

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ

**методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт**

Запоріжжя 2025



УДК 502/504(072)
Т38

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 7 від 30.05.2025 р.)

Автори

Максимова Н.М., канд. техн. наук, доцент,
Чеберячко Ю.І., д-р техн. наук, професор.

Рецензент:

Репін М.В. – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри безпеки праці та охорони довкілля ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

Т38 Технології захисту атмосфери : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / уклад.: Н. М. Максимова, Ю.І. Чеберячко. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 36 с.

У методичних рекомендаціях наведено тематику лабораторної роботи, яка виконується на протязі декількох занять відповідно до семестрового графіку робочої програми курсу, критерії оцінювання, методичні пояснення щодо порядку виконання завдання та приклад його виконання, питання для самоперевірки, список рекомендованих джерел тощо.

УДК 502/504(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота № 1 Вплив деревних насаджень на кліматичні умови	6
1.1 Теоретичні відомості	6
1.2 Онлайн карта Global Forest Watch	12
1.3 Один з методів оцінки викидів за сектором господарської діяльності згідно до Керівних принципів Міжурядової групи експертів зі зміни клімату	22
1.4 Завдання	31
Питання для самоперевірки	33
Перелік рекомендованих джерел	33
Додаток А Приклад титульного аркушу комплексу робіт, виконаних здобувачем	36

ВСТУП

У методичних рекомендаціях наведено тематика лабораторної роботи, методичні пояснення щодо порядку виконання, питання для самоперевірки тощо.

Рівень сформованості знань та навичок здобувача вищої освіти з освітнього компоненту за виконання лабораторної роботи оцінюють за бальною шкалою, яка наведена як в семестровому графіку, так і в силабусі та робочій програмі.

Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Виконання та захист лабораторних робіт	<u>Мах 8 балів:</u> <ul style="list-style-type: none">– за умови захисту лабораторної роботи максимально можливо набрати 8 бали від передбаченої загальної кількості балів, а без захисту – лише до 4 балів;– студент виконав лабораторні роботи, дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікувати ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання завдання і проявив організованість при оформленні розрахункової частини лабораторної роботи, а за потреби розрахунково-графічної частини (6 бали);– оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним і самокритичним (2 бали).

Додаткові зауваження:

– студент може оскаржити отримані оцінки в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](http://polytechnic.metinvest.university)) та Положенням про політику та процедури врегулювання конфліктних ситуацій ([Академічні політики : Polytechnic \(metinvest.university\)](http://polytechnic.metinvest.university));

– оцінки, отримані за роботу на практичних заняттях, не можуть бути відпрацьовані або покращені, окрім процедури оскарження, оцінки за інші види поточного контролю можуть бути покращені за індивідуальною домовленістю з викладачем.

Особливі підходи до визнання результатів навчання

– В разі, якщо дисципліна є обов'язковою для здобувача освіти, і він засвоїв повністю або частково відповідні програмні результати навчання під час отримання освіти на попередніх або такому ж рівні, то кредити та оцінка з дисципліни може бути перезарахована в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](http://polytechnic.metinvest.university)). Консультацію з даного питання можна отримати у викладача, куратора або гаранта

освітньої програми, завідувача кафедри, за якою закріплено цю дисципліну;

– В разі, якщо здобувач освіти обрав цю дисципліну як дисципліну вільного вибору, не зважаючи на той факт, чи вивчалася вона раніше, оцінка та кредити з цієї дисципліни не перезараховуються;

– В разі, якщо здобувач освіти хотів би самостійно вивчити певні курси з вивчення технологій захисту атмосфери (наприклад, Coursera, Udeemy або інших платформ, в т.ч. платформ відкритих курсів вітчизняних та/або закордонних університетів), то: 1) доцільно звернутися до списку рекомендованих вебресурсів або проконсультуватися з викладачем на предмет релевантності самостійно знайденого освітнього ресурсу програмі дисципліни; 2) в разі успішності опанування такого курсу, яке підтверджується сертифікатом або іншим способом, такому здобувачу у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного контролю;

– В разі, якщо здобувач освіти реалізував певний вид наукової роботи (тези, стаття, результативна участь у студентській олімпіаді тощо), то у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю; консультацію з питань визнання результатів неформальної та інформальної освіти можна отримати в уповноваженої особи від кафедри, яка викладає дисципліну; перелік таких осіб можна знайти за посиланням [Студентам : Polytechnic \(metinvest.university\)](#).

Як приклад оформлення пояснювальної та розрахунково-графічної частини лабораторних робіт слід орієнтуватись на відповідні приклади рішення, які наведені за змістом методичних вказівок. Титульний аркуш студентських робіт наведено наприкінці методичних вказівок в додатку А.

Лабораторна робота № 1

Вплив деревних насаджень на кліматичні умови

1.1 Теоретичні відомості

З поточним станом щодо викидів CO₂ та пов'язаних з ними допоміжними даними можна ознайомитись на різних онлайн ресурсах, в тому числі Global Carbon Atlas [1]. Для відслідковування сучасних тенденцій доволі корисним є сайт Global Carbon Budget [2].

На веб-сайті Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) [3] можна ознайомитись з Керівними принципами для національних інвентаризацій парникових газів МГЕЗК.

Також з Керівними принципами національних інвентаризацій парникових газів 2006 року "Міжурядової групи експертів зі зміни клімату" можна ознайомитись на сайті Національного центру обліку викидів парникових газів [4]. Даний Центр є бюджетною установою у складі Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України.

Як правило, в публічному доступі є аналогічні урядові сайти інших держав, наприклад Канади [5].

Україна підписала Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату (РКЗК ООН) у червні 1992 р., ратифікувала в жовтні 1996 р. і стала Стороною Додатка I РКЗК ООН із серпня 1997 р., а отже несе зобов'язання щодо розроблення, періодичного оновлення, публікації та надання до Секретаріату РКЗК ООН національних кадастрів антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами всіх парникових газів (ПГ або англ. GHG), що не регулюються Монреальським протоколом.

У кадастрі ПГ визначаються викиди чотирьох ПГ прямої дії: діоксиду вуглецю (CO₂), метану (CH₄), закису азоту (N₂O) і перфторвуглеців (ПФВ або англ. PFCs), а також гази, які не виробляються в Україні – гідрофторвуглеців (ГФВ або англ. HFCs) і гексафториду сірки (SF₆) (станом на 2008 р.), трифторид азоту (NF₃).

У кадастрі ПГ також подано дані про ПГ непрямої дії – окис вуглецю (CO), оксидів азоту (NO_x) і неметанових летких органічних сполук (НМЛОС або англ. NMVOCs), а також дані про викиди діоксиду сірки (SO₂) [6].

Для України базовим роком для CO₂, CH₄, N₂O, ГФУ, ПФУ, SF₆, NF₃ є 1990 р.

Нижче наведені таблиці містять дані про викиди ПГ прямої дії, виражені в еквіваленті діоксиду вуглецю та у вуглецевому еквіваленті відповідно.

Таблиця 1.1 – Викиди парникових газів, млн т CO₂-екв. (англ. GHG emissions, Mt CO₂-eq.) [6]

Gas***	Газ	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Поточний рік у порівнянні з базовим роком, % (Current year compared to base year, %)
CO2 (excluding LULUCF)	CO2 (за виключенням ЗКЗЛГ)	706,2	390,1	285,7	313,5	294,4	223,8	234,0	223,1	231,7	221,9	206,8	210,2	-70,2
CH4	CH4	182,9	139,1	118,3	102,8	84,9	61,6	66,4	64,2	67,9	70,1	72,0	71,5	-60,9
N2O	N2O	53,6	33,1	24,1	25,9	27,6	33,2	36,5	35,1	39,0	40,6	38,1	43,8	-18,4
HFCs*	HFCs*	NO	NO	15,7	285,1	743,9	801,6	921,4	1049,3	1395,8	1685,0	1751,5	1901,0	100,0
PFCs***	PFCs***	235,8	178,1	115,7	142,3	26,7	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-100,0
SF6*	SF6*	0,0	0,1	0,4	4,5	9,7	19,6	24,4	28,6	33,4	38,8	43,4	48,9	641194,7
NF3*	NF3*	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-
Net CO2 from LULUCF	Чистий CO2 від ЗКЗЛГ	-31,6	-32,4	-23,2	-9,3	-9,2	19,5	24,2	13,3	24,7	23,1	-1,1	14,0	-144,4
CO2 (including LULUCF)	CO2 (включно з ЗКЗЛГ)	674,6	357,6	262,5	304,3	285,1	243,3	258,2	236,4	256,4	245,1	205,8	224,2	-66,8
Total (excluding LULUCF)	Всього (за винятком ЗКЗЛГ)	942,8	562,1	427,9	442,4	407,3	319,2	337,6	323,3	339,8	334,1	318,0	327,3	-65,3
Total (including LULUCF)	Всього (включаючи ЗКЗЛГ)	911,4	530,0	405,0	433,5	398,3	338,9	362,0	336,7	364,7	357,4	317,6	341,5	-62,5
Total (excluding LULUCF), including indirect CO2	Всього (без урахування ЗКЗЛГ), включаючи непрямі CO2	942,8	562,1	427,9	442,4	407,3	319,2	337,6	323,3	339,8	334,1	318,0	327,3	-65,3
Total (including LULUCF), including indirect CO2	Всього (включаючи ЗКЗЛГ), в тому числі непрямі CO2	911,4	530,0	405,0	433,5	398,3	338,9	362,0	336,7	364,7	357,4	317,6	341,5	-62,5

Примітка.

* наведені в тис. т CO₂-екв. (emissions quoted in kt CO₂-eq.).

** викиди ПФВ відсутні, оскільки холодоагенти, що містять газ, не імпортувалися у 2011-2021 роках (there are no PFC emissions, as cooling agents containing the gas were not imported in 2011-2021).

*** excluding LULUCF – за виключенням сектору землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство (ЗКЗЛГ).

including LULUCF – включно із сектором землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство (ЗКЗЛГ)

В Україні викиди парникових газів відбуваються в наступних секторах, визначених МГЕЗК (англ. IPCC) [3, 6]:

- Енергетика (англ. ENERGY);
- Промислові процеси та використання продуктів (англ. IPPU);
- Сільське господарство (англ. AFOLU);
- Землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство (ЗКЗЛГ або англ. LULUCF);

- Відходи (англ. WASTE).

Найбільші викиди парникових газів в Україні відбуваються в енергетичному секторі. У 2021 році частка цього сектору становила близько 64 % без урахування сектору ЗКЗЛГ. Близько 76 % викидів у цьому секторі припадає на викиди в категорії "Спалювання палива", які включають категорії "Енергетика", "Переробна промисловість та будівництво", "Транспорт", "Інші сектори" та "Інші", а також 24 % - на викиди в категорії "Летучі викиди від палива" [3, 6].

2021 рік характеризувався відновленням економіки після глобальної пандемії COVID-19. У секторі «Промислові процеси та використання продуктів» (англ. IPPU) це пов'язано зі зростанням викидів у металургійній промисловості порівняно з падінням у 2020 році.

Сектор ЗКЗЛГ включає як викиди, так і поглинання двоокису вуглецю, а також викиди CH_4 та N_2O . Чисті викиди CO_2 в секторі у 2021 році дорівнюють 14,2 млн. т CO_2 -екв. порівняно з чистим поглинанням 31,4 млн. т CO_2 -екв. у базовому 1990 році. Основною причиною такого зсуву є зміна системи управління сільським господарством на орних землях, що призвело до зміни з 4,6 млн. т CO_2 -екв. у 1990 році до 48,3 млн. т CO_2 -екв. у 2021 році. Зокрема, значний вплив мають площі, врожайність та структура зібраних культур з цих земель, а також внесені добрива. Ці фактори також сприяли стрімкій зміні викидів порівняно з 2020 роком на 76,0 %, що знову ж таки пов'язано з високою врожайністю сільськогосподарських культур у 2021 році.

Також значний вплив має зменшення площ та обсягів видобутку торфу, що призвело до зменшення викидів парникових газів з 12,0 млн. т CO_2 -екв. у 1990 році до 0,2 млн. т CO_2 -екв. у 2021 році.

Крім того, швидкі зміни у землекористуванні, особливо ті, що призводять до викидів від живої біомаси, мають значний вплив на загальний рівень викидів у секторі.

Внесок сектору "Відходи" у 2021 році у загальні викиди становить 3,7 %. Основним джерелом викидів CH_4 є полігони твердих побутових відходів (ТПВ), а джерелом викидів N_2O – побутові стічні води. Порівняно з базовим роком, у 2021 році викиди у секторі зменшилися на 2,4 %.

На рис. 1.1 викиди представлені як додатні значення, а поглинання – як від'ємні [6].

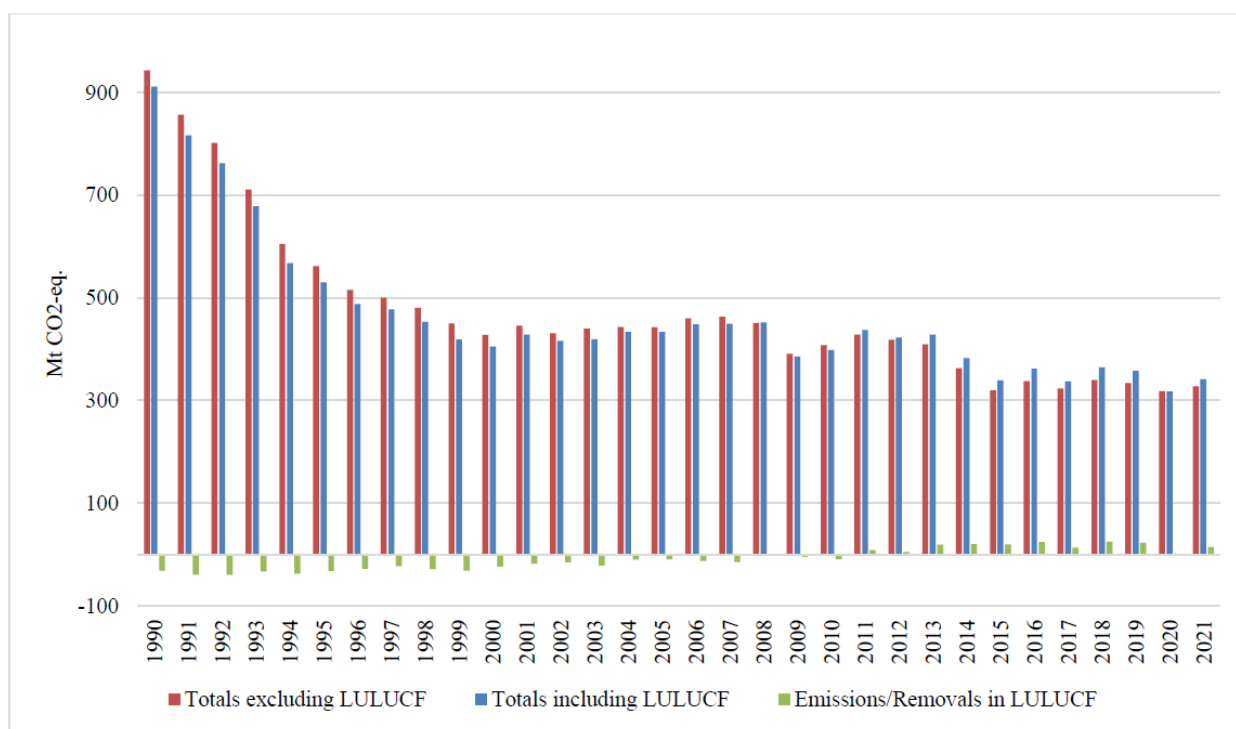


Рисунок 1.1 – Загальні викиди (+) та поглинання (-) парникових газів з урахуванням та без урахування сектору ЗКЗЛГ, млн. т CO₂-екв. [6].

Умовні позначення:

Totals excluding LULUCF – Підсумки без урахування ЗКЗЛГ;

Totals including LULUCF – Підсумки з урахуванням ЗКЗЛГ;

Emissions/Removals in LULUCF – Викиди/поглинання в ЗКЗЛГ

Таблиця 1.2 – відображає тенденції сукупних викидів ПГ за секторами за період 1990-2021 років [6]

Sector	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Current year compared to base year, %
Energy	725,3	431,4	311,3	315,1	286,4	210,8	224,8	217,8	226,3	219,2	208,0	209,7	-71,1
IPPU	118,2	58,2	67,5	81,0	74,7	56,4	58,1	51,9	56,5	57,6	56,0	58,4	-50,6
Agriculture	86,8	60,6	37,3	33,9	33,5	39,4	42,0	41,0	44,4	44,8	41,7	47,0	-45,9
LULUCF (removals)	-31,4	-32,1	-22,9	-8,9	-9,0	19,7	24,4	13,4	24,9	23,3	-0,4	14,2	-145,3
Waste	12,4	12,0	11,8	12,4	12,7	12,5	12,7	12,7	12,6	12,6	12,4	12,1	-2,4
Total (including LULUCF)	911,4	530,0	405,0	433,5	398,3	338,9	362,0	336,7	364,7	357,4	317,6	341,5	-62,5
Total (excluding LULUCF)	942,8	562,1	427,9	442,4	407,3	319,2	337,6	323,3	339,8	334,1	318,0	327,3	-65,3
Total (including LULUCF), including indirect CO ₂	911,4	530,0	405,0	433,5	398,3	338,9	362,0	336,7	364,7	357,4	317,6	341,5	-62,5
Total (excluding LULUCF), including indirect CO ₂	942,8	562,1	427,9	442,4	407,3	319,2	337,6	323,3	339,8	334,1	318,0	327,3	-65,3

Таким чином сектор «Землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство» (ЗКЗЛГ або англ. LULUCF) може виступати як джерелом, так і **поглиначем** ПГ.

Було визначено [7], що у Європейському Союзі ліси поглинають близько 10 % викидів вуглекислого газу [8]. У 2018 році було опубліковано дослідження «Global Carbon Budget» [9], яке свідчить, що світовий ліс поглинає приблизно третину виділеного в атмосферу CO₂ [10].

Організація Об'єднаних Націй, Європейська економічна комісія [11] наголошують, що одне дерево може абсорбувати до 150 кілограмів вуглекислого газу щорічно. Згідно зі статистикою за 2019 рік, світові ліси поглинають близько 296 гігатонн вуглекислого газу. У країнах Європейського Союзу переважають хвойні ліси, які займають близько половини лісового покриву, в той час як 27 % становлять листяні ліси, і ще 23 % – ліси, які включають елементи обох типів.

У Новій лісовій стратегії ЄС до 2030 року [8] запропоновано запровадити деякі дії та зобов'язання, які сприятимуть скороченню у 2030 році викидів в атмосферу парникових газів, зокрема вуглекислого газу, щонайменше удвічі. Для досягнення цієї мети відповідні інституції ЄС та держави-члени повинні надавати пріоритет передбачуваному та швидкому скороченню викидів і, водночас, вживати заходів для збільшення поглинання небезпечних газів природними абсорбентами. Саме контроль за шкідливими викидами в атмосферу та поглинанням лісами газів, що стимулюють утворення парникового ефекту, відіграватимуть вирішальну роль у досягненні вищезазначеної мети – поглинання 310 мільйонів тонн еквівалента вуглекислого газу.

Для досягнення значущих показників поглинання парникових газів лісами, для зменшення впливу забрудненого повітря на здоров'я людини важливо розширити площі лісових масивів та створити більш здорові та різноманітні ліси. Це так само дозволить збільшити території існування багатьох видів рослин та тварин. Для досягнення цієї мети необхідно змінити негативні тенденції суспільства, поліпшити моніторинг довкілля для більш точного визначення стану лісів, а також активізувати заходи щодо охорони та відновлення біорізноманіття лісів, що так само забезпечить їх стійкість [10].

У Новій лісовій стратегії Європейського Союзу на період до 2030 року відзначається, що співпраця ЄС з іншими країнами сприятиме упровадженню інтегрованих підходів до лісів, охоплюючи аспекти управління, стійкості та легальності ланцюжків створення вартості, біорізноманіття та життєвого середовища місцевого населення. Вищенаведені плани стосовно лісів узгоджуються із зусиллями лідерства ЄС у кліматичній сфері та реалізацією стратегії ЄС щодо біорізноманіття до 2030 року, що включає амбітну Глобальну структуру біорізноманіття.

Для України також характерною є тенденція збільшення лісового масиву задля покращення стану атмосферного повітря. Помічено, що багаторічним лісовим масивам властива краща поглинальна здатність

парникових газів із атмосферного повітря порівняно з міським озелененням штучного походження. Це відображено в роботах багатьох науковців [7, 10].

У Лісовому Кодексі України наводиться наступне визначення:

- ліс - тип природних комплексів (екосистема), у якому поєднуються переважно деревна та чагарникова рослинність з відповідними ґрунтами, трав'яною рослинністю, тваринним світом, мікроорганізмами та іншими природними компонентами, що взаємопов'язані у своєму розвитку, впливають один на одного і на навколишнє природне середовище.

У Національному кадастрі антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990-2006 рр. наводиться, що для цілей Кіотського протоколу до лісів належать ділянки, мінімальна площа яких становить 0,1 га з шириною щонайменше 20 метрів, мінімальним покриттям крон (або еквівалентом рівня запасу) від 30% та мінімальною висотою дерев у віці стиглості – 5 метрів. Невід'ємною складовою лісів є лісові ділянки, які тимчасово не вкриті лісовою рослинністю внаслідок неоднорідності лісових природних комплексів, лісогосподарської діяльності або стихійних явищ. Молоді природні лісові насадження та лісові культури, що не досягли 30% зімкненості (еквівалент за повнотою – 0,3) та/або висоти 5 м, розглядають як складову частину лісів, що тимчасово не вкриті лісовою рослинністю внаслідок діяльності людини або природних чинників, але досягнуть граничних значень у майбутньому. Включення мінімального значення ширини лісів (20 м) узгоджується з визначенням лісів, що рекомендоване для звітування перед Продовольчою та сільськогосподарською організацією Об'єднаних Націй (FAO) та підготовки звітності України.

Лісові землі включають землі, вкриті лісовою рослинністю та тимчасово або постійно не вкриті лісовою рослинністю. Лісові землі, не вкриті лісовою рослинністю, включають лісові культури, що не зімкнулися, лісові розсадники, плантації, а також лісові дороги, дренажні системи, просіки та протипожежні розриви.

Практично всі ліси України перебувають під впливом господарської діяльності і тому, крім дуже невеликих площ, ліси країни не можуть бути віднесені до недоторканих (primary) лісів.

Баланс вуглецю розраховувався для всіх лісів України. Загальна площа земель, що належать до категорії "Ліси" відповідно до зазначених вище визначень, коливалася від 10,3 млн. га у 1990 р. до 10,5 млн. га у 2006 р., що становить близько 17% площі країни. Для розрахунків обсягів викидів/поглинань вуглецю беруться до уваги значення площ, вкритих лісовою рослинністю.

Твердолистяні насадження домінують в Україні, займаючи 43,6% площ. Дещо менші площі займають хвойні (42,6%) та м'яколистяні (13,8%) насадження. У зв'язку зі змінами вікової структури, загальний запас деревини в лісах країни постійно збільшується.

У 2021 році розпочато програму «Зелена країна» [12], за результатами реалізації якої на сьогодні уже висаджено понад 40 % від запланованої кількості дерев.

1.2 Онлайн карта Global Forest Watch

Аналіз ГІС карти дозволяє ознайомитися з територіальним розповсюдженням і станом лісів світу, а також з впливом лісів на кліматичні умови. Сучасні ГІС мапи мають багато можливостей аналізу серед них онлайн проект Global Forest Watch (рис. 1.2) [13].

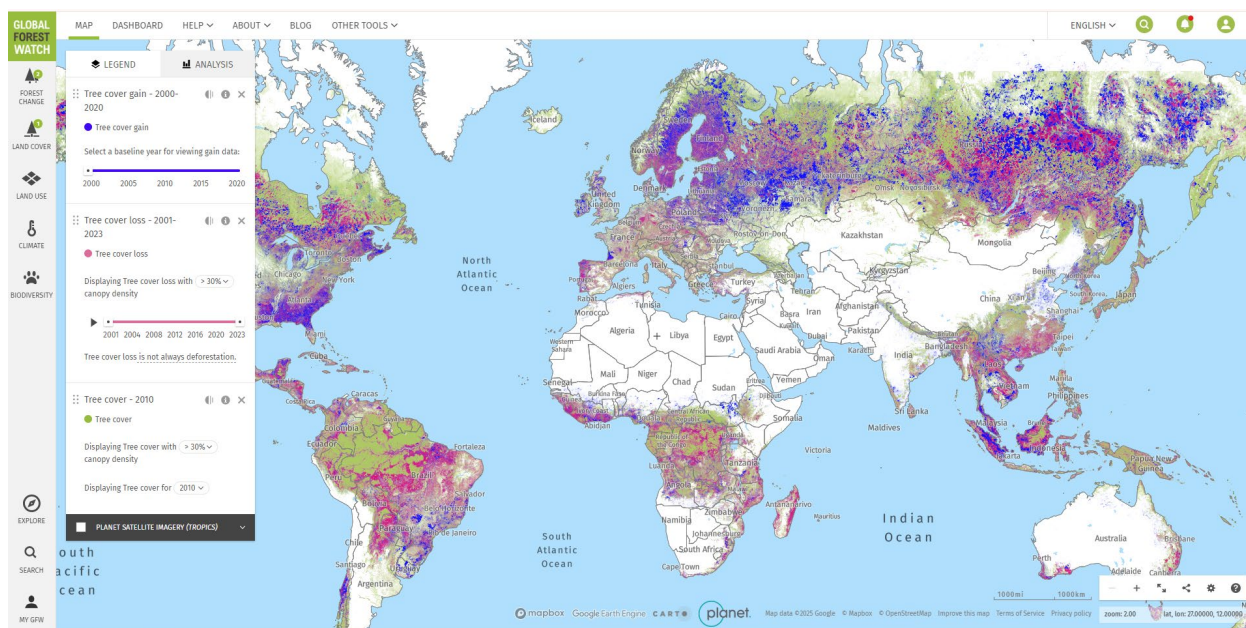


Рисунок 1.2 – Онлайн карта Global Forest Watch [13]

Обираємо сегмент карти для подальшого аналізу зміни лісового покриву та відповідно вуглецевого балансу на території України (див. вихідні дані за варіантами).

Як деревний покрив показана уся рослинність понад 5 м та має форму природних лісів або плантацій [14].

Для прикладу, обрано територію прилеглу до м. Вільногірськ, яка після натиснення на кнопку «Аналіз» оконтурена лінією чорного кольору. Слід звернути увагу, що територіальне районування не завжди відображається коректно. Місто Вільногірськ відноситься до Кам'янського району, а за даними онлайн сервісу до Верхньодніпровського району, про що вказує легенда.

Після обрання сегменту території, в доступі надається легенда та аналіз заліснення території (рис. 1.3) [13]. Також для зручності надається можливість завантажити відповідні дані по країні загалом у вигляді файлу з назвою «UKR.xlsx», який буде містити цифрову інформацію за деякими (не всіма) районами областей України.

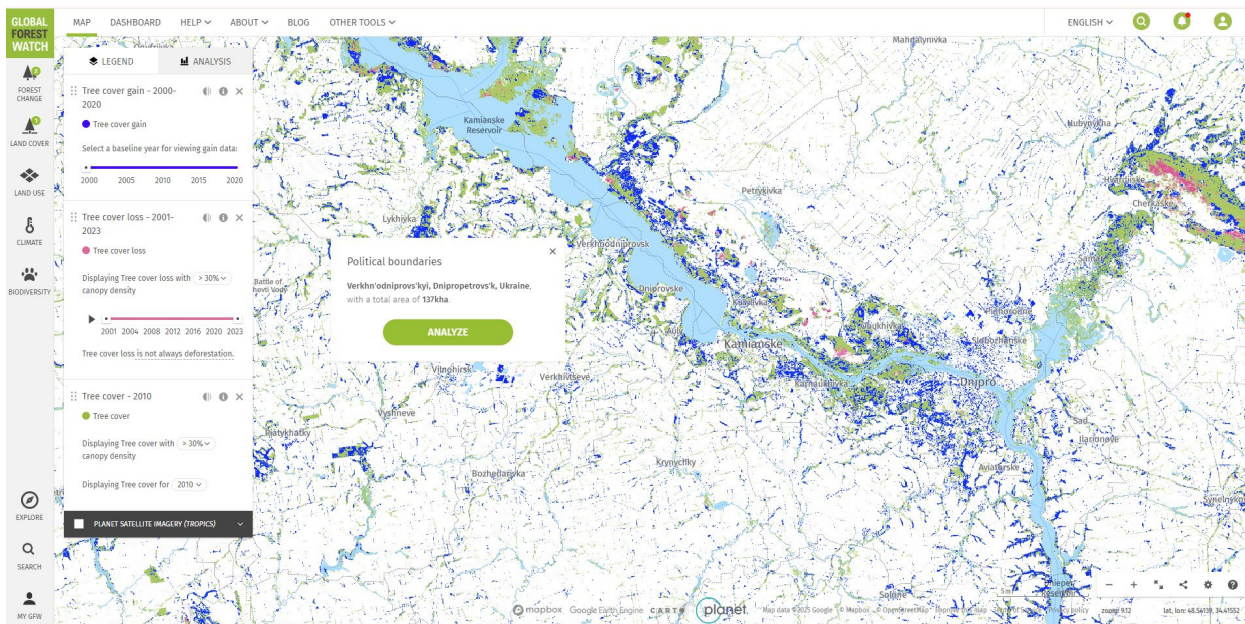


Рисунок 1.3 – Вибір досліджуваної території на карті Global Forest Watch [13]

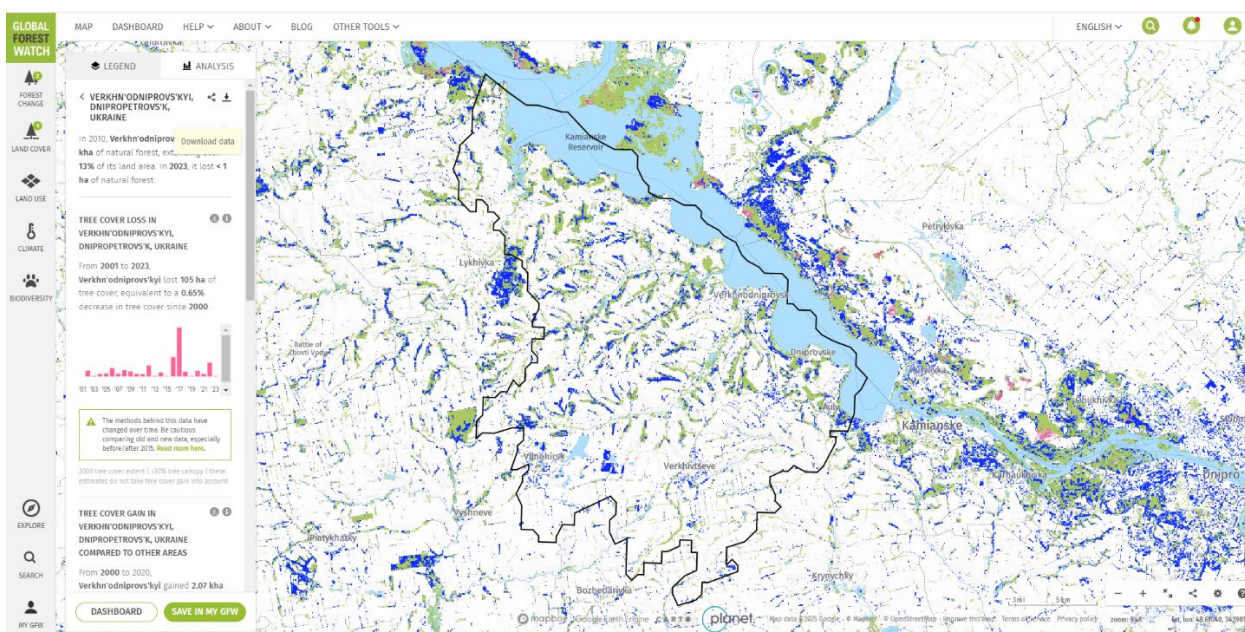


Рисунок 1.4 – Завантаження цифрової інформації на ресурсі Global Forest Watch [13]

На підставі отриманих аналітичних даних від онлайн сервісу Global Forest Watch формуємо звіт [13].

Спочатку проаналізуйте шари на карті за вкладкою «Резюме», де зведені основні відомості про стан деревного покриву та тенденції зміни його територіального розповсюдження, а потім перейдіть до вкладки «Клімат» (рис. 1.5) [13]. Але за бажанням можете розширити свій аналітичний огляд інтернет ресурсу Global Forest Watch.

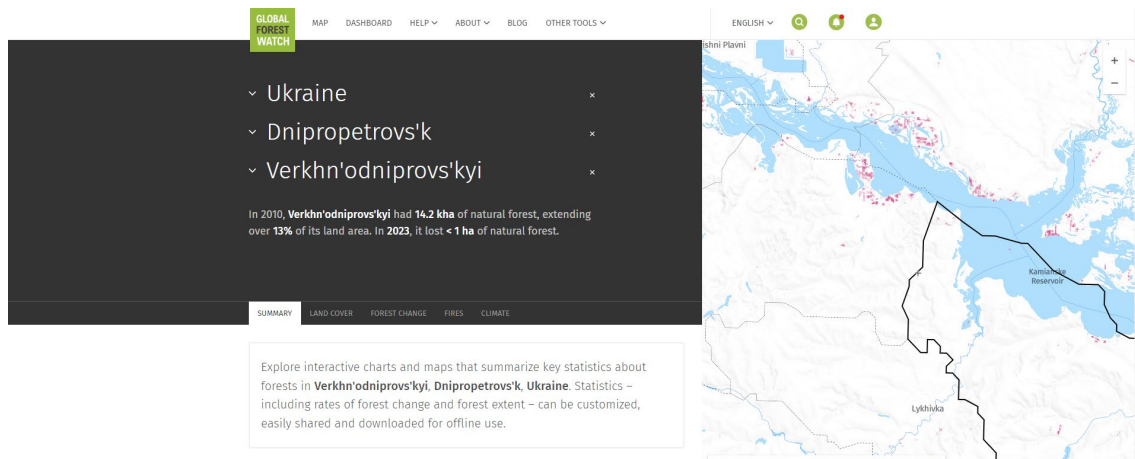


Рисунок 1.5 – Перехід між вкладками для аналізу цифрової інформації за обраною територією на ресурсі Global Forest Watch [13]

Дослідить інтерактивні діаграми та карти, які узагальнюють ключові статистичні дані про ліси площею $14,2 \cdot 10^3$ га у Верхньодніпровському районі Дніпропетровської області, Україна. Статистичні дані, включно з темпами змін лісів та лісистістю, можна налаштовувати, легко ділитися ними та завантажувати для використання в автономному режимі. На кожну ілюстрацію додайте відповідне ел. посилання (рис. 1.6), натиснувши значок «поділитись» (див. рис. 1.7) [13].

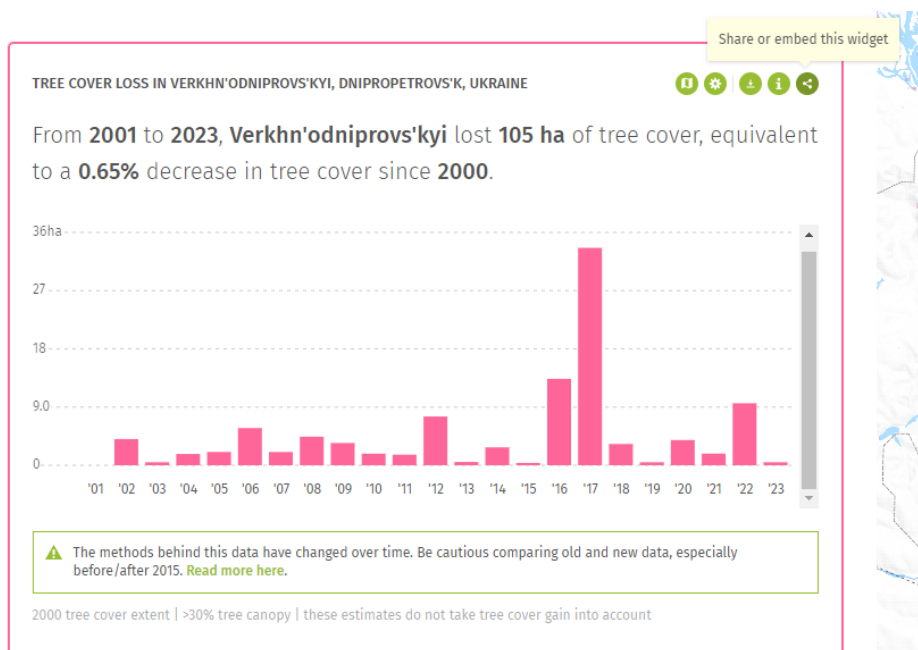


Рисунок 1.6 – Можливості розповсюдження графічних даних на ресурсі Global Forest Watch [13]

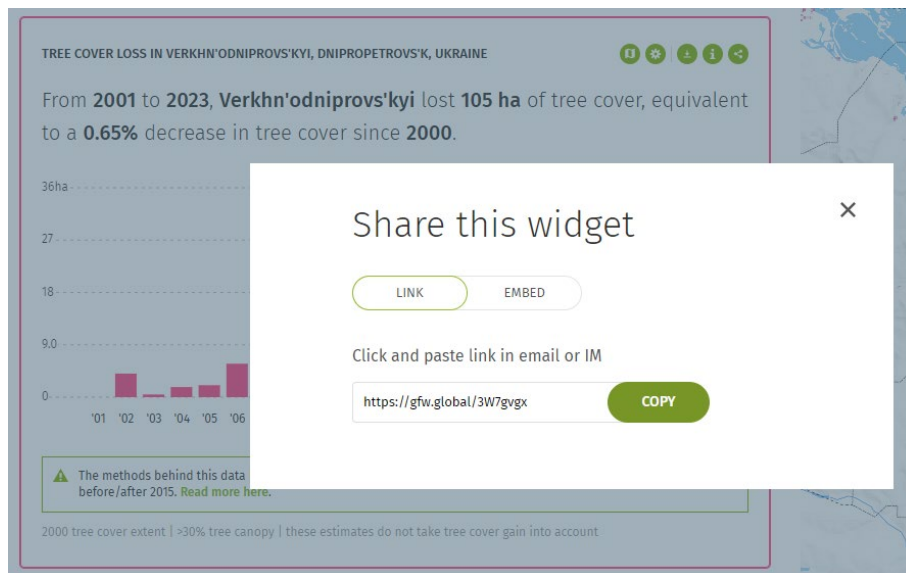


Рисунок 1.7 – Отримання ел. посилання на графічний матеріал на ресурсі Global Forest Watch [13]

З 2001 по 2023 рік Верхньодніпровський район втратив 105 га лісового покриття, що еквівалентно зменшенню лісового покриття на 0,65% з 2000 року (рис. 1.8) [13]. А за 2023 р. втрачено менше 1 га лісового покриття.

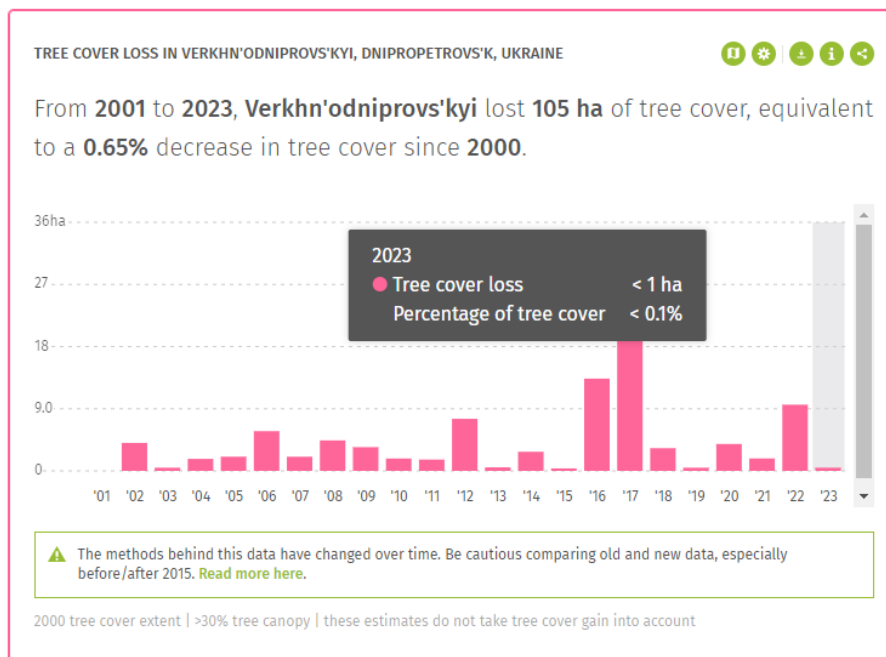


Рисунок 1.8 – Втрата деревного покриття у Верхньодніпровському районі (за даними Global Forest Watch) [13]

Станом на 2000 рік 9,1% земельного покриття Верхньодніпров'я становили ліси з щільністю покриття >30% (рис. 1.9) [13].

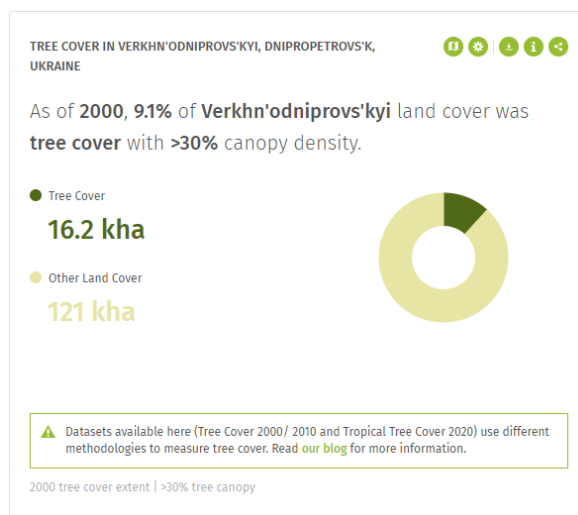


Рисунок 1.9 – Деревний покрив у Верхньодніпровському районі (за даними Global Forest Watch) [13].

Умовні позначення:

Tree Cover – Деревний покрив; Other Land Cover – Інший ґрунтовий покрив

У Верхньодніпровському районі пік пожежонебезпечного сезону зазвичай починається на початку липня і триває близько 14 тижнів. За період з 8 січня 2024 року по 23 грудня 2024 року було зареєстровано 12 попереджень про пожежі за допомогою VIIRS, враховуючи лише попередження з високим ступенем достовірності (рис. 1.10) [13]. Це незвично високий показник порівняно з попередніми роками, починаючи з 2012 року. Поясненням цього можуть бути події, пов'язані з воєнним станом в Україні.

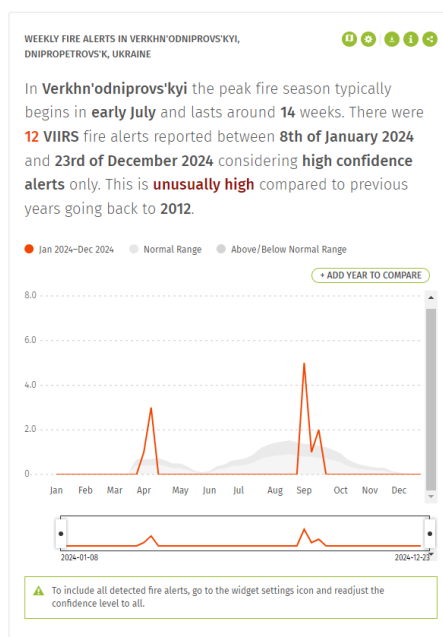


Рисунок 1.10 – Щотижневі попередження про пожежі у Верхньодніпровському районі (за даними Global Forest Watch) [13]

За бажанням можна ознайомитись з онлайн ресурсом isible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), який входить до складу спільної платформи NASA/NOAA Suomi National Polar-orbiting Partnership ([Suomi NPP](#)) і NOAA. VIIRS збирає видимі та інфрачервоні зображення разом із глобальними спостереженнями суші, атмосфери, кріосфери та океану Землі [15]. Спостереження збираються з супутників, а їх аналіз надає змогу сформувати базу даних про довгострокові записи кліматичних даних.

З 2001 р. по 2023 р. Верхньодніпровський район втратив 21 га лісового покриву від пожеж та 84 га від усіх інших причин (рис. 1.11). Деревний покрив визначається як вся рослинність заввишки понад 5 метрів і може мати форму природних лісів або плантацій з різною щільністю намету (покриву). Втрата деревного покриву відноситься до будь-яких порушень, що заміщують деревостани (тобто повне видалення деревного покриву в масштабі 30-метрового пікселя), і не обов'язково прирівнюється до вирубки лісу. Цей набір даних не включає низькоінтенсивні та низові лісові пожежі, які не призводять до значної втрати деревного намету в масштабі 30-метрового пікселя. Пожежі в межах нещодавніх втрат лісу через інші чинники також виключені (тобто дані по 2022 р. включно). Таким чином, ці дані не включають спалювання зрубаних колод після механічного видалення намету, що є поширеним явищем у підсічно-вогневому землеробстві та великомасштабних вирубках лісів. Роком з найбільшою втратою деревного покриву через пожежі за цей період був 2012 рік – 7 га, що становить 90% від усіх втрат деревного покриву за цей рік.

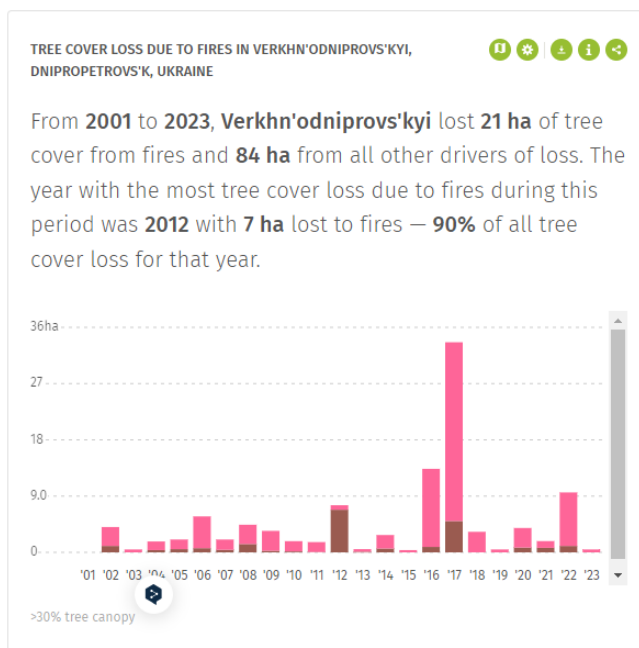


Рисунок 1.11 – Втрата деревного покриву внаслідок пожеж у Верхньодніпровському районі (за даними Global Forest Watch) [13]

З 4 січня 2021 року по 30 грудня 2024 року у Верхньодніпровську районі було зафіксовано 146 пожежні тривоги за допомогою системи VIIRS Alerts (рис. 1.12) [13].

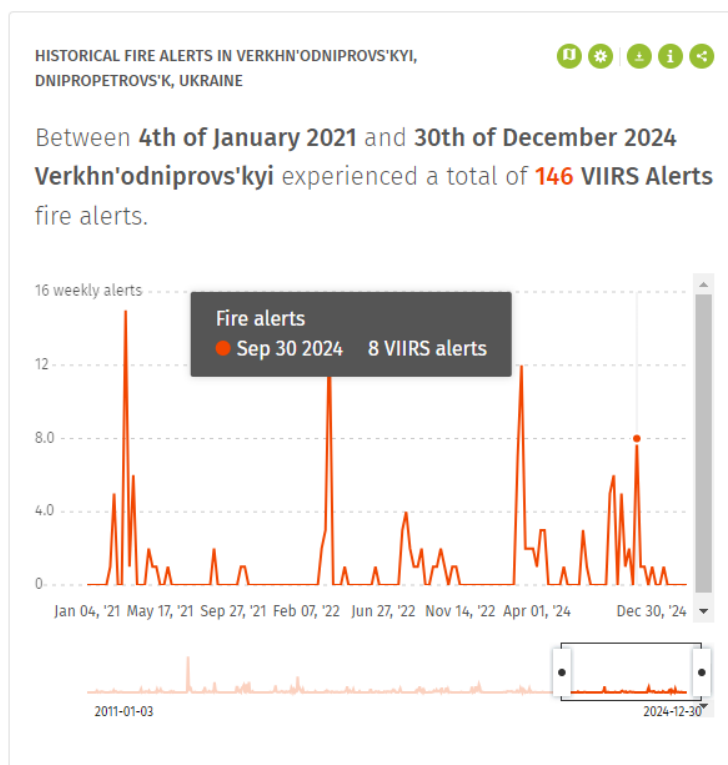


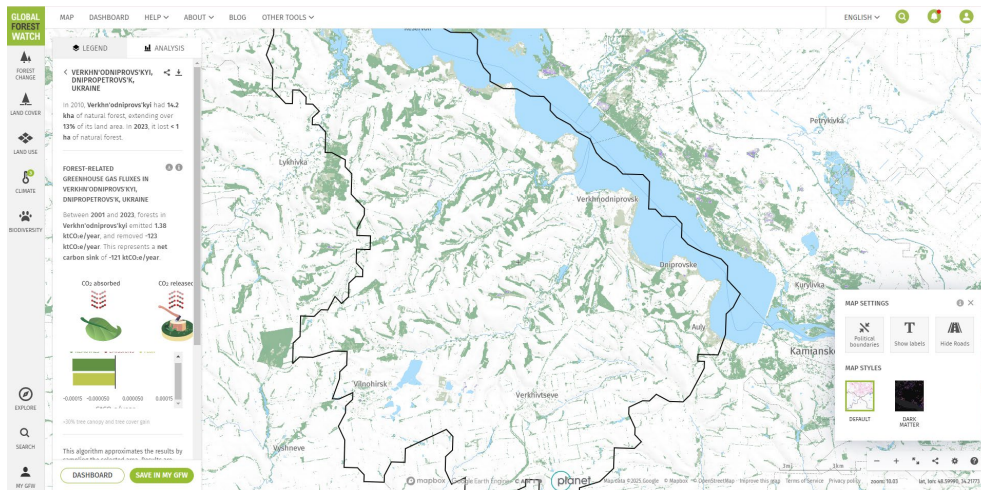
Рисунок 1.12 – Історичні пожежні сповіщення у Верхньодніпровську районі (за даними Global Forest Watch) [13]

Після аналізу зміни деревного покриву у Верхньодніпровському районі, проаналізуйте відомості на вкладці «Клімат» та зробіть відповідні висновки. На цій вкладці можна ознайомитись з інтерактивними діаграмами, які узагальнюють роль лісів у зміні клімату у Верхньодніпровському районі Дніпропетровської області, Україна. Статистичні дані про вуглець у лісах містять відомості зокрема, як ліси зберігають, викидають і секвеструють (поглинають) вуглець.

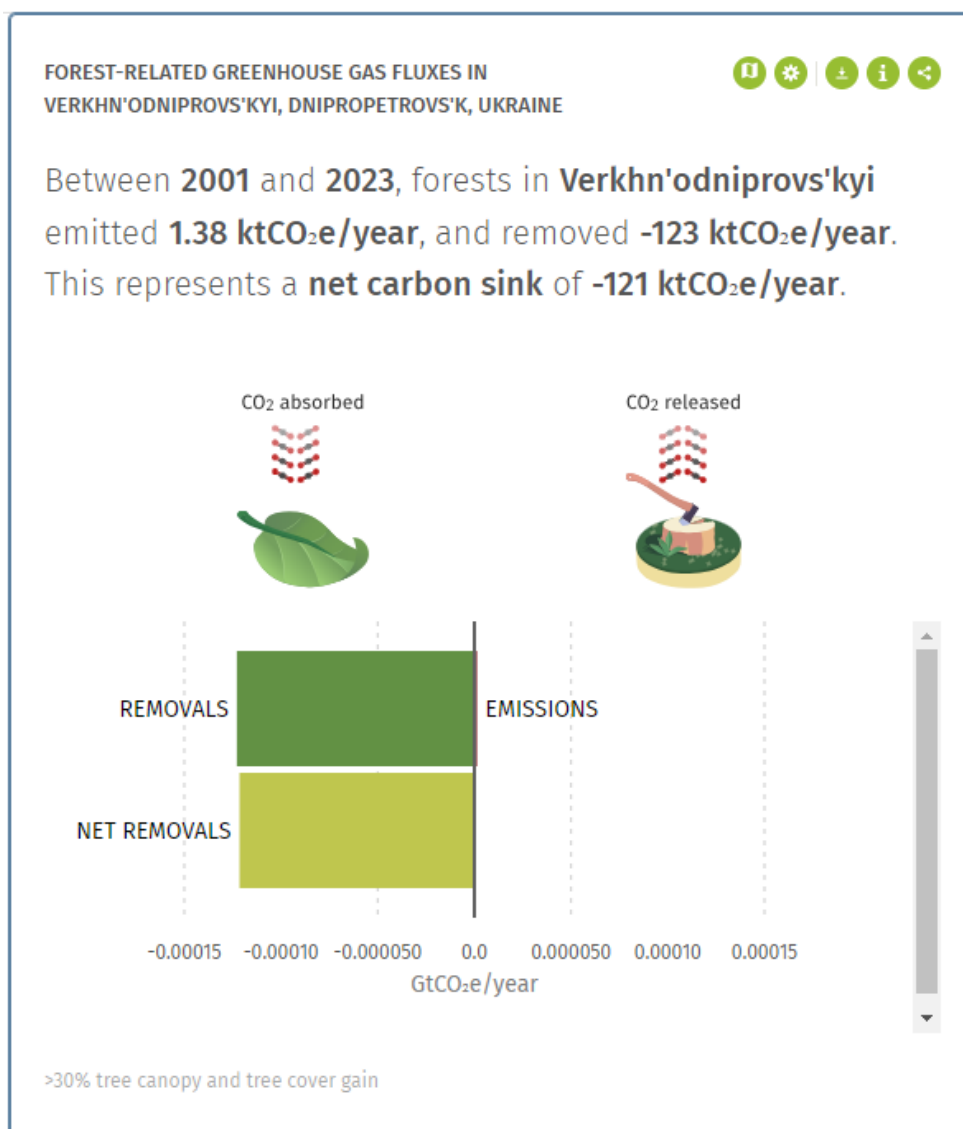
Дані про викиди кількісно визначають кількість викидів вуглекислого газу в атмосферу, де відбулися лісові порушення, і включають CO₂, CH₄ і N₂O, а також численні накопичення (пули) вуглецю. Вилучення включає середньорічне поглинання вуглецю надземною та підземною деревною біомасою в лісах.

Як чистий потік парникових газів слід розуміти різницю між їх середньорічними викидами і середньорічним поглинанням. Від'ємні значення свідчать про чисте поглинання, а додатні – чисті джерела викидів парникових газів.

У період з 2001 р. по 2023 р. ліси Верхньодніпровського району викидали 1,38 тис. т CO₂e/рік, а поглинали -123 тис. т CO₂e/рік. Чисте поглинання вуглецю склало -121 тис. т CO₂e/рік (рис. 1.13) [13].



a



б

Рисунок 1.13 – Потіки парникових газів (б), пов'язаних з лісами, у Верхньодніпровському районі Дніпропетровської області (а) [13]

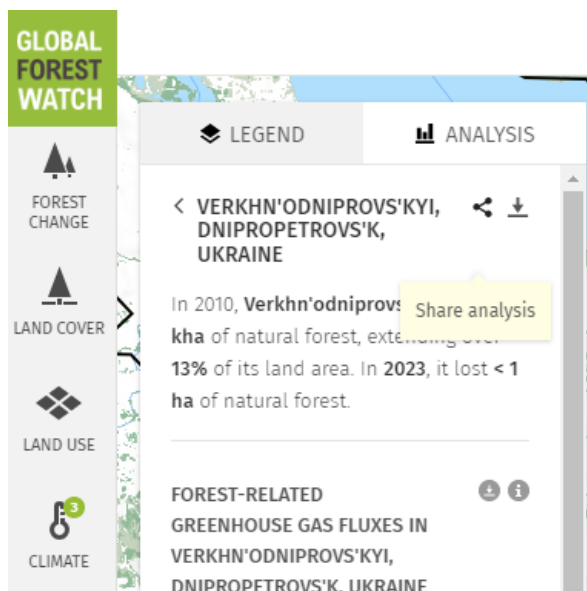


Рисунок 1.15 – Можливості поділитись результатами аналізу даних про вплив рослинного покриву на кліматичні умови (за даними Global Forest Watch) [13]

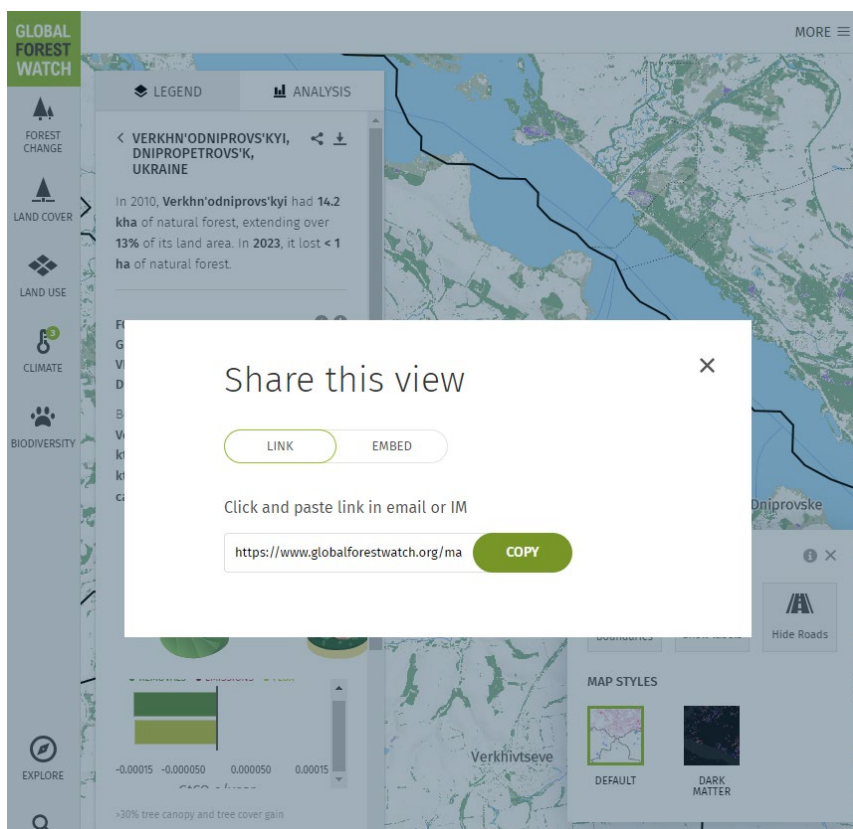


Рисунок 1.16 – Отримання активного ел. посилання на результати аналізу даних про вплив рослинного покриву на кліматичні умови (за даними Global Forest Watch) [13]

Надається можливість завантажити дані у вигляді ел. таблиць (файл типу Excel) (рис. 1.17) [13].

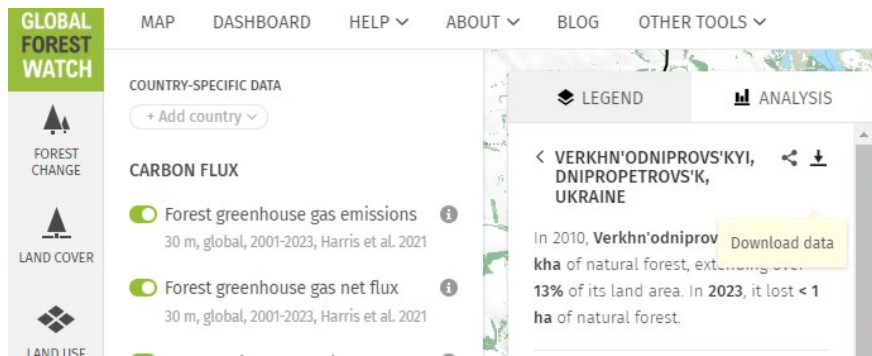


Рисунок 1.17 – Завантаження цифрових даних за обраною для досліджень територією (за даними Global Forest Watch) [13]

При аналізі цифрових даних слід звернути увагу, що на веб-сайті Global Forest Watch за замовчуванням для всіх статистичних даних використовується поріг наметового покриття (щільний лісовий покрив) >30% [13]. А тому для Верхньодніпровського району під час виконання аналізу даних необхідно використовувати відповідний фільтр інформації.

1.3 Один з методів оцінки викидів за сектором господарської діяльності згідно до Керівних принципів Міжурядової групи експертів зі зміни клімату

Пропонується ознайомитись з методом оцінки викидів за секторами господарської діяльності згідно до Керівних принципів МГЕЗК (англ. IPCC) на прикладі лісового господарства.

Найзагальніший простий методологічний підхід полягає в об'єднанні інформації за масштабами, в яких відбувається діяльність людини, (яку називають дані про діяльність або ДД) з коефіцієнтами, що визначають кількість викидів або поглинань на одиницю діяльності. Такі показники називаються коефіцієнтами викидів (КВ). Таким чином, основне рівняння має вигляд [3]:

$$\text{Викиди} = \text{ДД} \cdot \text{КВ} \quad (1.1)$$

У Керівних принципах МГЕЗК (англ. IPCC) наводяться відомості за рівнями.

Рівень представляє ступінь методологічної складності. Зазвичай передбачається три рівні. Рівень 1 – це базовий метод, рівень 2 – проміжний, а рівень 3 – найскладніший з погляду труднощів і потреби в даних. Рівні 2 і 3 іноді називаються методами вищого рівня і, як правило, вважаються більш точними.

Дані за замовчуванням: методи рівня 1, передбачені для всіх категорій, призначені для використання загальнодоступної національної або міжнародної статистики, в комбінації зі встановленими коефіцієнтами

викидів за замовчуванням і додатково наданими параметрами, і відповідно мають бути придатними для всіх країн.

Розглянемо нижче приклад застосування методу рівня 1 (метод надходжень-втрат біомаси) [3]. Рівень 1 є здійсненим навіть тоді, коли оцінки даних про діяльність та коефіцієнтів викидів/поглинання для конкретної країни не є доступними і працює, коли зміни резервуару вуглецю в субстраті біомаси на лісових площах, що залишаються лісовими площами, є відносно невеликі. Метод вимагає віднімання втрат вуглецю біомаси від приросту вуглецю біомаси.

Керівні принципи МГЕЗК (англ. IPCC) передбачають збір відомостей на національному рівні. В нижче наведеному прикладі розглянемо методику обрахунку на регіональному рівні, тобто на прикладі досліджуваного району, а не країні. Цей приклад є частиною розрахунків, які відносяться до сектору Землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство (ЗКЗЛГ або англ. LULUCF).

Приклад

Розглянемо розрахунки щорічних змін у запасах вуглецю в біомасі за методом надходжень-втрат (рівень 1) для Верхньодніпровського району в запасах вуглецю в біомасі (ΔC_B), яке визначається за формулою [3]:

$$\Delta C_B = (\Delta C_G - \Delta C_L) \quad (1.2)$$

де ΔC_L – щорічне зменшення запасів вуглецю внаслідок втрат біомаси;
 ΔC_G – річний приріст біомаси

Визначення до якої саме кліматичної області, кліматичного регіону та екологічної зони відноситься Верхньодніпровський район виконуємо за табл. 1.3, яка відповідає вкопіюванню з таблиці 4.1, розділу 4.5 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, 2006 [3].

Таблиця 1.3 – Кліматичні області (FAO, 2001), кліматичні регіони (CHAPTER 3) та екологічні зони (FAO, 2001) (за даними табл. 4.1, розділу 4.5 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006 [3])

Climate domain		Climate region	Ecological zone		
Domain	Domain criteria		Zone	Code	Zone criteria
Кліматична сфера		Кліматичний регіон	Екологічна зона		
Домен	Домен критерії		Зона	Код	Критерії зони
Temperate	4-8 months at a temperature >10°C	Cool temperate moist	Temperate oceanic forest	TeDo	oceanic climate: coldest month >0°C
			Temperate continental	TeDc	continental climate:

Climate domain		Climate region	Ecological zone		
Domain	Domain criteria		Zone	Code	Zone criteria
Кліматична сфера		Кліматичний регіон	Екологічна зона		
Домен	Домен критерії		Зона	Код	Критерії зони
			forest		coldest month <0°C
			Cool temperate dry	Temperate steppe	TeBSk
		Cool temperate moist or dry	Temperate desert	TeBWk	arid: all months dry
			Temperate mountain systems	TeM	altitudes approximately >800 m
		Помірний	4-8 місяців при температурі >10°C	прохолодний помірний вологий	Помірний океанічний ліс
Помірно-континентальний ліс	TeDc				континентальний клімат: найхолодніший місяць <0°C
прохолодний помірний сухий	Помірний степ			TeBSk	напівзасушливі: випаровування > опади
	Помірна пустеля			TeBWk	посушливо: всі місяці посушливі
прохолодний помірний вологий або сухий	Помірні гірські системи			TeM	висоти приблизно >800 м

Примітка.

Climate domain: Area of relatively homogenous temperature regime, equivalent to the Köppen-Trewartha climate groups (Köppen, 1931).

Climate region: Areas of similar climate defined in Chapter 3 for reporting across different carbon pools.

Ecological zone: Area with broad, yet relatively homogeneous natural vegetation formations that are similar, but not necessarily identical, in physiognomy.

Dry month: A month in which Total Precipitation (mm) $\leq 2 \times$ Mean Temperature (°C).

Кліматична область: Територія з відносно однорідним температурним режимом, еквівалентна кліматичним групам Кеппена-Тревартха (Köppen, 1931).

Кліматичний регіон: Території з подібним кліматом, визначені в Главі 3 для звітності по різних резервуарах вуглецю.

Екологічна зона: Територія з широкими, але відносно однорідними природними рослинними формаціями, схожими, але не обов'язково ідентичними за фізіономією.

Посушливий місяць: Місяць, в якому загальна кількість опадів (мм) $\leq 2 \times$ середня температура (°C).

За даними табл. 1.3 досліджувана територія відноситься до помірної континентальної лісової зони Європи.

Площа нелісових земель перетворених на лісові землі в межах Верхньодніпровського району приймаємо умовно рівною залісенню за даними Global Forest Watch $14,2 \cdot 10^3$ га (див. рис. 1.5) [13]. Новий ліс є інтенсивно керованим 9-річним сосновим насадженням, середній

надземний середній об'єм надземного запасу становить $10 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$. Під час рубок догляду було вилучено $100 \text{ м}^3/\text{рік}^{-1}$ товарної круглої деревини над корою (H); $50 \text{ м}^3/\text{рік}^{-1}$ цілих дерев (FG_{trees}) було вилучено як паливну деревину. Площа порушення життєдіяльності комах ($A_{\text{disturbance}}$) становить 1 га за рік (прийнято в розмірі втрат деревного покриву у Верхньодніпровському районі, див. рис. 1.8) [13], що призводить до пошкодження $1,0 \text{ т с.р. га}^{-1}$ надземної біомаси (B_W).

Річний приріст біомаси (ΔC_G) є добутком середньорічного приросту біомаси (G_{TOTAL}), площі землі, переустаткованої в ліси (A), та частки вуглецю в сухій речовині (CF)

G_{TOTAL} розраховується з використанням річного приросту надземної біомаси (G_W), відношення підземної біомаси до надземної біомаси (R) та таблиць даних за замовчуванням, які наведені нижче.

Таблиця 1.4 – Розрахункові значення біомаси для рівня 1 (значення є приблизними; використовувати тільки для рівня 1) (випокіювання з таблиці 4.12 за даними IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006 [3])

Climate domain	Ecological zone	Above-ground biomass in natural forests (tonnes d.m. ha^{-1})	Above-ground biomass in forest plantations (tonnes d.m. ha^{-1})	Above-ground net biomass growth in natural forests (tonnes d.m. $\text{ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)	Above-ground net biomass growth in forest plantations (tonnes d.m. $\text{ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)
Кліматична сфера	Екологічна зона	Надземна біомаса в природних лісах (тонн с.р. га^{-1})	Надземна біомаса в лісових насадженнях (тонн с.р. га^{-1})	Чистий приріст надземної біомаси в природних лісах (тонн с.р. $\text{га}^{-1} \text{ рік}^{-1}$)	Чистий приріст надземної біомаси лісових насаджень (тонн с.р. $\text{га}^{-1} \text{ рік}^{-1}$)
Temperate	Temperate oceanic forest	180	160	4,4	4,4
	Temperate continental forest	120	100	4,0	4,0
	Temperate mountain systems	100	100	3,0	3,0
Помірний	Помірний океанічний ліс	180	160	4,4	4,4
	Помірно-континентальний ліс	120	100	4,0	4,0
	Помірні гірські системи	100	100	3,0	3,0

Примітка. Довідково: т с.р. – тонни сухої речовини

Для Верхньодніпровського району отримано річний приріст надземної біомаси $G_W = 4,0 \text{ т с.р. га}^{-1} \text{ рік}^{-1}$ (за даними табл. 1.4) [3].

Таблиця 1.5 – Надземна біомаса в лісах (викопіювання з таблиці 4.8 за даними IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006) [3]

Domain	Ecological zone	Continent	Above-ground biomass (tonnes d.m. ha ⁻¹)
Домен	Екологічна зона	Континент	Надземна біомаса (тонн с.р. га ⁻¹)
Temperate	Temperate oceanic forest	Asia, Europe broadleaf (>20 y)	200
		Asia, Europe broadleaf (≤ 20 y)	30
		Asia, Europe coniferous (>20 y)	150-250
		Asia, Europe coniferous (≤ 20 y)	40
		North America	50-300
		New Zealand	150-350
		South America	90-120
		Temperate continental forest and mountain systems	200
	Temperate continental forest and mountain systems	Asia, Europe broadleaf (>20 y)	15
		Asia, Europe broadleaf (≤ 20 y)	150-200
		Asia, Europe coniferous (>20 y)	25-30
		Asia, Europe coniferous (≤ 20 y)	50-300
		North America	90-120
		South America	90-120
Помірний	Помірний океанічний ліс	Азія, Європа широколистяні (>20 років)	200
		Азія, Європа широколистяні (≤ 20 років)	30
		Азія, Європа хвойні (>20 років)	150-250
		Азія, Європа хвойні (≤ 20 років)	40
		Північна Америка	50-300
		Нова Зеландія	150-350
		Південна Америка	90-120
		Помірно континентальні лісові та гірські системи	Азія, Європа широколистяні (>20 років)
	Азія, Європа широколистяні (≤ 20 років)		15
	Азія, Європа хвойні (>20 років)		150-200
	Азія, Європа хвойні (≤ 20 років)		25-30
	Північна Америка		50-300
	Південна Америка		90-120

Примітка.

tonnes d.m. ha⁻¹ – tonnes of dry matter per hectare per year. Тонни с.р. га⁻¹ – тисячі тонн сухої речовини з гектара на рік

Приймаємо для помірно континентального лісу (віком ≤20 років) середнє значення надземної біомаси 30 тонн с.р. га⁻¹ (за даними табл. 1.5) [3].

Таблиця 1.6 – Співвідношення підземної біомаси до надземної (R) (викопіювання з таблиці 4.4 за даними IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006) [3]

Domain	Ecological zone	Above-ground biomass	R [tonne root d.m. (tonne shoot d.m.) ⁻¹]
Домен	Екологічна зона	Надземна біомаса	R [тонна кореня д.м. (тонна пагона д.м.) ⁻¹]
Temperate	Temperate oceanic forest, Temperate continental forest, Temperate mountain systems	conifers above-ground biomass < 50 tonnes ha ⁻¹	0,40 (0,21-1,06)
		conifers above-ground biomass 50-150 tonnes ha ⁻¹	0,29 (0,24-0,50)
		conifers above-ground biomass > 150 tonnes ha ⁻¹	0,20 (0,12-0,49)
		other broadleaf aboveground biomass < 75 tonnes ha ⁻¹	0,46 (0,12-0,93)
		other broadleaf aboveground biomass 75-150 tonnes ha ⁻¹	0,23 (0,13-0,37)
		other broadleaf aboveground biomass > 150 tonnes ha ⁻¹	0,24 (0,17-0,44)
		Помірний	Помірний океанічний ліс, Помірний континентальний ліс, Гірські системи помірного поясу
надземна біомаса хвойних порід 50-150 т/га ⁻¹	0,29 (0,24-0,50)		
надземна біомаса хвойних порід > 150 т/га ⁻¹	0,20 (0,12-0,49)		
інша широколистяна надземна біомаса < 75 т/га ⁻¹	0,46 (0,12-0,93)		
інша широколистяна надземна біомаса 75-150 т/га ⁻¹	0,23 (0,13-0,37)		
інша широколистяна надземна біомаса > 150 т/га ⁻¹	0,24 (0,17-0,44)		

Співвідношення підземної біомаси до надземної $R = 0,40$ т с.р. (тонна с.р.)⁻¹ для надземної біомаси < 50 т га⁻¹ (за даними табл. 1.6, з посилання на табл. 1.5 для надземної біомаси) [3].

Визначаємо середньорічний приріст біомаси (G_{TOTAL}):

$$G_{TOTAL} = G_W \cdot (1 + R) \quad (1.3)$$

де G_W – річний приріст надземної біомаси, $G_W = 4,0$ т с.р. га⁻¹ рік⁻¹ (див. табл. 1.4);

R – співвідношення підземної біомаси до надземної, $R = 0,40$ т с.р. (тонна с.р.)⁻¹ для надземної біомаси < 50 т га⁻¹ (див. табл. 1.6)

$$G_{TOTAL} = 4,0 \text{ т с.р./га}^{-1} \text{ рік}^{-1} \cdot (1 + 0,40) = 5,6 \text{ т с.р./га}^{-1} \text{ рік}^{-1}$$

Визначаємо за табл. 1.7 частку вуглецю в сухій речовині (CF): $CF = 0,47$ т С (т с.р.)⁻¹ [3].

Таблиця 1.7 – Частка вуглецю в надземній біомасі лісу (викопіювання з таблиці 4.3 за даними IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006) [3]

Domain	Part of tree	Carbon fraction, (CF) [tonne C (tonne d.m.) ⁻¹]
Домен	Частина дерева	Частка вуглецю, (CF) [тонна С (тонна сухого залишку) ⁻¹]
Temperate and Boreal	All	0.47 (0.47 - 0.49)
	broad-leaved	0.48 (0.46 - 0.50)
	conifers	0.51 (0.47 - 0.55)
Помірний і бореальний	Всі	0.47 (0.47 - 0.49)
	широколистяні	0.48 (0.46 - 0.50)
	хвойні	0.51 (0.47 - 0.55)

Річний приріст біомаси (ΔC_G) є добутком середньорічного приросту біомаси (G_{TOTAL}), площі землі, переустаткованої в ліси (A), та частки вуглецю в сухій речовині (CF) [3].

$$\Delta C_G = G_{TOTAL} \cdot A \cdot CF, \quad (1.4)$$

$$\Delta C_G = 5,6 \text{ т с.р./га}^{-1} \text{ рік}^{-1} \cdot 14\,200 \text{ га} \cdot 0,47 \text{ т С (т с.р./га)}^{-1} = 37\,374,4 \text{ тонн С рік}^{-1}$$

Втрати біомаси (ΔC_L) є сумою річних втрат внаслідок вилучення деревини ($L_{wood-removals}$), вилучення паливної деревини ($L_{fuelwood}$) та пошкоджень ($L_{disturbance}$).

$$\Delta C_L = L_{wood-removals} + L_{fuelwood} + L_{disturbance} \quad (1.5)$$

Вилучення деревини ($L_{wood-removals}$) розраховується з використанням товарних круглих лісоматеріалів без кори (H), коефіцієнтом розширення перетворення біомаси ($BCEFR$), часткою кори в деревині (BF), відношенням підземної біомаси до надземної біомаси (R), часткою вуглецю в сухій речовині (CF) та вуглецю в сухій речовині (CF) та таблиці за замовчуванням у розділі 4.5 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006 [3].

Таблиця 1.7 – Коефіцієнти перетворення та розширення біомаси за замовчуванням (BCEF), тонни біомаси (м³ об'єму деревини)⁻¹. BCEF для розширення обсягу товарного деревостану до надземної біомаси (BCEF_S), для перетворення чистого річного приросту (BCEF_I) та для перетворення вилучення деревини та паливної деревини у надземну біомасу (BCEF_R) (викопіювання з таблиці 4.5 за даними IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006) [3]

Climatic zone	Forest type	BCEF	Growing stock level (m ³)				
			Обсяг приросту запасів (m ³)				
Кліматична зона	Тип лісу		<20	21-40	41-100	100-200	>200
Temperate	hardwoods	BCEF _S	3.0 (0.8-4.5)	1.7 (0.8-2.6)	1.4 (0.7-1.9)	1.05 (0.6-1.4)	0.8 (0.55-1.1)
		BCEF _I	1.5	1.3	0.9	0.6	0.48
		BCEF _R	3.33	1.89	1.55	1.17	0.89
	pines	BCEF _S	1.8 (0.6 - 2.4)	1.0 (0.65 - 1.5)	0.75 (0.6-1.0)	0.7 (0.4-1.0)	0.7 (0.4-1.0)
		BCEF _I	1.5	0.75	0.6	0.67	0.69
		BCEF _R	2.0	1.11	0.83	0.77	0.77
	other conifers	BCEF _S	3.0 (0.7-4.0)	1.4 (0.5-2.5)	1.0 (0.5-1.4)	0.75 (0.4-1.2)	0.7 (0.35-0.9)
		BCEF _I	1.0	0.83	0.57	0.53	0.60
		BCEF _R	3.33	1.55	1.11	0.83	0.77
Помірний	листяні породи	BCEF _S	3.0 (0.8-4.5)	1.7 (0.8-2.6)	1.4 (0.7-1.9)	1.05 (0.6-1.4)	0.8 (0.55-1.1)
		BCEF _I	1.5	1.3	0.9	0.6	0.48
		BCEF _R	3.33	1.89	1.55	1.17	0.89
	сосни	BCEF _S	1.8 (0.6 - 2.4)	1.0 (0.65 - 1.5)	0.75 (0.6-1.0)	0.7 (0.4-1.0)	0.7 (0.4-1.0)
		BCEF _I	1.5	0.75	0.6	0.67	0.69
		BCEF _R	2.0	1.11	0.83	0.77	0.77
	інші хвойні	BCEF _S	3.0 (0.7-4.0)	1.4 (0.5-2.5)	1.0 (0.5-1.4)	0.75 (0.4-1.2)	0.7 (0.35-0.9)
		BCEF _I	1.0	0.83	0.57	0.53	0.60
		BCEF _R	3.33	1.55	1.11	0.83	0.77

Коефіцієнт розширення перетворення біомаси BCEF_R = 2,0 т с.р.м./м³ (див. табл. 1.7, з посиланням на об'єм деревостану 10 м³ га⁻¹).

За замовчуванням Default BEF = 0,1 т с.р. (тонна с.р.)⁻¹ [3].

Співвідношення підземної біомаси до надземної R = 0,40 т с.р. (т с.р.)⁻¹ для надземної біомаси <50 т га⁻¹ (див. попередні визначення, табл. 1.6, з посилання на табл. 1.5 для надземної біомаси) [3].

Частка вуглецю в сухій речовині CF = 0,47 т С (т с.р.)⁻¹ (див. попередні визначення, див. табл. 1.7) [3].

Під час рубок догляду було вилучено 100 м³/рік⁻¹ товарної круглої деревини над корою (H) (див. вихідні дані).

Визначаємо вилучення деревини (L_{wood-removals}):

$$L_{\text{wood-removals}} = H \cdot \text{BCEF}_R (1 + R + \text{Default BEF}) \cdot \text{CF} \quad (1.6)$$

$$L_{\text{wood-removals}} = 100 \text{ м}^3 \text{ рік}^{-1} \cdot 2 \text{ т с.р.м. м}^{-3} (1 + 0,40 + 0,1) \cdot 0,47 \text{ т С (т с.р.м.)}^{-1} \\ = 141 \text{ тонна С рік}^{-1}$$

Вилучення паливної деревини (L_{fuelwood}) розраховується з урахуванням вилучення деревини як цілих дерев (FG_{trees}), коефіцієнту розширення перетворення біомаси ($BCEFR$), відношення підземної біомаси до надземної біомаси (R), частки вуглецю в сухій речовині (CF) та таблиць за замовчуванням у розділі 4.5 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006 [3].

Для Верхньодніпровського району отримано за попередніми розрахунками:

- коефіцієнт розширення перетворення біомаси $BCEFR = 2,0$ т с.р.м./м³ (див. табл. 1.3, з посиланням на об'єм деревостану 10 м³ га⁻¹);
- співвідношення підземної біомаси до надземної $R = 0,40$ т с.р. (тонна с.р.)⁻¹ для надземної біомаси <50 т га⁻¹ (див. табл. 1.6, з посилання на табл. 1.5 для надземної біомаси);
- частка вуглецю в сухій речовині $CF = 0,47$ т С (т с.р.)⁻¹ (див. табл. 1.7).
- вилучення цілих дерев як паливну деревину $FG_{\text{trees}} = 50$ м³/рік⁻¹ (див. вихідні дані)

Визначаємо вилучення паливної деревини (L_{fuelwood})

$$L_{\text{fuelwood}} = (FG_{\text{trees}} \cdot BCEFR \cdot (1 + R)) \cdot CF \quad (1.7)$$

$$L_{\text{fuelwood}} = 50 \text{ м}^3 \text{ рік}^{-1} \cdot 2,0 \text{ т с.р.м}^{-3} (1 + 0,40) \cdot 0,47 \text{ т С (т с.р.м)}^{-1} = 65,80 \text{ т С рік}^{-1}$$

Щорічні втрати вуглецю в біомасі через порушення ($L_{\text{disturbance}}$) розраховуються з урахуванням площі порушень ($A_{\text{disturbance}}$), середньої надземної біомаси, що зазнала впливу (B_W), відношення підземної біомаси до надземної біомаси (R), частки вуглецю в сухій речовині (CF), частки біомаси, втраченої внаслідок порушення (fd), та таблиці за замовчуванням у розділі 4.5 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 [3].

Для Верхньодніпровського району за попередніми визначеннями отримано:

- частка біомаси, втраченої внаслідок порушення $fd = 0,3$ (прийнято за замовчуванням, у разі наявних даних досліджень значення уточнюється);
- площа порушення життєдіяльності комах ($A_{\text{disturbance}}$) становить 1 га за 2023 рік, що призводить до пошкодження 1,0 т с.р. га⁻¹ надземної біомаси (B_W) (див. вихідні дані, за умовою задачі прийняті дані за Global Forest Watch) [13];
- співвідношення підземної біомаси до надземної $R = 0,40$ т с.р. (тонна с.р.)⁻¹ для надземної біомаси <50 т га⁻¹ див. табл. 1.6, з посилання на табл. 1.5 для надземної біомаси) [3];

- частка вуглецю в сухій речовині $CF = 0,47 \text{ т С (т с.р.)}^{-1}$ (див. попередні визначення, див. табл. 1.7) [3].

Визначаємо щорічні втрати вуглецю в біомасі через порушення ($L_{\text{disturbance}}$):

$$L_{\text{disturbance}} = A_{\text{disturbance}} \cdot B_W \cdot (1 + R) \cdot CF \cdot fd \quad (1.8)$$

$$L_{\text{disturbance}} = 1 \text{ га рік}^{-1} \cdot 1,0 \text{ т с.р./га}^{-1} (1 + 0,40) \cdot 0,47 \text{ т С (т с.р./га)}^{-1} \cdot 0,3 = 0,20 \text{ т С рік}^{-1}$$

Визначаємо щорічне зменшення запасів вуглецю внаслідок втрат біомаси (ΔC_L):

$$\Delta C_L = L_{\text{wood-removals}} + L_{\text{fuelwood}} + L_{\text{disturbance}} \quad (1.9)$$

$$\Delta C_L = 141,00 \text{ т С рік}^{-1} + 65,80 \text{ т С рік}^{-1} + 0,20 \text{ т С рік}^{-1} = 207,00 \text{ т С рік}^{-1}$$

Визначаємо річну зміну запасів вуглецю в біомасі (ΔC_B), використовуючи рівняння (1.2) [3]:

$$\Delta C_B = (\Delta C_G - \Delta C_L),$$

$$\Delta C_B = 37\,374,4 \text{ т С рік}^{-1} - 207,00 \text{ т С рік}^{-1} = 37\,167,40 \text{ т С рік}^{-1}$$

Висновок. Річна зміна запасів вуглецю в біомасі для Верхньодніпровського району склала $\Delta C_B = 37\,167,40 \text{ т С рік}^{-1}$.

1.4 Завдання

Ознайомтесь з можливостями веб-сайту Global Forest Watch, сформууйте відповідний аналітичний звіт для досліджуваного району за варіантом (табл. 1.8), а за отриманими даними визначить річну зміну запасів вуглецю в біомасі для досліджуваного району (див. приклад в п. 1.3). Зверніть увагу, що територіальний розподіл на онлайн карті Global Forest Watch [13] не відображається коректно до адміністративних границь. За бажанням здобувач вищої освіти може обрати інший район для досліджень на карті Global Forest Watch, але за умови обов'язкового узгодження з викладачем.

Аналіз відомостей щонайменше повинен містити:

- загальні відомості за досліджуваним районом: загальна кількість покриву та втрати деревного покриву за останній рік, а також відповідне активне ел. посилання на них (див. рис. 1.5);
- стан деревного покриву досліджуваного району (див. рис. 1.9);
- втрата деревного покриву в межах досліджуваного району із відображенням на графіку даних про втрати за останній рік (див. рис. 1.8);

- результати аналізу даних про вплив рослинного покриву на кліматичні умови у вигляді графічного матеріалу (див. рис. 1.13 (а, б), рис. 1.14) та відповідного активного ел. посилання на них (див. рис. 1.16), а також цифрові дані у вигляді файлу типу Excel (див. рис. 1.17);

Отримані дані за допомогою аналізу веб-сайту Global Forest Watch використайте для подальшого визначення річної зміни запасів вуглецю в біомасі для досліджуваного району, а саме:

- площа землі, переустаткованої в ліси (A), га. В наведеному прикладі (див. п. 1.3) для Верхньодніпровського району – $A = 14,2 \cdot 10^3$ га, прийнята за даними Global Forest Watch (див. рис. 1.5);

- площа порушення життєдіяльності комах ($A_{\text{disturbance}}$), га. В наведеному прикладі (див. п. 1.3) для Верхньодніпровського району – $A_{\text{disturbance}} = 1$ га/рік (прийнято в розмірі втрат деревного покриву у Верхньодніпровському районі за даними Global Forest Watch, див. рис. 1.8).

Всі інші дані, окрім вище наведених двох позицій (A та $A_{\text{disturbance}}$), приймаються як в прикладі розрахунку, наведеному в п. 1.3.

Прийняті площі (A та $A_{\text{disturbance}}$) не є повним співпадінням потрібних даних, але допомагають ознайомитись з розрахунковою частиною інвентаризації ПГ згідно до Керівних принципів [3].

Таблиця 1.8 – Вихідні дані за варіантами для роботи з онлайн картою Global Forest Watch

№ варіанту	Район на карті Global Forest Watch*
0	Верхньодніпровський район Дніпропетровської області
1	Апостолівський район Дніпропетровської області
2	Кам'янський район Дніпропетровської області (раніше Дніпродзержинський район)
3	Дніпровський район Дніпропетровської області
4	Криничанський район Дніпропетровської області
5	Криворізький район Дніпропетровської області
6	Магдалинівський район Дніпропетровської області
7	Марганецький район Дніпропетровської області
8	Нікопольський район Дніпропетровської області
9	Павлоградський район Дніпропетровської області
10	Петриківський район Дніпропетровської області
11	Широківський район Дніпропетровської області
12	Софіївський район Дніпропетровської області
13	Синельниківський район Дніпропетровської області
14	Томаківський район Дніпропетровської області
15	Царичанський район Дніпропетровської області
16	Жовтоводський район Дніпропетровської області
17	Кременчуцький район Полтавської області
18	Полтавський район Полтавської області
19	Запорізький район Запорізької області
20	Житомирський район Житомирської області
21	Дрогобицький район Львівської області
22	Старосамбірський район Львівської області
23	Рівненський район Рівненської області
24	Острозький район Рівненської області
25	Чернігівський район Чернігівської області

Примітка. «*» Територіальний розподіл на онлайн карті Global Forest Watch не відображається коректно до адміністративних меж [13].

Питання для самоперевірки

1. Які можливості аналітичного огляду територій надає інтерактивна карта Global Forest Watch?
2. Які відомості містить онлайн ресурс Global Carbon Atlas?
3. Які відомості містить онлайн ресурс Global Carbon Budget?
4. За якими секторами ведеться облік парникових газів згідно з Керівними принципами для національних інвентаризацій парникових газів Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК)?
5. Кому підпорядковується Національний центр обліку викидів парникових газів України?
6. Перелічить парникові гази прямої дії та непрямой дії.
7. Коли Україна підписала та ратифікувала Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату (РКЗК ООН)?
8. Які саме забруднюючі речовини та за якими секторами обліковуються у національних кадастрах антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами всіх парникових газів, що не регулюються Монреальським протоколом?

Перелік рекомендованих джерел

1. A global dataset of CO₂ emissions and related ancillary data. Global Carbon Atlas : Web site. URL: <https://globalcarbonatlas.org/emissions/city-emissions/city-emissions-dataviz/> (дата звернення: 14.08.2024).
2. GCB 2024. Global Carbon Budget : Web site. URL: <https://globalcarbonbudget.org/gcb-2024/> (дата звернення: 14.08.2024).
3. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) : Web site. URL: <https://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html#corr> (дата звернення: 14.08.2024).
4. Методологічна база. Національний центр обліку викидів парникових газів : веб-сайт. URL: <https://nci.org.ua/useful-info/Методологічна-база/> (дата звернення: 14.08.2024).
5. Greenhouse gas emissions. Environment and Climate Change Canada (ECCC) : Web site. URL: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/greenhouse-gas-emissions.html> (дата звернення: 14.08.2024).
6. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990-2021 : Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Kyiv : Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, 2023. 568 с. URL: <https://unfccc.int/documents/628276> ((дата звернення: 14.08.2024).

16. Втрати деревного покриву в Україні за даними Global Forest Watch : відеозапис вебінару. Лісові ініціативи і суспільство (ForestCom) : веб-сайт. URL: https://www.youtube.com/watch?v=-zqG51QW2_M&t=3s (дата звернення: 14.08.2024).

17. Лісові ініціативи і суспільство (ForestCom) : веб-сайт. URL: https://www.youtube.com/@forestcom_ngo (дата звернення: 14.08.2024).



Додаток А

Приклад титульного аркушу комплекту робіт, виконаних здобувачем

**ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля**

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ:

Лабораторна робота № 1 за варіантом № _

**Виконав:
здобувач вищої освіти
групи 183-22-1
Прізвище І.П.**

**Перевірила:
доц. Максимова Н.М.**



Навчально-методичне видання

**Наталія Миколаївна Максимова,
Чеберячко Юрій Іванович**

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ

методичні вказівки до виконання лабораторних робіт

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції