфери в порівнянні з промисловим виробництвом. Протягом третього етапу (2009–2012 рр.) обсяги викидів ПГ залежали від фактора світової фінансової кризи (2008–2009 рр.), який значною мірою вплинув на обсяги виробництва в основних галузях, орієнтованих на експорт — металургійної, хімічної, машинобудівної, що, в свою чергу, позначилося на інших галузях — електроенергетиці і гірничодобувній [39].

Найбільший внесок у викиди ПГ робить сектор “Енергетика” (рис. 3. 3). Його частка в сумарних викидах за період 1990–2012 рр. змінювалася в межах 77.6–92.6% з урахуванням сектора “ЗЗЗЛГ” і 76.0–79.4% без урахування цього сектора. Скорочення викидів у секторі в 2012 р. в порівнянні з 1990 р. становило 58% — з 741.8 до 309.1 т. CO₂-екв [39].

зменшенням поголів’я худоби та обсягів внесених у ґрунт добрив, а також із зміною практики поводження з гноєм.

У секторі “ЗЗЗЛГ” спостерігається чисте поглинання ПГ, величина якого відносно сумарних викидів за період 1990–2012 рр. коливалася в межах від 1.6 до 14.8%. У 1990 р. чисте поглинання складало 69.7 млн. т, а потім зменшилося до 27.2 млн. т в 2012 р. (рис. 3. 3). Така динаміка пов’язана насамперед з динамікою обсягів викидів ПГ з резервуару мінеральних ґрунтів у категорії землекористування “Рілля” (в 1990 р. у мінеральних ґрунтах відбувалося поглинання близько 7 млн. т вуглецю, в період 1993–2000 рр. значення коливається навколо осі x, в наступний період спостерігаються викиди вуглецю на рівні 2–3 млн. т, а в 2012 р. їх обсяг збільшився до 32.6 млн. т, що пов’язано з великим об’ємом врожаю сільськогос-

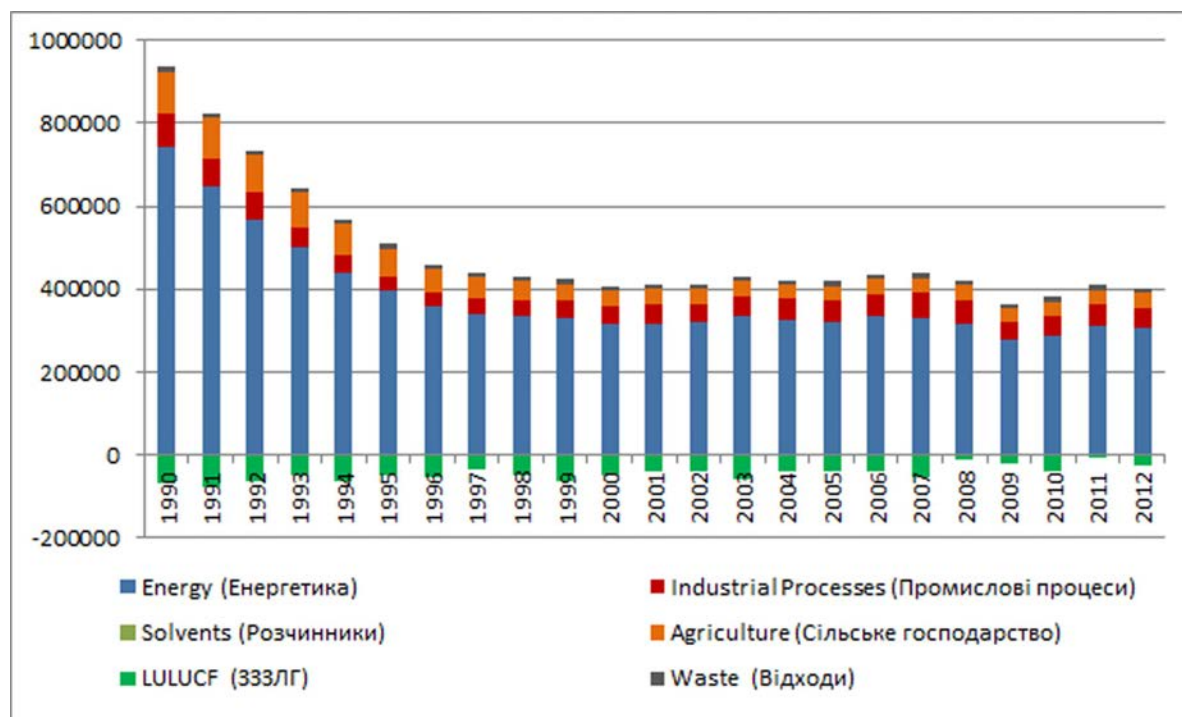


Рис. 3. 3. Викиди/поглинання ПГ в Україні за секторами у 1990–2012 рр., Гг CO₂-екв. [39]

Частка викидів в секторі “Промислові процеси” в період 1990–2012 рр. сягала від 7.7 до 16.0% загальних національних викидів ПГ з урахуванням “ЗЗЗЛГ” (або 6.9–4.1% без урахування ЗЗЗЛГ) (рис. 3. 3), причому максимальні значення досягнуто в 2001–2007 рр., коли відбувалося швидке відновлення гірничо-металургійної галузі. Найбільшим джерелом викидів вуглекислого газу в цьому секторі є виробництво чавуну, сталі та феросплавів.

Частка сектора “Сільське господарство” в сумарному обсязі викидів за період 1990–2012 рр. змінювалася від 8.4 до 14.6% (або 7.4–12.9% без урахування сектора “ЗЗЗЛГ”) (рис. 3. 3). Скорочення викидів у цьому секторі перш за все пов’язано з істотним

подарських культур і малим об’ємом внесення добрив, особливо органічних, в останні роки). Динаміка викидів у цій категорії прямо пропорційна обсягам надходження органічного матеріалу в ґрунт і врожайності культур. Крім того, вплив мають масштаби лісових пожеж, осушення органічних ґрунтів, як в лісах, так і в категоріях землекористування “Рілля” і меншою мірою в категорії “Пасовища”.

Частка сектора “Відходи” незначна, але вона досить стійко зростає. З 1990 по 2012 р. викиди в цьому секторі збільшилися на 7.7% — з 10.6 до 11.4 млн. т CO₂-екв. [39].

Детальну інформацію про вплив галузей економіки та промисловості на регулювання обсягів ви-

кидів ПГ можна знайти в ряді національних повідомлень України з питань зміни клімату [41, 42, 43]. На даний час готується Шосте національне повідомлення України з питань зміни клімату.

Детальну інформацію про попередні та нові відомості про зміни клімату, що ґрунтуються на численних незалежних наукових аналізах даних спостере-

жень за кліматичною системою, палеокліматичних архівів, теоретичних досліджень кліматичних процесів і результатах моделювання за допомогою кліматичних моделей можна дізнатися з ряду доповідей про оцінку МГЕЗК (кожна доповідь публікується в трьох томах, які відповідають трьом робочим групам) [25, 35, 44].

3. 2. Базові принципи та особливості методології розрахунку (оцінки) емісій/стоку парникових газів країнами, зокрема Україною, відповідно до рекомендацій МГЕЗК (IPCC)

Визначення емісій/стоку ПГ проводиться за методологією, розробленою МГЕЗК (IPCC — *Intergovernmental Panel on Climate Change*) відповідно до Переглянутих керівних принципів національних інвентаризацій ПГ (1996 р.) [36] і Керівних вказівок МГЕЗК з ефективної практики та обліку факторів невизначеності в національних кадастрах ПГ (2000 р.) [37]. Інвентаризація в секторі “333ЛГ” проводиться згідно з Керівними вказівками з ефективної практики для “333ЛГ” (2003 р.) [38].

Дана методологія є базовою (відправною точкою) для розрахунку емісій ПГ і націлена на надання країнам найбільш простих і реалістичних процедур для проведення інвентаризації. Вона також передбачає рекомендовані значення величин для коефіцієнтів емісій та ряду параметрів, необхідних для оцінки. Оскільки рекомендована інформація часто є узагальненою, адаптованою для застосування усіма країнами світу, вона не враховує особливості діяльності на регіональному чи національному рівнях, що, в свою чергу, призводить до великих діапазонів невизначе-

ностей. Тому завжди вітається вихід за цей мінімум — використання більш складних і удосконалених методик і надання більш детальних даних про діяльність та національні коефіцієнти емісій. Для реалізації деталізації національних статистичних даних та вихід на національні коефіцієнти до роботи над Національним Кадастром було залучено ряд державних науково-дослідних інститутів, центрів та організацій — УкрНДГМІ, Інститут технічної теплофізики НАН України, Український НДІ лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Вінницький державний аграрний університет, Інститут землеробства УААН, Черкаський НІТЕХІМ, Державний НТЦ охорони родючості ґрунтів, ДержавтотрансНДІпроект, а також Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, Державне агентство земельних ресурсів України, Державне агентство лісових ресурсів України, Державну службу статистики України, Нафтогаз і Укртрансгаз та ін. [39, 40].

3. 3. Особливості оцінки, проблематика та неточності, а також тенденції емісій/стоку парникових газів за секторами, відповідно до методик МГЕЗК та національних досліджень, поданих у національному кадастрі

Розрахунки емісій/стоку ПГ згідно з методологією МГЕЗК проводяться на основі статистичних даних про діяльність (різного рівня деталізації), яка спричиняє емісії/поглинання ПГ, коефіцієнтів емісій, перевідних коефіцієнтів та ряду інших параметрів, необхідних для оцінки в тій чи іншій категорії. В узагальненому вигляді формула для розрахунку кількості викидів ПГ можна представити так:

$$\text{Емісії / поглинання ПГ} = \text{ДД} \times \text{KB} \quad (3. 1)$$

де ДД — дані про діяльність (об’єми видобутого (експорт, імпорт) чи використаного палива; кількість виготовленої чи спожитої промислової продукції; площі, зайняті під тим чи іншим типом рослинного покриву тощо); KB — коефіцієнти емісій/поглинання, які дають фактичний вміст вуглецю при тому чи іншому виду діяльності (спалюванні палива; виробництві/споживанні промпродукції; темпи накопичення біомаси);

Традиційний підхід [5]

Узагальнений підхід до визначення антропогенних емісій вуглецю, зокрема в секторі “Енергетика” Як правило, задача визначення емісій зводиться до оцінки кількості викидів вуглецю за коефіцієнтами емісій.

Облік емісії можна вести як за видами палива (вугілля, природний газ, нафта (бензин, дизельне паливо) і біомаса (деревина, відходи деревини, деревне паливо)) для всіх секторів економіки, так і за секторами для певного виду палива. Зазвичай найбільше уваги приділяється викидам двоокису вуглецю та метану. Масу вуглецю у використаному паливі m_c можна розрахувати за формулою:

$$m_c = m T k_c, \quad (3. 2)$$

де m — маса використаного палива; T — теплотворне значення палива, що є критерієм його теплової

цінності, тобто переводить масу спаленого палива у кількість теплоти, виділеної при його згорянні; k_c — коефіцієнт емісії вуглецю, який дає фактичний вміст вуглецю у спаленому паливі. Зазначимо, що при згорянні палива окислюється не весь вуглець. Це залежить від ефективності роботи устаткування, тому у математичних моделях слід робити поправку на неповне окиснення вуглецю. Для цього використовується коефіцієнт фракції окисненого вуглецю f_c — відношення кількості вуглецю, що згорів, до загальної його кількості в паливі:

$$E_{CO_2} = 44m_c f_c / 12 \quad (3.3)$$

При цьому слід враховувати, що значна частина енергетичної сировини не перетворюється на енергію. Певна частина палива буде використана як сировина для виробництва інших видів продукції (наприклад, пластмаси) або в неенергетичних цілях (виробництво бітуму для дорожнього будівництва). В цих процесах відсутнє окиснення вуглецю (а отже — пряма емісія). Такий вуглець називається нагромадженим і виключається з розрахунків загальної емісії вуглекислого газу. При згорянні деяких видів палива методологія IPCC рекомендує вносити поправку на оцінку нагромадженого вуглецю m_{sc} , що рекомендовано робити в рамках підходу:

$$m_{sc} = f_{sc} m_c \quad (3.4)$$

де f_{sc} — фракція нагромадженого вуглецю.

Таким чином, загальну емісію вуглекислого газу з внесенням поправки на масу нагромадженого вуглецю і з використанням рівнянь (3.2) і (3.3), знаходимо з виразу

$$E_{CO_2} = 44(m_c - m_{sc})f_c / 12. \quad (3.5)$$

У такий спосіб ми отримуємо можливість визначати антропогенні емісії двоокису вуглецю.

Величина емісій CH_4 , пов'язаних з відповідними витоками (наприклад у гірничодобувній промисловості), дорівнює

$$E_{CH_4} = 0,67 m k_{CH_4} \quad (3.6)$$

де m — маса видобутого продукту (наприклад, вугілля в 8 млн. тонн), — коефіцієнт емісії, що дорівнює об'єму метану (m^3) при видобуванні 1 t продукту (вугілля) і залежить від способу видобування. Для перетворення об'єму метану в його масу (Gm) використовується значення густини метану при тиску в 1 атмосфері і температурі 20°C, яка становить $0,7 \cdot 10^{-6} \text{ Г/м}^3$. Для розрахунку загальної антропогенної емісії в такому випадку можна застосувати відносно простий алгоритм:

$$E_{tot} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M k_{nm} \Delta x_{nm}, \quad (3.7)$$

де M — сектори економіки, N — ділянки території, за якими проводиться розгляд, x — статистичні дані, що використовуються для опису впливів. За наведеним алгоритмом можна розрахувати викиди парникових газів від кінцевого спалювання кожного виду палива. Крім того, зважаючи на те, що дані x (зокрема m , що описує масу видобутого продукту, або спалюваного палива) можуть в загальному випадку розглядатися як функції часу, які описують технологічний і соціально-економічний розвиток регіонів.

В залежності від якості та деталізації наявних вхідних статистичних даних, а також від достовірності коефіцієнтів емісій розрахунки проводяться за різними рівнями деталізації (3.1)–(3.3), що відповідають різним стадіям верифікації. Перший рівень найпростіший — для розрахунку використовуються коефіцієнти емісій за замовчуванням та узагальнені статистичні дані. Розрахунки за другим рівнем деталізації проводяться при наявності уточнених коефіцієнтів емісій та деталізованих статистичних даних про діяльність. Третій рівень вимагає проведення наукових досліджень для визначення національних коефіцієнтів емісій, додаткової деталізації вхідних статистичних даних та більш дрібної класифікації за категоріями.

На сьогодні з метою удосконалення Національного кадастру, підвищення достовірності оцінок емісій та стоків ПГ, тобто зменшення діапазону невизначеностей, проведено ряд науково-дослідних робіт насамперед для ключових категорій. Це дало змогу отримати й уточнити національні коефіцієнти емісій та деталізувати вхідні статистичні дані для ряду категорій.

Сектор “Енергетика”

Для розрахунку викидів CO_2 при спалюванні вугілля на ТЕС (метод другого, третього рівнів) використовуються, як дані оперативної звітності ТЕС, так і узагальнені дані, отримані ДП “УкрНДІвуглебагачення” на основі лабораторних досліджень енергетичного вугілля. Визначаються індивідуальні для кожної ТЕС коефіцієнти вмісту вуглецю, коефіцієнти окиснення і національний коефіцієнт питомого вмісту вуглецю у вугіллі. Для розрахунку викидів CO_2 від використання палива у промисловості і будівництві застосовуються вхідні статистичні дані про об'єми продукції із форм статистичної звітності 4 — $млн.$ й 11 — $млн.$, національні коефіцієнти емісій для вугілля й природного газу та коефіцієнти за замовчуванням для інших видів палива. Використання національних коефіцієнтів емісій для CO_2 дозволило зменшити невизначеність на рівні 5–2%. Невизначеність в категорії “Енергетичні галузі” становила 3,4%, при цьому невизначеність даних про діяльність будь-якого виду палива сягає 2–10%, коефіцієнтів емісій для CO_2 — 2–5%, CH_4 — 150%, N_2O — 500%. [39, 40].

Інвентаризація викидів метану на шахтах України виконана за результатами вимірів фактичних витрат метану у вихідних вентиляційних струменях газових шахт і дебіту метану, що каптується вакуум-насосними станціями (ВНС) на поверхні, що, в свою чергу, відповідає третьому рівню 3 МГЕЗК-2000. З 1990 р. виділення метану вугільних шахт скоротилося на 61.8%. В 2012 р. утилізація метану проводилась на 18 вугледобувних підприємствах. З 2008 р., крім “корисної” утилізації метану з отриманням теплової та електричної енергії, на деяких шахтах використовується спалювання метану на факелі. В Україні не здійснюється контроль і не розраховується обсяг виділення метану з вугілля в період після його видобутку. Невизначеність результатів оцінки викидів метану з діючих шахт з урахуванням похибки, що вноситься вимірювальною технікою, становить не більше 15%, а невизначеність значень викидів метану на етапі після видобування становить 30%.

Невизначеність викидів вуглекислого газу в категорії “Нафта і природний газ” (викиди пов’язані з витоками при розвідці, видобуванні, транспортуванні, переробці, зберіганні та споживанні нафти і природного газу) становить 5.76% і пов’язана з невизначеністю коефіцієнтів викидів вуглекислого газу від факельного спалювання при видобуванні нафти і природного газу. Невизначеність викидів метану становить 20.87% і викликана перш за все невизначеністю коефіцієнтів викидів метану при споживанні природного газу промисловими споживачами та електростанціями [39].

Сектор “Промислові процеси”

Викиди CO_2 в секторі “Промислові процеси” пов’язані з виробництвом цементу, вапна, чавуну й сталі, феросплавів, аміаку, скла, а також з виробництвом і використанням соди, вапняку й доломіту. Практично для усіх категорій джерел викидів CO_2 було проведено науково-дослідні роботи, в результаті яких уточнено національні коефіцієнти емісій та дані про об’єми виробництва і використання промислової продукції. Це, в свою чергу дозволяє оцінити невизначеність даних про діяльність на рівні 2–5%, а національних коефіцієнтів емісій — 1–3%, невизначеність коефіцієнтів за замовчуванням приймається на рівні 7–10% (при виробництві й використанні соди та карбиду) [39].

Викиди CH_4 в промисловому секторі пов’язані в основному з виробництвом чавуну і коксу, а викиди N_2O — з виробництвом азотної кислоти.

Сектор “ЗЗЛГ”

Значення лісів у регуляції вмісту ПГ атмосфери міжнародними угодами зі збереження глобального клімату визнано одним із ключових [1, 40]. Країни,

що ратифікували ці угоди, взяли зобов’язання щодо проведення інвентаризації бюджету ПГ у керованих лісах і здійснення заходів, що сприяють посиленню стоків і скороченню емісій лісового вуглецю.

З кліматичних угод впливають базові принципи, які слід брати до уваги при створенні систем оцінки вуглецю лісів. По-перше, обліку та управлінню підлягає не величина запасів вуглецю лісами в початковий момент управління, а саме стоки і джерела ПГ у лісах. Іншими словами, важливі лише зміни запасів вуглецю лісів у бік зростання або скорочення, що відбуваються в період управління. По-друге, слід враховувати тільки ті стоки і джерела ПГ, які є результатом діяльності людини, тобто мають антропогенний характер.

Методологія підрахунку балансу вуглецю в секторі “ЗЗЛГ”, рекомендована МГЕЗК, передбачає оцінку змін запасів вуглецю в таких резервуарах: жива біомаса (фітомаса) з поділом на надземну й підземну; мертва органіка (підстилка, повалена деревина); ґрунти. (мінеральні, органічні) (рис. 3. 4).

Вуглекислий газ атмосфери перетворюється в органічну речовину в процесі фотосинтезу. Сумарну величину, що утворилася при фотосинтезі органічної речовини, називають валовою первинною продукцією (GPP). Частина цієї речовини розкладається при метаболізмі самих рослин, при цьому вуглекислий газ вивільняється в атмосферу. Цей потік називається диханням автотрофів (R_a) і варіює в межах 40–70% від GPP. Різниця між GPP і R_a характеризує кількість органічної речовини, що поповнює резервуар фітомаси, і називається чистою первинною продукцією (NPP) [1, 2, 6, 13, 14, 20, 22, 45, 46].

Потоки вуглецю, пов’язані з кожним з резервуарів, формують підсумкову балансову величину. Найбільш очевидний баланс вуглецю за фітомасою. Кожен може спостерігати збільшення запасів фітомаси при рості молодого насадження. Збільшення кількості фітомаси на певній території за одиницю часу і буде приростом фітомаси. Як правило, при рості лісових насаджень відбувається й зростання інших резервуарів вуглецю. Ліси можуть зазнавати різного роду порушень, а саме: рубання лісу, лісові пожежі, спалахи шкідників, вітровали тощо. Це призводить до загибелі або до деградації лісів, втрат запасів вуглецю та емісій вуглекислого газу в атмосферу. Оцінивши величину втрат і віднявши її від величини приросту, отримаємо підсумкову оцінку вуглецевого балансу лісової території. Саме такий підхід рекомендується до використання МГЕЗК [38] під назвою “метод балансу потоків”. Так, в Україні, за результатами підрахунку спеціалістів НЦОВП, протягом усього звітного періоду з 1990 по 2012 р. включно в секторі “ЗЗЛГ” спостерігалось результуюче поглинання CO_2 , величина якого змінюється в межах від 69.7 млн. т в 1990 р. до 27.2 млн. т в 2012 р. Щорічно лісовою біомасою поглинається 57.2–61.9 млн. т CO_2 (табл. 3. 3, 3. 4).

Визначення резервуарів вуглецю в секторі “ЗЗЗЛГ” відповідно до МГЕЗК:

- жива біомаса: надземна — вся жива біомаса на поверхні, включаючи стовбури, пеньки, гілки, кору, насіння і листя; підземна — вся біомаса живого коріння; мертва органічна: повалена деревина (“валежна деревина”) — включає дерева, що лежать на поверхні, мертве коріння і пеньки діаметром, що дорівнює чи перевищує 10 см; підстилка — вся нежива біомаса діаметром менше мінімального (10 см), що лежить в мертвому стані на різних етапах розкладу вище мінерального чи органічного ґрунту;
- ґрунти — включає органічний вуглець в мінеральних і органічних ґрунтах (торф в тому числі) до певної глибини, що визначається країною.

Методологія підрахунку балансу вуглецю в секторі “ЗЗЗЛГ”, рекомендована IPCC, передбачає оцінку змін запасів вуглецю за такими категоріями землекористування: “Лісові площі”, “Рілля”, “Пасовища”, “Заболочені землі”, “Поселення”, “Інші землі” [38, 39, 40].

Категорія “Лісові площі”

Оцінка зміни запасів вуглецю в категорії “Лісові площі” проводиться для всіх типів резервуарів. Зміни запасів вуглецю у живій біомасі в даній категорії розраховуються як сума річного збільшення запасів вуглецю в результаті росту біомаси та річного зниження запасів вуглецю за рахунок втрати біомаси. Збільшення запасу вуглецю в результаті приросту біомаси обчислюється на основі статистичної інформації про деревний склад лісових насаджень з врахуванням природних зон, застосуванням національних коефіцієнтів середньорічного приросту біомаси та врахуванням вмісту вуглецю у сухій речовині (значення за замовчуванням). Втрати біомаси розраховуються на основі даних про щорічні втрати вуглецю під час рубання лісу та даних про щорічні інші втрати. Втрати вуглецю під час рубання лісу визначаються на основі статистичних відомостей про заготівлю деревини з урахуванням базової щільності деревини надземної біомаси. Невизначеність даних про приріст біомаси оцінюється в 25% [39, 40].

Методологія підрахунку річних стоків/емісій CO_2 в категорії “Лісові площі” [38, 39, 40].

Розрахунки величини стоку/емісії CO_2 (C) в категорії “Лісові площі” для резервуару живої біомаси проводяться за формулою:

$$\Delta C_{FFB} = \Delta C_{FFB} + \Delta C_{FFdom} + \Delta C_{FFsoils}, \quad (3.8)$$

де ΔC_{FFB} — річні зміни запасів вуглецю в живій біомасі, включаючи підземну і надземну, на лісових площах, т С/рік; ΔC_{FFdom} — річні зміни запасів вуглецю в мертвій органіці на лісових площах, т С/рік; $\Delta C_{FFsoils}$ — річні зміни запасів вуглецю в ґрунтах, т С/рік.

Річні запаси вуглецю в живій біомасі на заліснених територіях обчислюються за формулою:

$$\Delta C_{FFB} = \Delta C_{FFg} + \Delta C_{FFl}, \quad (3.9)$$

де ΔC_{FFg} — річне збільшення запасів вуглецю в результаті росту біомаси, т С/рік; ΔC_{FFl} — річне зниження запасів вуглецю в результаті втрати біомаси, т С/рік.

Річне збільшення запасів вуглецю в живій біомасі лісів у розрізі основних деревних порід і природно-кліматичних зон:

$$C_{\text{total}} = \sum_{ij} (A_{ij} \times G_{wij} \times (1 + R_{ij})) \times C_F. \quad (3.10)$$

де C_{total} — загальний приріст вуглецю в живій біомасі, т С/рік; A_{ij} — площі лісових земель з урахуванням деревних порід ($i = 1$ до n) і природних зон ($j = 1$ до n), га; G_{wij} — середньорічний приріст рослинності в одиницях сухої речовини (с. р.) з урахуванням деревних порід ($i = 1$ до n) і природних зон ($j = 1$ до n), т с.в./га/рік; R_{ij} — відношення приросту підземної біомаси до надземної, безрозмірна величина; C_F — доля вуглецю в сухій речовині (за замовченням приймається 0.5), т С/т с. р.

Втрати запасів вуглецю розраховуються як сума втрат від вирубок та інших втрат (пожеж, стихійних лих, хвороб, шкідників).

Зміни запасів вуглецю в резервуарі мертвої органічної речовини визначаються за формулою:

$$\Delta C_{DOM} = \Delta C_{DW} + \Delta C_{LT} \quad (3.11)$$

де ΔC_{DW} — зміни запасів вуглецю в резервуарі пова-



Рис. 3. 4. Схема поділу резервуарів вуглецю в екосистемі лісів згідно з МГЕЗК [38].

леної деревини і, m С/рік; ΔC_{LT} — зміни запасів вуглецю у підстилці, m С/рік.

В даній категорії спостерігається достатньо стабільний результуючий рівень поглинання (стоку) — на рівні 57.2–61.9 *млн. т* CO_2 протягом всього часового ряду (рис. 3.5).

Зміни в об'ємах запасів вуглецю в резервуарах живої рослинності пояснюються динамікою декількох факторів: зміною площ територій; об'ємами вирубок; кількістю виникнення, інтенсивністю і характером пожеж на території лісів України.

Категорія “Рілля”

Категорія землекористування “Рілля” включає землі під усіма однорічними і багаторічними сільськогосподарськими культурами, а також землі, що знаходяться тимчасово під паром (тобто, землі, що залишені на відпочинок на один або декілька років перед подальшою обробкою). До однорічних культур належать зернові, олійні, овочеві, коренеплоди та кормові культури. Багаторічні культури можуть включати дерева та кущі, в поєднанні з трав'яними культурами або фруктові сади, виноградники і плантації. Кількість вуглецю, що накопичується, абсорбується чи випускається даною категорією земель, залежить від виду сільськогосподарської культури, практики управління і змінних параметрів ґрунту і клімату. Так, збір врожаю однорічних культур (наприклад, зернових, овочів) відбувається щороку, тому немає ніякого довгострокового зберігання вуглецю в біомасі. Однак багаторічна деревна рослинність у фруктових садах та виноградниках може зберігати значну кількість в багаторічній біомасі; при цьому кількість вуглецю залежить від видів рослин, їх щільності, швидкості росту і практики обрізання дерев і кущів та збору з них врожаю. Запаси вуглецю в ґрунтах можуть бути значними, а їх зміни залежать від практики управління, включаючи види культур та їх чергування, обробку ґрунту, дренаж, поводження з відходами та використання органічних добрив.

Зміни запасів вуглецю в категорії “Рілля” розраховуються для резервуарів живої біомаси, мінеральних та органічних ґрунтів. Розрахунок змін запасів вуглецю в живій біомасі даної категорії проводиться тільки для багаторічних насаджень (садів). Для однолітніх культур ріст у запасах біомаси за один рік приймається рівним втратам біомаси від заготівлі в цьому ж році — таким чином, результуюча величина накопичення вуглецю дорівнює нулю. Розрахунок емісій вуглецю в мінеральних ґрунтах даної категорії проводився за методом балансових оцінок потоків азоту з наступним перерахунком до вуглецю. Розрахунок змін запасу вуглецю в органічних ґрунтах проведено на основі коефіцієнтів за замовчуванням та даних про площі органічних ґрунтів (перший рівень деталізації). Характер динаміки змін

запасів вуглецю в даній категорії для всього часового ряду розвивається по синусоїді від поглинання — 13.2 *млн. т* CO_2 в 1990 році до викидів 32.6 *млн. т* у 2012 р. (рис. 3. 5). Зміни об'ємів викидів пояснюються накладенням одночасно декількох факторів: об'ємами збору врожаю сільськогосподарських культур; площами, що знаходяться під оранкою, а також об'ємами внесення органічних добрив. Дані категорія є найбільшим джерелом викидів (емісій) CO_2 в секторі [39, 40].

Категорія “Пасовища”

До категорії “Пасовища” відносять площі сільськогосподарських угідь, які систематично використовуються для заготівлі сіна, випасу худоби, площі, з яких зібрана зелена маса для відгодівлі худоби силосним матеріалом. Крім того, до даної категорії належать сінокоси і пасовища, які розорані для цілей їх корінного поліпшення і використовуються постійно під трав'яними кормовими культурами. На пасовищах переважає підземний вуглець; головним чином у коренях і в органічній речовині ґрунту. Випаси худоби і пожежі є звичайними збуреннями для пасовищ [15]. Оцінка змін запасу вуглецю в категорії “Пасовища” проводиться тільки для резервуарів мінеральних ґрунтів (на основі розробленого балансового методу оцінки динаміки потоків вуглецю) та органічних ґрунтів (на підставі коефіцієнтів за замовчуванням та площ органічних ґрунтів). Для даної категорії спостерігається динаміка від 0.6 *млн. т* CO_2 до 3.3 *млн. т* викидів з 1990 по 2012 роки, а від антропогенної діяльності на органічних ґрунтах — від 0.8 до 0.9 *млн. т* з 1990 по 2012 р. (рис. 3.5). Загальна невизначеність по категорії становить 19% [39, 40].

Категорія “Заболочені землі”

Оцінка змін запасів вуглецю в категорії “Заболочені землі” проводиться за першим рівнем деталізації на основі коефіцієнтів за замовчуванням (невизначеність 91%) та даних про площі земель, з яких відбувається видобування торфу (невизначеність 10%). Викиди CO_2 в даній категорії поступово зменшуються з 23.6 *тис. т* в 1990 р., до 6.1 *тис. т* у 2012 р., що збігається з площею торф'яників, які знаходяться під розробками (рис. 3. 5) [39, 40].

Категорія “Поселення”

Категорія “Поселення” включає всі освоєні землі, в тому числі транспортну інфраструктуру, якщо тільки вони не належать до інших категорій землекористування. У цьому контексті категорія землекористування “Поселення” включає всі класи формацій міських дерев, а саме: дерева, що ростуть уздовж вулиць, в суспільних і приватних садах, і в різного роду парках за умови, що такі дерева на фун-

кціональному або адміністративному рівні асоціюються з містами, селами і т. д. Незважаючи на те, що резервуари органічної речовини і вуглецю в ґрунтах також можуть бути джерелами або поглиначами CO_2 в даній категорії, а викиди CH_4 і N_2O результатом практики управління міськими землями, про роль і величини цих резервуарів у загальних потоках ПГ відомо дуже мало. Тому основна увага в методологічних положеннях МГЕЗК приділяється підкатегорії зміни запасів вуглецю в живій біомасі, де вже проведені деякі дослідження [38]. В Україні розрахунок зміни запасів вуглецю в категорії “Поселення” не проводився у зв’язку з відсутністю національних значень зміни запасів вуглецю для деревної рослинності в межах зелених насаджень забудованих земель [39, 40].

3. 4. Достовірність (величина невизначеностей) оцінок балансу, стоку та емісій вуглецю і парникових газів у національній системі інвентаризації

А. Для перемінних величин, що не корелюються:

$$U_{\text{tot}} = \frac{\sqrt{(U_1 \times x_1)^2 + (U_2 \times x_2)^2 + \dots + (U_n \times x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}, \quad (3.12)$$

де x_p , U_i — відповідно величини і властиві їм невизначеності.

Б. Для всіх випадкових перемінних:

$$U_{\text{tot}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}. \quad (3.13)$$

Дане питання вимагає насамперед оцінок невизначеностей, властивих відповідним методикам.

Оцінка невизначеностей здійснюється відповідно до Керівних вказівок МГЕЗК з ефективної практики та обліку факторів невизначеності в національних кадастрах ПГ (2000 р.) [37].

Для оцінки загальної (об’єднаної) невизначеності окремо для кожної категорії проводяться оцінки невизначеностей, пов’язані з даними про діяльність та коефіцієнтами емісій. Після визначення невизначеностей за категоріями джерел проводиться оцінка узагальненої невизначеності для усього Національного кадастру за видом ПГ. Інструкція по складанню звітності рекомендує два правила для об’єднання невизначеностей, які не корелюються: шляхом підсумовування та множення [37]:

Невизначеність при оцінці викидів CO_2 за категоріями джерел наведена у табл. 3. 1.

Наведений підхід є простим, але має певні обмеження. Він, зокрема, є чутливим до вхідних даних. По-друге, використання методологічно різнорідних масивів даних може призвести до великих похибок і показати занижені оцінки достовірності, особливо на значних часових проміжках. Тому при плануванні стратегічних заходів в галузі екологічної безпеки, економічних заходів з впровадження ме-

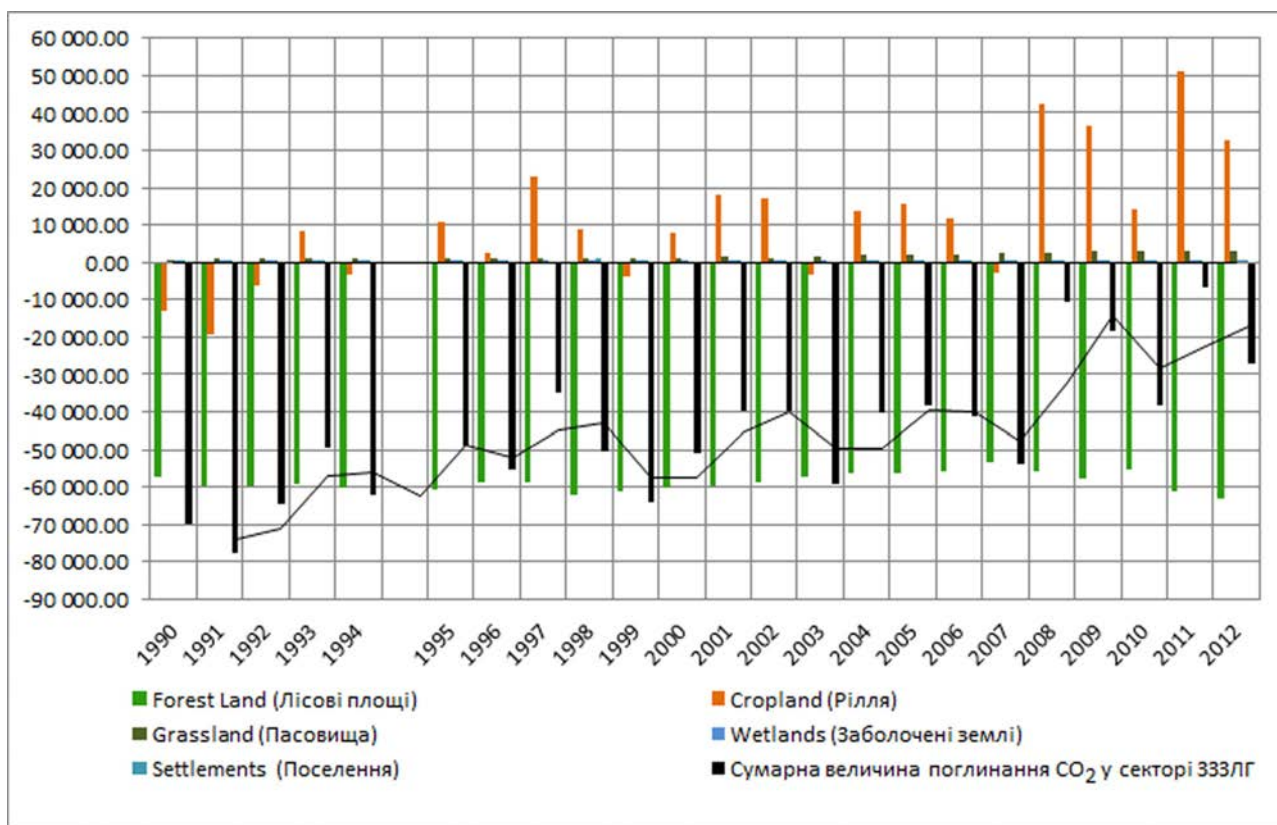


Рис. 3. 5. Стоки та емісії CO_2 (Гг CO_2 -екв.) за категоріями в секторі “333ЛГ” в Україні за 1990–2012 р. [39]

ханізмів відшкодування надлишкових викидів вуглецю тощо слід використовувати більш коректні, хоча і складніші алгоритми оцінки достовірності розрахунків [5].

Методи оцінки невизначеностей при аналізі потоків вуглецю [5]. Слід зазначити, що визначальну роль у зменшенні невизначеності при контролі емісій парникових газів відіграє коректний аналіз кругообігу вуглецю та екологічні моделі, тобто формалізовані представлення процесів накопичення та перетворення вуглецевих сполук в екосистемах. Для визначення похибки при розрахунках потоків вуглецю в моделях повного вуглецевого циклу (і, таким чином, при вивченні достовірності оцінок викидів парникових газів) слід використовувати підхід, що дає можливість оперувати статистично незалежними розподілами випадкових параметрів (отрима-

них, в тому числі за допомогою методів ДЗЗ). В роботі [24] запропоновано алгоритм для визначення стандартної похибки потоку вуглецю, який визначається як функція випадкового розподілу X_i при $i = 1, 2, \dots, k$:

$$m_y^2 = \sum_{i=1}^k \left(\frac{dY}{dX_i} m_i \right)^2 + 2 \sum_{i>j} \left(\frac{dY}{dX_i} \right) \left(\frac{dY}{dX_j} \right) r_{ij} m_{X_i} m_{X_j} \quad (3.14)$$

де r_{ij} — коефіцієнти кореляції між розподілами X_i та X_j .

Запропонований алгоритм дає змогу визначити похибку оцінки потоків вуглецю в усіх компонентах системи за всіма даними, наявними для аналізу. Найбільш важливим тут є те, що він дозволяє інтегрувати в єдиний підхід дані супутникового спостереження важливих параметрів екосистем.

Таблиця 3. 1.

Оцінка невизначеностей викидів CO₂ [39 NIR]

Сектор	Категорія	Викиди CO ₂ в 2012 р., Гг	Невизначеність даних про діяльність, %	Невизначеність коефіцієнтів викидів чи параметрів оцінки %	Об'єднана невизначеність %
Енергетика	1. А. 2. Промисловість і будівництво	63006.24	2.46	3.02	3.89
	1. А. 3. Транспорт	33047.18	4.37	4.42	6.21
	1. А. 4. Інші сектори	46052.14	8.01	1.91	8.23
	1. А. 5. Решта	115390	4.03	1.98	4.49
	1. В. Емісії, пов'язані з витокami палива	681.77	2.86	5.00	5.76
Промислові процеси	2. А. 1. Виробництво цементу	3217.12	5	1	5.10
	2. А. 2. Виробництво вапняку	2769.36	5	2	5.39
	2. А. 3. Використання вапняку і доломіту	3815.77	6.67	8.05	10.51
	2. А. 4. Виробництво і використання соди	146.60	5	7	8.6
	1. А. 1. Енергетичні галузі	118410.29	2.10	3.82	4.36
	2. А. 7. Виробництво скла	145.96	4.18	3.69	5.58
	2. В. 1. Виробництво аміаку	6508.73	2	2	2.83
	2. В. 4. Виробництво і використання карбиду	33.62	42.12	10	43.29
	2. С. 1. Виробництво чавуну і сталі	21743.35	2.44	3.10	3.95
	2. С. 2. Виробництво феросплавів	2016.70	5	6.44	8.15
ЗЗЗП	5. А. Лісові площі	– 63437.94	11.2	4.4	12.03
	5. В. Яля	32147.66	5	50.6	50.85
	5. С. Пасовища	3490.15	5	52	52.24
	5. D. Водно-болотні угіддя	6.09	35.6	46	58.17
	5. E. 2. Землі перестроєні в поселення	39.31	5	15	15.81
	5. F. 2. Землі, що перейшли в інші землі	0.00	5	15	15.81
Відходи	6. С. Спалювання відходів	0.32	19.74	00.0	19.74

Окремо слід оцінити сукупну відносну достовірність даних (інтегрованих до геоінформаційної системи результатів проблемно-орієнтованої класифікації земних покривів та результатів аналізу атмосферних концентрацій ПГ за даними супутникового спостереження, результатів геобіофізичного моделювання вуглецевого балансу, з одного боку, та статистичних даних, отриманих традиційними методами: лісове і сільське господарство, інвентаризація, економічний моніторинг тощо — з іншого). Для цього можна використати “індекс придатності”, запропонований в роботі [11], який є кількісним виразом відповідності нормованих розподілів:

$$S_{nm} = \frac{1}{q} \sqrt{\sum_{j=1}^q (x_{nj}^{norm} - x_{mj}^{norm})^2}, \quad x_j^{norm} = \frac{x_j - x_{jmin}}{x_{jmax} - x_{jmin}} \quad (3.15)$$

де q — параметри, за якими проводиться опис; n — ділянки території дослідження; m — набори статистичних даних (наприклад, галузеві статистики); x — зафіксовані значення параметра j .

Цей метод дозволяє оцінити взаємну узгодженість розподілів даних, найбільш коректно поєднати різнорідні дані і у такий спосіб мінімізувати похибки. Отже, застосування загальних моделей

вуглецевого балансу, регіоналізованих за допомогою використання даних ДЗЗ, дозволяє отримати розрахунки перебігу змін екологічних показників, пов'язаних із змінами клімату, і, в свою чергу, обчислити на цій основі показники безпеки територій.

Слід звернути увагу, що методологія, рекомендована МГЕЗК, не передбачає можливості використання даних по концентрації ПГ в атмосфері, отриманих за допомогою супутникової зйомки. В той же час, враховуючи зростання можливостей супутникових зйомок по наданню інформації про концентрації ПГ в атмосфері та накопичення масиву даних про них за певний проміжок часу, останнім часом почали розроблятися методи оцінки емісій за вказаними даними.

Сьогодні на орбітах діють декілька відповідних для задач моніторингу ПГ супутників, оснащених ІЧ-спектрометрами високого розрізнення, такими як ТЕС [8, 47] на супутнику AURA (NASA, США), AIRS [48] на супутнику AQUA (NASA, США), SCIAMACHY [12] на супутнику ENVISAT (ESA), IASI [18] на супутнику METOP-A (ESA), TANSO-FTS на супутнику GOSAT (JAXA, Японія) тощо. Реєстровані ними інфрачервоні спектри атмосфери несуть інформацію про вміст різних ПГ в атмосфері. Ці методи дозволяють підвищити точність оцінки та прогнозу регіональних емісій ПГ завдяки можливостям реальної оцінки їх концентрації в атмосфері над усією досліджуваною територією.

3. 5. Огляд методологій оцінки емісій/стоку парникових газів на основі даних дистанційного зондування Землі

В Україні впродовж 2006–2014 рр. спеціалістами ЦАКДЗ спільно з Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу було проведено ряд досліджень за даною тематикою, а саме велися і ведуться роботи над створенням методики моніторингу балансу ПГ з метою уточнення обсягів їхніх викидів та поглинання на основі використання даних супутникових зйомок. Запропоновані супутникові методи дозволяють проводити незалежний моніторинг балансу вуглекислого газу в атмосфері. За даними супутникової зйомки пропонується здійснювати оцінку балансу антропогенних викидів та природного поглинання вуглекислого газу рослинним покривом на значних територіях та забезпечити моніторинг вмісту CO_2 в атмосфері в різних ландшафтно-кліматичних зонах та територіальних одиницях України [2].

Дані космічної зйомки дозволяють проводити прямі вимірювання концентрації ПГ в атмосфері та виконувати розрахунки їхнього поглинання рослинним покривом шляхом визначення кореляції спектральних характеристик космічних знімків з параметрами інтенсивності процесів фотосинтезу. Крім того, використання матеріалів космічних зйомок різних років дозволяє говорити про стан навколишнього середовища у попе-

редні роки і про зміни, зокрема в ландшафтах, які відбулися за час, що минув [2].

Зокрема, підхід до визначення емісій, запропонований фахівцями ЦАКДЗ [5], дозволив виявити різницю за період 2003–2009 рр. між розрахунками емісій (для CO_2 та CH_4 (табл. 3. 2, рис. 3. 6, 3.7, 3. 8 за даними супутникових спостережень та офіційними даними Державного агентства екологічних інвестицій України, що веде свої підрахунки за методикою, запропонованою фахівцями IPCC. Також за допомогою вказаного підходу було отримано результати, які дозволили стверджувати, що використання регіонально адаптованих за даними ДЗЗ моделей і сценаріїв підвищує точність прогнозування розвитку основних процесів, що призводять до небезпечних змін (зокрема, точність прогнозування регіональних емісій і регіональних змін кліматичних показників).

Окрім незалежної оцінки емісії ПГ, розвиток методів ДЗЗ дозволяє також проводити оцінку швидкості поглинання CO_2 рослинним покривом і відповідно величини вилученого ним вуглецю з атмосфери (табл. 3. 3). В Національному кадастрі дана величина (табл. 3. 3, 3. 4) враховується в секторі “333ЛГ”.

Важливими критеріями використання продукції ДЗЗ є такі:

- адекватна схема класифікації землекористування;
- відповідне просторове розрізнення (найменшою просторово-територіальною одиницею для оцінки змін у землекористуванні відповідно до Кіотського протоколу є територія площею 0.05 га);
- відповідне часове розрізнення для оцінки змін у землекористуванні і накопичені вуглецю;
- наявність оцінки точності;
- узгодженість і наявність в часі.

Метод модифікованих вагових функцій для диференційної оптичної абсорбційної спектроскопії. Даний метод (підхід) ґрунтується на зміні радіаційного балансу Землі під впливом певних факторів. Домінуючий фактор у РВ в індустріальну епоху – це концентрація ПГ в атмосфері, що має тенденцію до підвищення. Внесок кожного ПГ в РВ за конкретний проміжок часу визначається зміною його концентрації в атмосфері за цей період і ефективною роллю газу в порушенні радіаційного балансу. Як уже

було зазначено, існує ряд супутникових місій направлених на оцінку ПГ. Для досліджень обрано дані сенсору SCIAMACHY, встановленого на борту супутника Envisat-1 Європейського космічного агентства. Метод визначення складу атмосфери та алгоритм перерахунку радіаційних характеристик у показники концентрації окремих газів за даними отриманими сенсором SCIAMACHY, розроблено в Університеті Бремена, який є базовою організацією з розробки сенсору та обробки даних з нього. Алгоритм базується на застосуванні методу найменших квадратів для аналізу обраних вертикальних атмосферних профілів. Параметри визначаються за прямими даними спостережень вертикальних характеристик атмосфери. У такий спосіб проводиться перерахунок інтенсивності випромінювання в межах смуги поглинання окремого газу в значення тропосферної концентрації цього газу. Відокремлення тропосфери здійснюється через урахування інших, зокрема температурних, показників та врахування атмосферного тиску через аналіз аерозолів. Більш детальний опис приладу та методика перера-

Таблиця 3. 2.

Порівняння розрахунків емісій за даними офіційної статистики (антропогенні викиди) та супутникових спостережень у період 2003–2010 рр.

Рік	Емісії CO ₂ з урахуванням та без урахування поглинання лісами $n \times 10^9$ г за офіційними даними [39]		Емісії CO ₂ $\times 10^9$ г за даними супутникових спостережень	Різниця, %	Середня річна оцінювана емісія за офіційними даними в еквіваленті CO ₂ , $n \times 10^9$ г (CO ₂ + CH ₄) [39]			Середня річна оцінювана емісія за даними супутникових спостережень в еквіваленті CO ₂ $n \times 10^9$ г (CO ₂ + CH ₄)	Різниця, %
	+333ЛГ	-333ЛГ			+333ЛГ	+333ЛГ	-333ЛГ		+333ЛГ
2003	2513	3.105	2.701	+7.5	3.44	3.44	4.03	4.72±0.28	+37.2
2004	2714	3.119	3.016	+11.1	3.56	3.56	3.96	4.61±0.29	+29.5
2005	2741	3.126	2.947	+7.5	3.54	3.54	3.92	4.93±0.21	+39.3
2006	2882	3.296	3.011	+4.5	3.65	3.65	4.07	5.12±0.26	+40.3
2007	2791	3.331	3.032	+8.6	3.55	3.55	4.09	4.82±0.29	+35.8
2008	3072	3.176	3.412	+11.1	3.80	3.80	3.90	4.84±0.28	+27.4
2009	2521	2.704	2.841	+12.7	3.18	3.18	3.37	4.84±0.26	+52.2
2010	2475	2.856	3.011	+21.7	3.14	3.14	3.52	5.02±0.29	+59.9

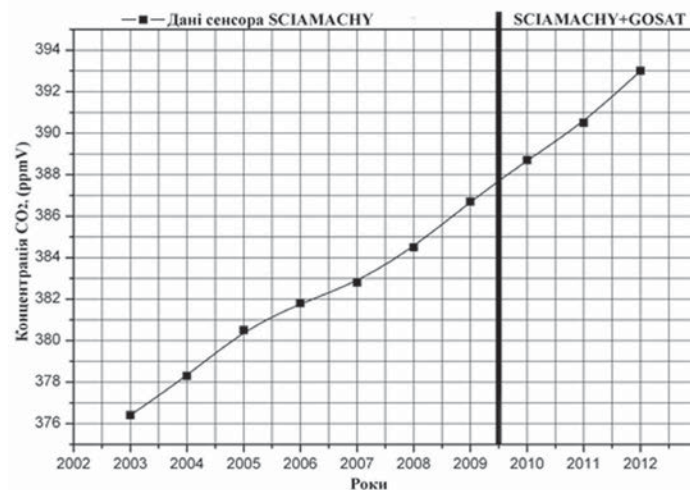


Рис. 3. 6. Динаміка змін концентрації CO₂ над територією України за даними супутникового спостереження

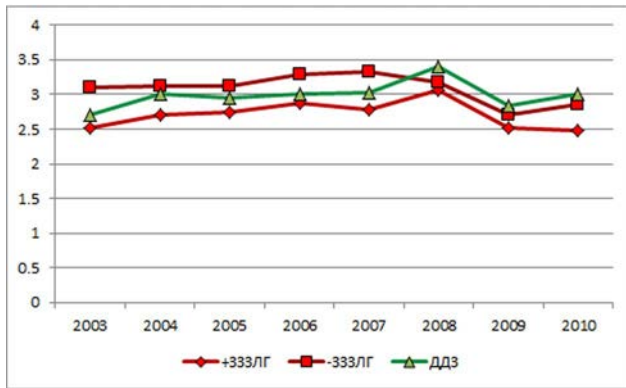


Рис. 3. 7. Величини емісій CO_2 (в еквіваленті CO_2 , $n \times 10^9$) за даними офіційної статистики (дані НЦОВПГ) [39] та супутникових спостережень (дані ЦАКДЗ)

хунку містяться в роботі [9]. Дані, які отримали фахівці, що мали право першочергової обробки даних з сенсору SCIAMACHY, являють собою карти, які демонструють глобальні просторово розподілені дані про концентрацію ПГ, усереднені з періодом в 1 місяць. На підставі цих карт і проводилися розрахунки, що показують щомісячний розподіл вуглекислого газу в атмосфері за певний період. Значення величин емісій ПГ (CO_2 , CH_4) для території України за період 2003–2010 рр., отриманих за даними сенсору SCIAMACHY, наведено у табл. 3. 2.

Виходячи з отриманих даних про виміряні атмосферні концентрації, можна розрахувати викиди відповідних ПГ. Найпростіший шлях для оцінки сумарної річної емісії за виміряними концентраціями ПГ у повітрі може бути визначений як (у вигляді, що відповідає підходу, викладеному в [17, 36]):

$$E_i = \sum_i k_i \frac{(C_{\text{current}} - C_{\text{previous}}) M_i}{C_{oi}} / t \quad (3.16)$$

В цьому рівнянні C_{current} — поточна середньорічна атмосферна концентрація ПГ і над певною територією, яка визначається за даними поточних супутникових вимірювань; C_{previous} — попередня середньорічна атмосферна концентрація ПГ і над певною територією, яка була визначена за даними попередніх супутникових вимірювань; C_{oi} — середньорічна атмосферна концентрація оцінюваного ПГ і над певною територією в доіндустріальну еру (визначається за геологічними та історичними даними); M_i — історична маса оцінюваного парникового газу в атмосфері (визначається за геологічними та історичними даними) [26]. Для двоокису вуглецю значення C_o становить відповідно 275 ppmv, а значення M_i — $220.89 \times 10^{10} \text{ т}$ для CO_2 [3] для сукупної земної атмосфери. Коефіцієнт k_i визначається з урахуванням тривалості життя ПГ та його кількості, накопиченої на момент аналізу (для короткострокових прогнозів можна вважати, що для всіх газів $k_i = 1$); t — період осереднення (зазвичай — в роках).

Використання цього алгоритму дозволяє прово-

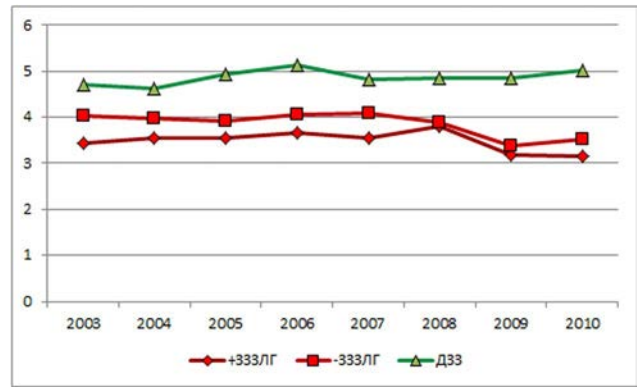


Рис. 3. 8. Величини емісій CO_2 та CH_4 (в еквіваленті CO_2 , $n \times 10^9$) за даними офіційної статистики [39] та супутникових спостережень (дані ЦАКДЗ)

дити поточний контроль національних емісій ПГ незалежними методами.

За допомогою указанного підходу також було отримано результати, які дозволили стверджувати, що використання регіонально адаптованих за даними ДДЗ моделей і сценаріїв підвищує точність прогнозування розвитку основних процесів, що призводять до небезпечних змін (зокрема, точність прогнозування регіональних емісій і регіональних змін кліматичних показників).

Для більш детальної оцінки можливостей застосування даних спеціалізованих космічних зйомок для розрахунку кількісних показників вмісту CO_2 в атмосфері була проведена робота по визначенню концентрації ПГ над територією різних кліматичних зон за даними сенсору SCIAMACHY. На основі порівняння абсолютних значень та тенденції зміни концентрації CO_2 з урахуванням регіональних відмінностей різних кліматичних регіонів, над якими здійснювалися виміри, можна зробити висновок, що відбувається зростання концентрації CO_2 в атмосфері над різними територіями Землі. Проте, як показують результати, збільшення концентрації CO_2 спостерігається навіть над тими територіями, де немає його великих джерел. Дане явище можна пояснити переносом, зокрема, повітряними масами.

Оцінка точності визначення атмосферних концентрацій ПГ, отриманих за даними супутникових вимірів, детально досліджувалася розробниками сенсору SCIAMACHY. Методика зйомки передбачає вплив альbedo поверхні на параметри, що вивчаються (спектральні характеристики в межах смуг поглинання). Також існує залежність точності вимірів компонентного складу атмосфери від стану атмосфери, що визначається широтою. В роботі [30] проведено аналіз розподілу такої похибки за даними трирічних спостережень. Максимальна похибка вимірів атмосферної концентрації CO_2 засобами супутникового спостереження становить 1–2% (не більше 4 ppm) при осередненні за місяць для території $7 \times 7^\circ$ на поверхні, а також 1.5–2.2% (не більше 2.25 ppm) при осередненні за місяць для території

$1 \times 1^\circ$ [10]. Важливим для зменшення невизначеності є використання даних наземних вимірів спектральних характеристик земних покривів, передусім рослинності, а також застосування даних регіональної інвентаризації емісій ПГ для калібрування та верифікації даних супутникових спостережень.

Підхід, що ґрунтується на визначенні фотосинтетичних показників рослинності. Оцінка величини поглинання вуглецю рослинним покривом за допомогою спектральних методів дистанційного зондування може проводитися на основі двох основних підходів. Перший підхід передбачає використання вегетаційних індексів. Зокрема таких як NDVI та PRI [28]. NDVI пов'язаний з частиною фотосинтетично активного випромінювання (fAPAR), що поглинається зеленою рослинністю. Обидва показники є чутливими до площі поверхні листя в зеленому рослинному покриві і відносно нечутливі до змін зенітного кута Сонця. Фотосинтетичний індекс PRI використовується як міра ефективності використання світла рослинністю. А тому швидкість поглинання CO_2 рослинним покривом можна розглядати як функцію комбінації відповідних індексів:

$$\text{Швидкість поглинання } \text{CO}_2 = f(sPRI \times \text{NDVI}) \quad (3.17)$$

де $sPRI$ — масштабоване значення індексу PRI :

$$sPRI = \frac{(PRI + 1)}{2} \quad (3.18)$$

Залучаючи дані польових вимірів потоків CO_2 і використовуючи регресійний аналіз, ми можемо отримати емпіричну залежність величини поглинання CO_2 різними типами рослинного покриву з цими індексами:

$$\text{CO}_2 = -(a + b \times (\text{NDVI} \times sPRI)) \quad (3.19)$$

Обмеженість цього методу полягає в необхідності накопичення значного обсягу даних польових вимірів для кожного типу рослинного покриву. Оцінка проводиться у визначений момент часу при певних погодних умовах, і при зміні останніх результати будуть не зовсім коректними. Для сумарної оцінки поглинутого CO_2 рослинним покривом за певний період необхідно мати значну кількість супутникових знімків на задану територію, що в умовах України є значною проблемою, оскільки атмосфера над її територією характеризується значною хмарністю протягом всього вегетаційного сезону.

В основі наступного підходу лежить концепція ефективності використання світла рослинним покривом (*light use efficiency* — LUE) [14, 15, 19, 23, 27, 29]. Моделі, що базуються на цьому принципі отримали назву моделей продуктивної ефективності (*Production Efficiency Models* — PEMs). В їх основу покладена теорія LUE, яка передбачає наявність відносно стабільної залежності між фотосинтетич-

ним поглинанням вуглецю та поглинанням частки фотосинтетично-активної радіації рослинністю на рівні покриву [7]. В такому випадку валова первинна продуктивність (GPP) розраховується за такою формулою:

$$GPP = \varepsilon \times FPAR \times PAR \times S_{tmin} \times S_{VPD} \quad (3.20)$$

де GPP — валова первинна продуктивність (г С м^{-2}); PAR — фотосинтетично-активна радіація (МДж м^{-2}); $FPAR$ — частка поглинутої фотосинтетично-активної радіації (%); S_{tmin} — скаляр добової мінімальної температури (0–1), S_{VPD} — скаляр дефіциту вологості (0–1) [21].

Однією з таких моделей є MOD17 [16, 22]. Модель MOD17A2 містить в собі глобальний розподіл 8-денних сум валової первинної продуктивності з просторовою роздільною здатністю $1 \times 1 \text{ км}$. Вираховуючи з GPP витрати вуглецю на автотрофне дихання, ми можемо оцінити чисту фотосинтетичну продукцію рослинного покриву:

$$PsnNet = GPP - R_{mi} - R_{mr} \quad (3.21)$$

де R_{mi} і R_{mr} — дихання для підтримки життєдіяльності листя і коренів рослин, відповідно.

Дихання приросту не враховується в 8-денному $PsnNet$.

Річна чиста первинна продуктивність (NPP) визначається так [33]:

$$NPP = \sum_{i=1}^{365} PsnNet - (R_{mo} + R_g) = X_j \quad (3.22)$$

де R_{mo} — дихання для підтримки життєдіяльності всіх живих частин за винятком листя і коренів (наприклад, сирової деревини), R_g — дихання приросту; X_j — зареєстроване із спостережень за застосуванням алгоритмом значення продуктивності NPP в рік j .

Величини стоку вуглецю у фітомасі лісів України, отриманих за допомогою продукту MOD17, представлені у табл. 3. 3.

Модель MOD17 має три джерела вхідних даних. Для кожного пікселя інформація про тип земного покриву отримується з продукту MOD12Q1; добові метеорологічні дані — з моделі DAO (*Data Assimilation Office*); FPAR і LAI — з продукту MOD15A2. Невизначеності в MOD12Q1, DAO, MOD15A2 і самому алгоритмі моделі можуть впливати на вихідні дані MOD17.

По-перше, достовірність MOD12Q1 знаходиться в межах 70–80%, і найбільші похибки характерні для подібних класів земного покриву [31]. По-друге, набір метеорологічних даних, що містяться в DAO, не є даними, отриманими шляхом безпосередніх вимірювань. Як результат, можуть мати місце систематичні похибки в певних регіонах. Невизначеності в метеорологічних даних роблять головний внесок в нереалістичні негативні значення NPP на деяких

невеликих ділянках. Для таких пікселів, що відповідають територіям з суворими кліматичними умовами, переоцінка лише температури, для прикладу, може бути достатньою, щоб отримати негативне значення NPP. Більш висока температура призводить до переоцінки дихання та недооцінки GPP внаслідок більш високих значень дефіциту водяної пари (VPD). Як результат, якщо дихання перевищує GPP, ми можемо отримати негативне значення NPP.

Внаслідок цього алгоритм моделі MOD17 є досить чутливим до вхідних метеорологічних даних. Більш детально ці аспекти були обговорені в [34].

Також попіксельне порівняння даних MOD15A2 з наземними вимірюваннями виявляє досить слабку кореляцію для LAI, який має тренд до переоцінки для більшості умов [32]. В алгоритмі MOD17 FPAR безпосередньо визначає величину поглинання вуглецю, а LAI відповідає за оцінку дихання; тому переоцінений LAI, отриманий з MOD15A2, може впливати на недооцінку NPP навіть при достатньо точній оцінці FPAR.

Аналіз величини невизначеностей даного методу та їх структури було розглянуто в роботі [4], в якій середня невизначеність оцінювання продуктивності рослинного покриву за даними супутникового спостереження була оцінена в межах від 13–15%.

Результати та їх обговорення. Наведені в табл. 3.2 дані показують, що середня різниця визначення емісії CO₂ за даними супутникових спостережень відносно даних інвентаризації становить близько 10.6% за період 2003–2010 рр., а середня різниця визначення загальної емісії ПГ (CO₂+CH₄) сягає близько 40% за період 2003–2010 рр. Різниця пояснюється високими невизначеностями, властивими

методикам, що є основою алгоритмів інвентаризації емісій. Зокрема, якістю використаних вхідних статистичних даних, тобто їх достовірністю, недосконалістю системи збору і методами обробки інформації, а також відсутністю наукових досліджень щодо уточнення значень ряду національних коефіцієнтів емісій та інших параметрів, необхідних у розрахунках. З іншого боку, слід також враховувати, що від 4–6 до 8–10% різниці можуть бути пов'язані із гетерогенністю розподілу атмосферних концентрацій, зумовлених, зокрема, не стаціонарністю явищ атмосферного переносу. Втім, ця похибка і спричинені нею невизначеності є відомими і контрольованими.

У табл. 3.3 представлено величини стоку (поглинання) CO₂ у фітомасі лісів України згідно з методологією МГЕЗК і національних досліджень [39, 40] та розрахунків за даними супутникових спостережень. При порівнянні величин поглинання CO₂ фітосою лісів, отриманих за даними супутникових спостережень, з величинами поглинання CO₂ фітосою лісів без урахування втрат від рубання лісів розбіжності доволі незначні: 0.1–0.6%. Велика різниця (20–37%) спостерігається при зіставленні даних ЦАКДЗ з величинами поглинання CO₂, які враховують втрати (емісії) від рубання лісів та інші втрати. У першому випадку різницю можна пояснити таким чином: методика МГЕЗК передбачає розрахунок поглинання/емісій CO₂ для декількох (трьох типів резервуарів) екосистем лісів; більше того, для резервуару живої біомаси розрахунок проводиться як для надземної, так і підземної її складових. Можливості космічної зйомки не дозволяють виконувати оцінку запасів вуглецю в усіх резервуарах. На даний мо-

Таблиця 3.3.

Оцінка стоку вуглецю (Гг CO₂/рік) у фітомасу лісів України за різними джерелами

Роки	Дані Буня Р. А. та ін. [14]	Дані Національного кадастру [39 CRF]		Дані ЦАКДЗ	Розбіжність в оцінках за даними ЦАКДЗ та даними Національного кадастру (С). %	Розбіжність в оцінках за даними ЦАКДЗ та даними Національного кадастру (D). %
		Поглинання CO ₂ біомасою лісів	Поглинання CO ₂ біомасою лісів з урахуванням втрат від рубок та ін.			
A	B	C	D	E	F	I
1990	65406.46	66450.56	51562.28			
1991	66461.25	66772.93	54070.39			
1992	67532.78	66711.63	54207.82			
1993	68269.47	66827.68	53656.17			
1994	70287.70	67081.3	54661.42			
1995	70372.21	67304.56	55025.26			
1996	71837.65	67300.16	53168.65			
1997	72890.44	67420.36	53141.15			
1998	73961.97	67355.71	56245.93			
1999	75033.50	67554.59	55696.3			
2000	76105.03	67847.71	54392.21	67688.40	– 0.23	+ 24.45
2001	77176.57	67939.41	53853.1	67770.30	– 0.25	+ 25.84
2002		68173.38	52702.94	67852.85	– 0.47	+ 28.75
2003		68304.76	51492.14	67973.75	– 0.48	+ 32.01
2004		68377.72	50172.8	68093.35	– 0.42	+ 35.72
2005		68512.69	50463.53	68274.05	– 0.35	+ 35.29
2006		68671.83	49953.24	68509.35	– 0.24	+ 37.15

мент проводиться лише оцінка приросту наземної живої біомаси. З табл. 3. 4 випливає, що 90% стоку CO_2 припадає на резервуар живої біомаси. У другому випадку причина розбіжностей, ймовірно, криється власне у методології розрахунку поглинання CO_2 супутниковими методами, а саме в точності класифікації типів земних покривів, а отже, в достовірності визначення площі лісових масивів. Адже продукт MOD17 одним із вхідних даних передбачає інформацію про тип земного покриву (MOD12Q1). А також очевидним є той факт, що лісові пожежі, вирубки та інші втрати лісового покриву на період зйомки могли бути відсутніми. Підсумовуючи викладене, головними причинами розбіжностей між оцінками потоків CO_2 традиційними та супутниковими методами можна вважати такі:

- методика IPCC оцінює поглинання CO_2 лише лісами, які віднесені до підкатегорії керовані (методи ДЗЗ оцінюють поглинання для усіх лісових площ);
- за методикою IPCC оцінка здійснюється для підземної і надземної живої біомаси (методи ДЗЗ оцінюють лише поглинання CO_2 живою надземною біомасою).

Спільно для обох методик в якості поглиначів вуглецю виступають лісові площі. Також поглиначами є й інші види рослинного покриву, зокрема сільськогосподарські угіддя (рілля), луки й пасовища. Проте оцінка змін запасів вуглецю (баланс), відповідно до методики IPCC, передбачає, що ці зміни в живій біомасі за рік для однолітніх культур будуть дорівнювати нулю. Тобто збір врожаю однорічних культур відбувається щороку, тому немає ніякого довгострокового зберігання вуглецю в біомасі. Таким чином зміна запасів вуглецю в біомасі оцінюється лише для багаторічних культур, а саме для садів. Окрім того, значні запаси вуглецю можуть бути накопичені в ґрунтах, оцінка яких проводиться як для однолітніх так і для багаторічних культур. Що стосується луків й пасовищ, то для них переважає підземний вуглець, головним чином у коренях і в органічній речовині ґрунту. Відповідно й оцінка змін запасів вуглецю в даній категорії проводиться тільки для резервуара мінеральних і органічних ґрунтів і тільки для луків й пасовищ, які віднесені до керованих, — тобто це ті площі, з яких було зібрано врожай. Можливості космічної зйомки також дозволяють оцінювати величину поглинання вуглецю усіма типами рослинного покриву (лісових площ, сільськогосподарських культур, луків й пасовищ), але лише для резервуара надземної біомаси.

На підставі викладеного можна стверджувати так:

1. В Україні створено національну систему інвентаризації антропогенних викидів/поглинань ПГ, яка передбачає щорічну підготовку Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції ПГ для

подання до Секретаріату Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй зі змін клімату.

2. Визначення емісій/стоку ПГ проводиться за методологією, розробленою МГЕЗК, яка є базовою і містить інформацію та рекомендації, часто узагальнені, адаптовані для застосування усіма країнами світу, що призводить до значних діапазонів невизначеностей. У зв'язку з цим в Україні ведеться ряд науково-дослідних робіт, спрямованих на деталізацію ряду статистичних даних (вхідної інформації) та визначення національних коефіцієнтів емісій. Проте існує ряд категорій, для яких інвентаризація ПГ не проводиться у зв'язку з відсутністю як статистичних даних, так і коефіцієнтів емісій, що, в свою чергу, робить негативний внесок у повноту інвентаризації. Зокрема, в Україні розрахунок зміни запасів вуглецю в категорії "Поселення" не здійснювався через відсутність національних значень зміни запасів вуглецю для деревної рослинності в межах зелених насаджень забудованих земель. А використання коефіцієнтів, які запропоновані в [38], може призвести до істотно завищених результатів оцінки обсягів поглинань, оскільки вони розроблені для деревних порід, характерних для Північної Америки.

3. В Україні паралельно ведуться роботи над створенням методики моніторингу балансу ПГ з метою уточнення обсягів їхніх викидів та поглинання на основі використання даних супутникових зйомок. Запропоновані на теперішній час супутникові методи дозволяють проводити прямі вимірювання концентрації ПГ в атмосфері та виконувати розрахунки їхнього поглинання рослинним покривом шляхом визначення кореляції спектральних характеристик космічних знімків з параметрами інтенсивності процесів фотосинтезу.

4. Зокрема, підхід, запропонований фахівцями ЦАКДЗ, який ґрунтується на перерахунку радіаційних характеристик у показники концентрації окремих газів за даними отриманими сенсором SCIAMACHY, дозволив виявити різницю за період 2003–2009 рр. між розрахунками емісій (CO_2 та CH_4) за даними супутникових спостережень та офіційними даними Державного агентства екологічних інвестицій України. Середня різниця визначення емісії CO_2 за даними супутникових спостережень відносно даних інвентаризації становить 10.6% за період 2003–2009 рр., а загальної емісії ПГ (CO_2 + CH_4) сягає 40% за період 2003–2010 рр. Причина такої різниці може критися з однієї сторони, в низькій якості використаних вхідних статистичних даних, недосконалості системи збору і методах обробки інформації національної системи інвентаризації, відсутності значень ряду національних коефіцієнтів емісій та інших параметрів необхідних в розрахунках. З іншого боку, слід також враховувати, що від 4–6 до 8–10% різниці можуть бути пов'язані із гетерогенністю розподілу атмосферних концентрацій,

Таблиця 3. 4.

Розподіл величин стоку/емісій CO₂ за резервуарами для категорії “Лісові площі” [39 CRF]

Рік	Викиди/поглинання CO ₂ у категорії “Лісові площі” тис. т					
	Жива біомаса		Мертва органіка	Ґрунти		Загальний баланс
	Поглинання	Поглинання з урахуванням втрат		Мінеральні	Органічні	
1990	-66450.56	-51562.28	-6160.15	-15.25	42262	-57284.54
1991	-66772.93	-54070.39	-6188.75	-42.64	42262	-59793.90
1992	-66711.63	-54207.82	-6181.63	-39.93	42262	-59926.91
1993	-66827.68	-53656.17	-6197.33	-33.51	44308	-59376.93
1994	-67081.3	-54661.42	-6224.31	-26.33	44433	-60415.07
1995	-67304.56	-55025.26	-6238.91	-20.61	44579	-60797.74
1996	-67300.16	-53168.65	-6241.91	-15.80	44480	-58949.95
1997	-67420.36	-53141.15	-6258.41	-11.18	44605	-58942.31
1998	-67355.71	-56245.93	-6248.33	-5.43	45005	-62038.77
1999	-67554.59	-55696.3	-6272.68	-1.98	45404	-61516.89
2000	-67847.71	-54392.21	-6304.76	-9.97	45804	-60281.92
2001	-67939.41	-53853.1	-6317.01	-17.31	46200	-59725.39
2002	-68173.38	-52702.94	-6344.95	-24.68	46468	-58607.90
2003	-68304.76	-51492.14	-6360.80	-18.00	46845	-57402.60
2004	-68377.72	-50172.8	-6371.75	-20.86	46922	-56096.19
2005	-68512.69	-50463.53	-6239.13	-27.76	46999	-56260.41

зумовлених, зокрема, не стаціонарністю явищ атмосферного переносу.

5. Другий метод (підхід), що ґрунтується на визначенні фотосинтетичних показників рослинності, дозволив виявити різницю у величинах стоку (поглинання) CO₂ фітомасою лісів України. Різниця виявилась доволі незначною (0.1–0.6%), якщо не брати до уваги величину втрати біомаси при рубанні лісу, пожежах, стихійних лихах, що рекомендує враховувати МГЕЗК. Це можна пояснити тим, що на період зйомки такі втрати лісового масиву, як пожежі, вирубка та ін. могли бути відсутніми. Також причина розбіжностей може критися в недостатній точності класифікації типів земних покривів, а отже, в достовірності визначення площ лісових масивів. Адже продукт MOD17 одним із вхідних даних передбачає інформацію про тип земного покриву (MOD12Q1). Окрім цього, можливості космічної зйомки дозволяють проводити оцінку приросту лише наземної живої біомаси, на відміну від методики МГЕЗК, що здійснює її для трьох типів резервуарів (живої біомаси, мертвої органіки, ґрунтів). Проте невизначеність даних про приріст біомаси в Національному кадастрі оцінюється на рівні 25%. В Україні проводиться науково-дослідна робота [49] з метою деталізації системи коефіцієнтів накопичення вуглецю в резервуарах в залежності від природно-кліматичних зон і віку деревних насаджень.

6. Слід зауважити, що дані досліджень ЦАКДЗ з точки зору оцінки поглинання мають доволі попередній характер і потребують подальших уточнень і перерахунків з урахуванням регіональних особливостей, накопичення наземних завіркових даних для більш точних оцінок та ін.

7. Метою впровадження нових технологічно розвинених методів моніторингу та контролю навколишнього середовища є мінімізація похибки при визначенні критично важливих параметрів. Супут-

никові методи оцінки емісій, як такі, що є незалежними, оперативними і економічними, мають стати інструментом контролю достовірності оцінки даних інвентаризації. В ідеальному випадку різниця має бути не більше ніж 5%, що дорівнює інструментальній похибці. При різниці понад 10–15% дані слід визнати такими, що мають низьку достовірність і потребують додаткового уточнення.

Крім того, необхідно відмітити, що застосування підходів, які ґрунтуються на використанні супутникових методів для оцінки емісій ПГ (зокрема, CO₂), та зростання можливостей супутникових технологій в цьому напрямі надає можливості більш коректної оцінки балансу парникових газів в атмосфері та прогнозу їх змін у майбутньому. Це є важливим з точки зору розробки подальших стратегій адаптації та управління ризиками, що пов'язані із кліматичними змінами, і виконання обов'язків, зумовлених підписанням Україною Кіотського протоколу в частині уточнення та верифікації даних, що надавало Державне агентство екологічних інвестицій України до ІРСС.

Список літератури до розділу 3

1. Замолодчиков Д. Г. Системы оценки бюджета углерода в лесах: научно-образовательный курс / Д. Г. Замолодчиков. — М.: 2012. — 59 с.
2. Изменения земных систем в Восточной Европе / отв. ред. В. И. Лялько. — К.: Фолиант, 2010. — 582 с.
3. Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України / [Бунь Р. А., Густі М. І., Дачук В. С. та ін.]; за ред. Р. А. Буня; Українська академія друкарства. — Львів, 2004. — 376 с.
4. Костюченко Ю. В. Оцінка невизначеностей при визначенні продуктивності рослинного покриву та формуванні вуглецевого балансу території за даними ДЗЗ / Ю. В. Костюченко, Д. М. Мовчан, І. Г. Артеменко,

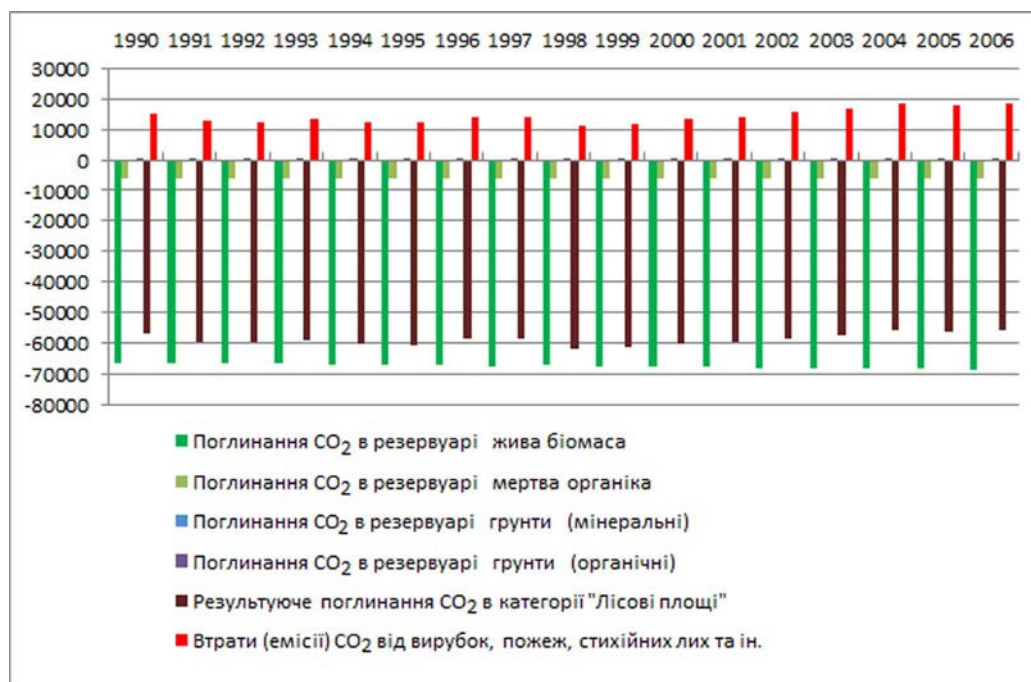


Рис. 3. 9. Стоки та емісії CO₂ (Гг CO₂-екв.) в категорії "Лісові площі" за резервуарами (див. табл. 3.4) [39]

- Ю. Г. Білоус // Геоінформатика. — 2013. — №3. — С. 67–75.
5. Лялько В. І. Аналіз невизначеностей в задачах оцінки кліматичних змін на регіональному рівні за даними супутникових спостережень парникових газів / В. І. Лялько, Ю. В. Костюченко, І. Г. Артеменко, Л. М. Попадюк, Р. В. Федина, А. С. Волошаненко // Космічна наука і технологія. — 2013. — Т. 19. — №6.
6. Лялько В. І. Космічний моніторинг балансу парникових газів з метою уточнення їхньої інвентаризації / В. І. Лялько, О. І. Сахацький, Ю. В. Костюченко, І. Г. Артеменко, Г. М. Жолобак, О. І. Левчик, Д. М. Мовчан. // Космічна наука і технологія. — 2012. — Т. 18. — № 2. — С. 3–14.
7. Anderson M. C. An analytical model for estimating canopy transpiration and carbon assimilation fluxes based on canopy light-use efficiency / M. C. Anderson, J. M. Norman, T. P. Meyers, G. R. Diak // Agricultural and Forest Meteorology. — 2000. — Vol. 101. — P. 265–289.
8. Beer R. Tropospheric emission spectrometer for Earth Observing System's Aura satellite / Beer R., Glavich T. A., Rider T. M. // Applied Optics. — 2001. — Vol. 40, № 15. — P. 2356.
9. Buchwitz M. Atmospheric carbon gases retrieved from SCIAMACHY by WFM-DOAS: version 0.5 CO and CH₄ and impact of calibration improvements on CO₂ retrieval / Buchwitz M., de Beek R., Noel S., Burrows J. P. et al. // Atmospheric Chemistry and Physics. — 2006. — № 6. — P. 2727–2751.
10. Buchwitz M. Atmospheric methane and carbon dioxide from SCIAMACHY satellite data: Initial comparison with chemistry and transport models / Buchwitz M., de Beek R., Burrows J. P., Bovensmann H., Warneke T., Notholt J., Meirink J., Goede A.P., Bergamaschi H., Korner P., Heimann M., and Schulz A. // Atmos. Chem. Phys. — 2005. — № 5. — P. 94–962.
11. Buchwitz M. Retrieval of CH₄, CO, and CO₂ total column amounts from SCIAMACHY near-infrared nadir spectra: Retrieval algorithm and first results / Michael Buchwitz, John P. Burrows // Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere VIII // Proc. SPIE. — 2005. — Vol. 5235. — P. 375–388.
12. Burrows J. P. SCIAMACHY — Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography / Burrows J. P., Hutzle E., Goede A. P. H., Visser H., Fricke W. // Acta Astronautica. — 1995. — Vol. 35, № 7. — P. 445.
13. Field C. B. Global net primary production: Combining ecology and remote sensing / C. B. Field, J. T. Randerson, and C. M. Malmstrom // Remote Sensing of the Environment. — 1995. — Vol. 281. — P. 237–240.
14. Field C. B. Global net primary production: Combining ecology and remote sensing / C. B. Field // Remote Sensing of Environment. — 1995. — Vol. 51. — P. 74–88. doi:10.1016/0034-4257(94)00066-V.
15. Goetz, S. J. Satellite remote sensing of primary production: An improved production efficiency modeling approach / S. J. Goetz, S. D. Prince, S. N. Goward, M. M. Thawley, J. Smal // Ecological Modelling. — 1999. — Vol. 122. — P. 239–255.
16. Heinsch F. A. User's Guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) Products NASA MODIS Land Algorithm. Version 2.0 / F. A. Heinsch, M. Reeves, P. Votava, S. Kang, C. Milesi et al. — 2003. — P. 57.
17. Houghton J. Climate change and sustainable energy / J. Houghton // Met Office, Hadley Centre. — London, 2005. — 208 p.
18. Javelle P. IASI instrument overview / P. Javelle // Procs. of the 5th Workshop on ASSFTS, Nov. 30th — Dec. 2nd, Tokyo, Japan, 1994. — P. 1–20.

19. Landsberg, J. J. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning / J. J. Landsberg, R. H. Waring // *Forest Ecology and Management*. — 1997. — Vol. 95. — P. 209–228.
20. Lieth H., Whittaker R.-H. (Eds.) *Primary Productivity of the Biosphere*. — Springer; New York, 1975. — 339 p.
21. McCallum I. Satellite-based terrestrial production efficiency modeling / I. McCallum, W. Wagner, C. Schimullius, A. Shvidenko, M. Obersteiner, S. Fritz, S. Nilsson // *Carbon Balance and Management*. — 2009. — P. 4–8.
22. MODIS daily photosynthesis (PSN) and annual net primary production (NPP) product (MOD17). Algorithm Theoretical Basis Document. Version 3.0 [Steven W. Running, Ramakrishna Nemani, Joseph M. Glassy, Peter E. Thornton], 1999.
23. Monteith J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystem / J. L. Monteith // *Journal of Applied Ecology*. — 1972. — Vol. 9. — P. 747–766.
24. National greenhouse gas inventory data for the period 1990–2009 // FCCC. — 2011. — 26 p.
25. Parry M. L. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, van der Linden P. J. and Hanson C. E. (eds) // Cambridge University Press. — Cambridge, 2007. — 987 pp.
26. Petit J. R. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica / J. R. Petit, J. Jouzel, D. Raynaud, N. I. Barkov [et al] // *International weekly journal of science Nature*. — 1999. — P. 429–436.
27. Prince S. D. Global primary production: A remote sensing approach / S. D. Prince, S. N. Goward // *Journal of Biogeography*. — 1995. — Vol. 22. — P. 815–835.
28. 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, D. A. Roberts, and D. Prentiss // *Journal of Geophysical Research*. — 2001. — Vol. 106. — D24. — 33,579–33,591 pp.
29. Running, S. W. Global terrestrial gross and net primary productivity from the Earth observing system // *Methods in Ecosystem Science: book* / S. W. Running, P. E. Thornton, R. Nemani, J. M. Glassy. — New York: Springer, 2000. — P. 44–57.
30. Schneising O. Three years of greenhouse gas column – averaged dry fractions retrieved from satellite – Part 2: Methane / O. Schneising, M. Buchwitz, J. P. Burrows, P. Bovensmann, Bergamaschi and W. Peters // *Atmos. Chem. Phys.* — 2009. — № 9. — P. 443–465.
31. Strahler A. The MODIS Land Cover and Land Cover Dynamics Products / A., H. Strahler, M. Friedl, X. Zhang et al. // *Presentation at Remote Sensing of the Earth's Environment from TERRA in L'Aquila, Italy*. — 2002.
32. Wang Y., Woodcock C.E., Buermann W. et al. Evaluation of the MODIS LAI algorithm at a coniferous forest site in Finland. *Remote Sensing of Environment*. — 2004. — Vol. 91. — P. 114–127.
33. Zhaoa M. Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set / M. Zhaoa, F. A. Heinscha, Ramakrishna, R. R. Nemani, S.W. Running // *Remote Sensing of Environment*. — 2005. — Vol. 95. — P. 164–176.
34. Zhaoa M. Sensitivity of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) terrestrial primary production to the accuracy of meteorological reanalyses / M. Zhaoa, R. R. Nemani, S. W. Running // *Journal of Geophysical Research*. — 2006. — Vol. 111. — G01002. doi: 10.1029/2004JG000004.
35. IPCC AR4 SYR (2007), Core Writing Team; Pachauri, R.K; and Reisinger, A., ed., *Climate Change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, ISBN 92-9169-1224. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html
36. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions, Workbook, Reference Manual / J. T. Houghton, L.G. Meira Filho, B. Lim, K. Treanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D. J. Griggs and B. A. Callender (Eds); IPCC; UK Meteorological Office, Bracknell. — 1997. — Vol. 1–3. — Режим доступу: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
37. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme / Penman, D. Kruger, I. Galbally, T. Hiraishi, B. Nyenzi, S. Emmanul, L. Buendia, R. Hoppaus, T. Martinsen, J. Meijer, K. Miwa and K. Tanabe (Eds); IPCC. — Hayama: IGES, 2000. — ISBN 4887880006. — Режим доступу: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>
38. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства: рабочая книга / Межправительственная группа экспертов по изменению климата; под ред. Д. Пенман, М. Гитарского и др. — Швейцария, 2003. — 649 с. — ISBN 92-9169-417-7. — Режим доступу: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_languages.html
39. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990–2012 гг : кадастр / [отв. лицо В. М. Шлихта]; Министерство охраны окружающей природной среды Украины (Государственное агентство экологических инвестиций Украины). К., 2014. — 577 с. (National Inventory Report (NIR) and Common Reporting Format (CRF)). [Электронный ресурс]. — Режим доступу: https://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php
40. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990–2011 гг: кадастр / [отв. лицо В. М. Шлихта]; Министерство охраны окружающей природной среды Украины (Государственное агентство экологических инвестиций Украины). К.: 2013. —

- 642 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.ph Перше Національне повідомлення України з питань зміни клімату. [Електронний ресурс]. ст. 63. — Режим доступу: http://climategroup.org.ua/?page_id=235
41. Друге національне повідомлення України з питань зміни клімату. К.: Інтерпрес ЛТД; УкрНДГМІ, 2006. ст. 80. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://climategroup.org.ua/upl/2-e_Nac_povid_po_zmini_klimatu_ukr.pdf
42. Третье, четвертое и пятое национальные сообщения Украины по вопросам изменения климата. — Киев, 2009. ст. 366. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://climategroup.org.ua/upl/ukr_nc5rev.pdf
43. Official IPCC WGI AR5 website : <http://www.ipcc.ch/report/ar5/index.shtml>
44. <http://modis-250m.nascom.nasa.gov/cgi-bin/browse/browse.cgi> — National Aeronautics and Space Administration (NASA).
45. http://earthobservatory.nasa.gov/GlobalMaps/view.php?d1=MOD17A2_M_PSN
46. http://www.nasa.gov/mission_pages/aura/main/index.html#.VHs_qDGsXg9
47. http://aqua.nasa.gov/about/instrument_airs.php
48. Ходорчук В. Я. Визначення змін запасів вуглецю для категорії землекористування “Ліси” у резервуарах біомаси (живої і відмерлої), підстилки та ґрунтів у розрізі природно-кліматичних зон / В. Я. Ходорчук. Отчёт о научно-исследовательской работе / ИП “Біотехніка”, Київ. — 2012.

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 або ж на альтернативних електронних носіях за адресою: Україна, 01601, м. Київ, МСП, вул. Олеса 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 ступень 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, розрізнення — не менше 300 dpi/inch у масштабі сторінки, кольорова модель CMYK.

Структура рукопису:

- УДК
- Назва статті (без аббревіатур)
- 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 однакову цифру (верхній індекс))
- Електронна адреса та/або тел./факс відповідального автора. Перед ним та після прізвища ставлять астериск (зірочку)
- Резюме мовою статті
- Ключові слова мовою статті
- © та рік
- Текст статті
- Список літератури
- 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 (кг, ×, с., р., і т. ін., мкм, Д. І. Менделєєв тощо) відділяють пробілами (але лише одним!). За правилами правопису проміжок обов'язовий 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. Не

використовуйте у формулах замість відповідних символів грецької абетки схожі за накресленням латинські або кириличні символи (наприклад: k , k , κ замість κ (каппа), x замість χ (хі)), а замість знака множення ($\times$) літеру x . Формулам треба присвоювати наскрізну нумерацію.

Таблиці. Треба всіляко прагнути аби таблиці мали книжну орієнтацію. Розмір келі в таблицях — 9 пунктів. 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.

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 — “прямокутнички” 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.

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 хронологічному 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. Олеся 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

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 предоставляются на украинском, русском и английском языках.

Представление рукописей

Рукописи представляют в редакцию в электронном виде по адресу: o.kudriashov@ujrs.org.ua, или на альтернативных электронных носителях по

адресу: Украина, 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 (abstrakt), а также ключевые слова. Аннотация должна содержать основные результаты исследований, а не перечень вопросов, рассмотренных в статье. Рекомендуются 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. Формат графических приложений — TIFF, разрешение — 300 dpi/inch, цветовая модель CMYK.

Размер страницы — А4. Текст форматируют без переносов, абзацных отступов, выступов и интервалов до и после строки.

Структура рукописи:

- УДК
 - Название статьи (шрифт обычный)
 - 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
 - Ключевые слова на языке статьи
 - © инициалы и фамилии авторов. Год
 - Текст статьи
 - Список литературы
 - 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 азачный отступ с помощью пробелов или табулятора! Для набора слов вразрядку 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 мужчину ли это или женщина.

Таблицы. 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.

Формулы следует набирать в соответствующем редакторе (Microsoft Equation 3.0), и не вставлять их в текст в виде таблиц или 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.

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, непосредственно в соответствии с оригиналом издания.

Работы одного и того же автора приводят в хронологическом порядке. Работы одного и того же автора при наличии соавторов размещают в алфавитном порядке с учетом фамилии второго автора.

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