



2026

ПАРНИКОВІ ГАЗИ НА ТОРФОВИЩАХ: МОНІТОРИНГ, ЗВІТНІСТЬ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ



ПАРНИКОВІ ГАЗИ НА ТОРФОВИЩАХ: МОНІТОРИНГ, ЗВІТНІСТЬ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ

Науково-методичні рекомендації
2026

Науково-методичні рекомендації щодо моніторингу, звітності та верифікації для оцінки потоків парникових газів на торфовищах (МЗВТ) та вдосконалення національної звітності за Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату (РКЗК ООН)

Scientific and methodological recommendations for the development of a Monitoring, Reporting and Verification protocol for assessing of GHG fluxes in peatlands and improving national reporting to the UNFCCC

Науково-методичні рекомендації розроблено в межах дослідження, проведеного в межах проекту Програми розвитку ООН «Сприяння сталому тваринництву та збереженню екосистем на півночі України», що реалізується за фінансової підтримки Глобального екологічного фонду (GEF).

Підготовлено за технічної та експертної підтримки Egis in Ukraine

Автори: Світлана Краковська, Ігор Букша, Олесь Волошенюк, Київ, 2026

Редактор: Леся Москаленко

Подяка: Автори науково-методичних рекомендацій та команда проекту висловлюють щирю вдячність рецензентам та учасникам обговорення проблематики моніторингу, звітності та верифікації (МЗВТ) парникових газів з торфовищ — за конструктивні коментарі та зауваження. Особливу подяку за всебічне сприяння у виконанні проекту висловлюємо Дмитру Тодчуку, директору Національного центру обліку викидів парникових газів, та Ігорю Онопчуку, заступнику директора Національного центру обліку викидів парникових газів. Окрему подяку висловлюємо Гаврилюку Володимирі Андрійовичу, в. о. директора Поліської дослідної станції Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. М. Соколовського», за вагомий внесок у підготовку та проведення польового виїзду з вимірювання потоків вуглекислого газу з торфовищ.

Дисклеймер: Думки та висновки, викладені у науково-методичних рекомендаціях належать авторам та не обов'язково відображають погляди Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй чи інших агенцій ООН

Обкладинка: Сфагнові мохи. Фото Freepik

Примітка: всі активні посилання зроблено для електронної версії видання

ПЕРЕДМОВА



АУКЕ ЛОТСМА,

Постійний представник Програми розвитку ООН в Україні

Торфовища відіграють ключову роль у пом'якшенні глобальної зміни клімату, **проте** залишаються одними з найвразливіших екосистем, особливо в країнах, які водночас переживають наслідки війни, економічні виклики та кліматичну трансформацію. Відновлення та належне управління торфовищами є надзвичайно важливими для досягнення як національних так і глобальних кліматичних цілей.

Програма розвитку ООН підтримує Україну у посиленні інституційної спроможності та створенні ефективних систем моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів на торфовищах. Розвиток національної системи МЗВ має ключове значення для виконання Україною своїх зобов'язань у межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Паризької угоди, укладеної в її рамках, а також інших міжнародних природоохоронних угод. Це сприяє підвищенню прозорості кліматичної звітності, зміцненню довіри міжнародних партнерів та залученню «зеленого» фінансування.

Це видання є результатом спільної роботи українських і міжнародних експертів, спрямованої на інтеграцію найкращих європейських практик у національну систему звітності України. Науково-методичні рекомендації поєднують глобальні настанови Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC) із практичним досвідом України, створюючи основу для надійного, сучасного й адаптованого до українських умов інструменту МЗВт.

ПЕРЕДМОВА



ОЛЕКСАНДР КРАСНОЛУЦЬКИЙ,

заступник Міністра економіки, довкілля та сільського господарства України

Новий Регламент ЄС про відновлення природи визначає відновлення деградованих екосистем, зокрема торфовищ, одним із ключових пріоритетів для збереження біорізноманіття та пом'якшення наслідків зміни клімату. Україна, попри війну, продовжує виконувати свої кліматичні зобов'язання, відтак формування системи моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів на торфовищах стає актуальним. Наша держава вже працює над створенням нормативно-правової бази, яка передбачає запровадження інструментів для збереження та захисту торфовищ. Нещодавно по-

становою Кабінету Міністрів України «Про особливості правового режиму використання земель під торфовищами та можливі види їх цільового призначення» запроваджено спеціальний режим використання таких земель. Новий порядок забезпечує врахування довгострокових екологічних і кліматичних цілей держави під час ухвалення рішень щодо використання та охорони торфовищ. Уряд України й надалі сприятиме впровадженню сталих практик землекористування, зменшенню антропогенного тиску на природні екосистеми та посиленню їхньої ролі у пом'якшенні наслідків зміни клімату. У цьому напрямі ПРООН є нашим надійним партнером.

Науково-методичні рекомендації щодо моніторингу, звітності та верифікації для оцінки потоків парникових газів на торфовищах розроблено в межах проекту ПРООН-ГЕФ «Сприяння сталому тваринництву та збереженню екосистем на півночі України» з метою надання фахівцям практичних рекомендацій. Документ узагальнює міжнародний досвід та адаптує його до українських умов. Я переконаний, що ці рекомендації стануть надійною методичною основою для фахівців, які працюють у цій сфері, а також сприятимуть глибшому розумінню ролі торфовищ у реалізації кліматичної політики та впровадженні сталих практик землекористування.



ДМИТРО ТОДЧУК,

директор Національного центру обліку викидів парникових газів

Науково-методичні рекомендації щодо моніторингу, звітності та верифікації потоків парникових газів на торфовищах України є документом, що визначає методологічні засади вдосконалення обліку викидів і поглинання парникових газів на органічних ґрунтах відповідно до рекомендацій Міжурядової групи експертів зі зміни клімату та вимог Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. У методології викладено підходи до класифікації торфовищ, застосування прямих і непрямих методів оцінки потоків парникових газів, а також використання геоінформаційних систем і даних дистанційного зондування Землі. Впровадження цих підхо-

дів сприятиме підвищенню точності національної інвентаризації парникових газів, розвитку системи моніторингу органічних ґрунтів та ухваленню обґрунтованих рішень щодо збереження і відновлення торфовищ як важливих природних резервуарів вуглецю.

ПРО АВТОРІВ

КРАКОВСЬКА СВІТЛАНА ВОЛОДИМИРІВНА,

к.ф.-м.н., старша наукова співробітниця, завідувачка лабораторії прикладної кліматології Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України.

У 2025 році увійшла до складу Національної академії наук США і до групи з 30 незалежних експертів Діалогу науки та політики (SPI) Конвенції ООН з боротьби з опустелюванням (UNCCD), з 2024 року входить до Експертної групи з питань нульових викидів при ООН (HLEG). З 2013 року виконує обов'язки заступниці національного координатора IPCC в Україні. У 6-му циклі IPCC була редактором-рецензентом Спеціального звіту про глобальне потепління на 1,5 °C, співавтором Резюме для політиків та провідним автором Технічного резюме, розділу Атлас та Інтерактивного атласу IPCC WGI AR6. Нагороджена Орденом княгині Ольги III ступеня за внесок у наукову діяльність в Антарктиді. Має понад 30 років досвіду і понад 150 публікацій з метеорології, кліматології, зокрема запобігання, вразливості, ризиків та адаптації до зміни клімату в усіх секторах економіки, в Україні, а також на регіональному та глобальному рівнях.

БУКША ІГОР ФЕДОРОВИЧ,

к. с.-г. н., с. н. с., зав. відділом інвентаризації лісів, моніторингу, сертифікації та лісовпорядкування УкрНДІЛГА, член-кор. Лісівничої академії наук України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки. Член робочої групи експертів з питань адаптації до зміни клімату загальноєвропейського процесу «Forest Europe», національний координатор програми моніторингу лісів UNECE ICP Forests, член європейської мережі Національних інвентаризацій лісів (ENFIN).

Автор близько 300 публікацій з питань впливу зміни клімату на ліси, динаміки вуглецю, сталого лісоуправління, сертифікації, передових технологій моніторингу та інвентаризації лісів, оцінки біорізноманіття та екосистемних послуг, моделювання та прогнозування динаміки лісових ресурсів при різних сценаріях зміни клімату та різних стратегіях лісоуправління.

ВОЛОШЕНЮК ОЛЕСЯ ПЕТРІВНА,

к. с.-г. н., старша наукова співробітниця відділу агрохімії імені академіка НААН Б.С. Носка у ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського».

Під егідою FAO працювала над розробкою «Протоколу вимірювання, моніторингу, звітності та верифікації органічного вуглецю ґрунтів в агроландшафтах» ("A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes", Rome, 2020). Разом з колективом відділу бере участь у виконанні проєкту «Майбутнє управління сільськогосподарськими ресурсами та водні інновації для сталої Європи» ("Future Agricultural Resource Management and Water Innovations for a Sustainable Europe") у рамках програми «ГО-РИЗОНТ-Європа» (2024–2026 pp.). Має понад 50 публікацій на тему вуглецю в ґрунтах.

ЗМІСТ

Передмова	
Про авторів	
Перелік скорочень.....	6
Вступ	7
1. Класифікація торфовищ	
для потреб МЗВт	12
1.1 Критерії визначення торфовища	12
1.2 Класифікація торфовищ	12
1.2.1 За джерелом живлення водою.....	13
1.2.2 За походженням і процесом	
формування.....	13
1.2.3 За ступенем розкладення	
(гуміфікація / ступінь розкладання).....	13
1.2.4 За домінують рослинністю	13
1.2.5 За морфологічною формою.....	14
1.2.6 За типом землекористування.....	14
1.2.7 За гідрологічним станом	14
1.3 Основні джерела та механізми	
викидів ПГ з торфовищ	14
1.4 Основні категорії землекористування	
на торфовищах відповідно	
до вимог МЗВ.....	15
1.5 Просторові дані та інформаційні	
джерела для МЗВт в Україні	16
2. Методологічна база обліку	
викидів ПГ з торфовищ	18
2.1 Принципи оцінки викидів	
ПГ з торфовищ	18
2.2 Рамкові вимоги РКЗК ООН	18
2.3 Вибір методів для Рівнів (Tier) 1–3	
та відповідних коефіцієнтів	19
2.4 Облік CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O та інших	
компонентів.....	19
2.5 Стандарти точності, верифікації	
та невизначеності.....	19
3. Непрямі методи оцінки викидів	
ПГ з торфовищ	20
3.1 Загальна характеристика	
непрямих методів.....	20
3.2 Картографування та дистанційне	
зондування Землі.....	20
3.3 Оцінка стану торфовищ	
за методом GEST.....	22
3.4 Інтеграція геоінформаційних	
систем (ГІС) та моделей	29
4. Прямі методи вимірювання викидів	
парникових газів із торфовищ	31
4.1. Загальна характеристика	
прямих методів.....	31
4.2 Камери для вимірювання потоків	
парникових газів	32
4.3. Метод турбулентної коваріації	
(флюкс-тауери).....	33
4.4 Лабораторні методи аналізу зразків	
грунту, води й газів.....	34
4.5 Автоматизовані системи	
моніторингу потоків.....	34
4.6 Калориметричні методи та	
мікрометеорологічні спостереження ...	35
4.7 Рекомендації щодо організації польових	
спостережень прямих вимірів	
парникових газів на торфовищах.....	36
5. Основні вимоги до організації	
МЗВ для торфовищ	38
5.1 Основні елементи протоколу	
моніторингу ПГ у торфовищах	38
5.2 Звітність.....	41
5.2.1. Сфера звітності.....	41
5.2.2. Збір і зберігання даних	41
5.2.3. Забезпечення контролю	
якості даних (QA/QC)	42
5.3. Верифікація	43
5.3.1. Внутрішні аудити QA/QC	43
5.3.2. Верифікація третьою стороною ...	43
5.4. Запобіжні дії для забезпечення	
цілісності, надійності та	
безперервності процесу МЗВт	43
6. Інтеграція МЗВт ПГ з національною	
та міжнародною звітністю	46
6.1 Розбудова національної звітності	46
6.1.1. Законодавча рамка та	
методологія створення	
протоколу МЗВ для торфовищ	47
6.1.2. Гармонізація з міжнародними	
стандартами, очікувані результати	
і виклики впровадження.....	49
6.2 Глобальні та європейські вимоги щодо	
МЗВ парникових газів з торфовищ	50
6.3 Синергія міжнародних	
та національних вимог.....	51
7. Ключові проблеми впровадження МЗВ	
для торфовищ та рекомендації щодо	
адаптації до національних умов	53
7.1 Ключові проблеми впровадження	
МЗВт	53
7.2 Рекомендації щодо адаптації	
системи МЗВ для торфовищ	
до національних умов.....	53
Заключні рекомендації	55
Перелік посилань	58
Додаток А.....	62
Додаток В.....	67
Додаток С	68

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БПЛА	Безпілотний літальний апарат
ГІС	Геоінформаційна система
ДЗЗ	Дистанційне зондування Землі
ДСТУ	Державний стандарт України
ЄС	Європейський Союз
ЗЗЛГ	Землекористування, зміни у землекористуванні та лісове господарство
МГЕЗК	Міжурядова група експертів зі зміни клімату
МЗВ	Моніторинг, звітність, верифікація
МЗВт	Моніторинг, звітність, верифікація на торфовищах
НВВ	Національно визначений внесок
ПГ	Парниковий газ
ПГА	Портативний газоаналізатор
РКЗК ООН	Рамкова конвенція ООН зі зміни клімату
РГВ	Рівень ґрунтових вод
РШК	Репрезентативний шлях концентрацій
ЦМР	Цифрові моделі рельєфу
BMEL	The Federal Ministry of Agriculture, Food and Regional Identity (Germany)
Ca	Кальцій/Calcium
CO	Монооксид вуглецю/Carbon monoxide
CO₂	Діоксид вуглецю/Carbon dioxide
CH₄	Метан/Methane
EU ETS	European Union Emissions Trading System
FAO	Food and Agriculture Organization
GEST	Greenhouse Gas Emission Site Types
GHG	GreenHouse Gas
GPS	Global Positioning System
GWP	Global Warming Potential
ICOS	Integrated Carbon Observation System
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LiDAR	Light Detection and Ranging
LULUCF	Land-Use, Land-Use Change, and Forestry
Mg	Магній/Magnesium
MRV	Monitoring, Reporting and Verification
NDC	Nationally Determined Contribution
N₂O	Закис азоту/Nitrous oxide
QA/QC	Quality Assurance / Quality Control
SBSTA	Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice
UNDP	United Nations Development Programme
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nation Framework Convention on Climate Change
VCS	Verified Carbon Standard
WRB	World Reference Base
WSN	Wireless Sensor Networks

ВСТУП

Торфовища — це унікальні водно-болотні екосистеми з товстим (>30-40 см) шаром ґрунту органічного походження над мінеральним субстратом. Вони належать до найбільш вуглецевоємних природних систем і відіграють ключову роль у глобальному зберіганні вуглецю та регулюванні потоків парникових газів (ПГ). Хоча торфовища займають лише близько 3-4% поверхні суходолу¹, в них накопичено приблизно третину світового ґрунтового вуглецю — це вдвічі більше, ніж у лісах планети. У природному стані ці екосистеми виступають потужними поглиначами вуглецю, акумулюючи його протягом тисячоліть. Однак їхня деградація внаслідок осушення, сільськогосподарського освоєння, лісомеліорації чи видобутку торфу змінює цей баланс, перетворюючи торфовища на джерела викидів ПГ, а саме вуглекислого газу (CO₂), метану (CH₄) та закису азоту (N₂O). Нині близько 12% торфовищ у світі є деградованими, що спричиняє приблизно 4% щорічних глобальних антропогенних викидів ПГ, і навіть невеликі зміни в запасах вуглецю водно-болотних угідь можуть інтенсифікувати глобальну зміну клімату². Тому збереження вуглецю в торфовищах є надзвичайно важливим для досягнення глобальних кліматичних цілей.

У Європі торфовища займають близько 59 мільйонів гектарів. Вони розподілені нерівномірно — зосереджені переважно в північних низовинах, гірських районах та прибережних зонах, а в степових і широколистяних лісових регіонах трапляються рідше. Європа зазнала найбільшого скорочення площі торфовищ у відсотковому вимірі серед усіх континентів, тому їхня початкова протяжність була значно більшою. Україна входить до десятки країн із найбільшою площею торфовищ в Європі (складає 2%) і за даними національних кадастрів становить понад 1 млн га із найбільшою концентрацією в зоні Полісся¹.

Масштабне економічне використання торфовищ, пов'язане з осушенням, розпочалося в Європі, включно з Україною, понад тисячу років тому й досі включає широкий спектр цілей — від виробництва продуктів харчування, кормів, деревини та енергії до видобутку торфу. Історично великі площі торфовищ були перетворені на будівельні ділянки, кар'єри або фрагментовані транспортною інфраструктурою.

Наразі 46% європейських торфовищ є деградованими, а в країнах ЄС цей показник сягає 50%, що становить близько 12 млн га, при цьому понад 80% площ торфовищ були осушені у таких країнах, як Німеччина, Нідерланди, Данія, Польща та Ірландія. Це робить Європу другим за масштабами поточних викидів парникових газів із осушених торфовищ (наприклад, близько 600 млн тонн CO₂-еквіваленту на рік) та найбільшим історичним джерелом таких викидів у накопиченому вимірі¹.

Основною причиною осушення торфовищ залишається сільське господарство. При цьому проблеми, пов'язані з управлінням торфовищами, досі не мають належного відображення в земельній та кліматичній політиці. Осушення та утримання торфовищ для потреб сільського господарства, лісівництва та енергетики все ще субсидуються в багатьох країнах. Крім того, стала практика управління торфовищами недостатньо підтримується аграрною політикою ЄС та національними сільськогосподарськими програмами, включно з агроекологічними схемами¹. Натомість спостерігається штучне підвищення конкурентоспроможності видів використання, пов'язаних з осушенням.

У багатьох країнах Європи використання торфу як місцевого палива, субстрату чи середовища для вирощування рослин досі вважається звичною практикою, однак, осу-

1 UNEP (2022). Global Peatlands Assessment – The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Main Report. Global Peatlands Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi. <https://www.unep.org/resources/global-peatlands-assessment-2022>

2 Zhang Y., Zhang X., Fang W. et al. Carbon sequestration potential of wetlands and regulating strategies response to climate change. Environmental Research. Volume 269. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.120890>

шення торфовищ також становить значну екологічну проблему для Європи. І хоча осушені торфовища складають лише 3% сільськогосподарських угідь у Європейському Союзі, на них припадає майже 25% загальних викидів ПГ від сільського господарства¹. Більше того, осушені торфовища, що використовуються в сільському господарстві, є значними джерелами нітратів (через мінералізацію торфу), що серйозно впливає на якість ґрунтових і поверхневих вод, запаси питної води та біорізноманіття. За оцінками Глобальної ініціативи з торфовищ (Global Peatlands Initiative – GPI)³ в Україні частка осушених торфовищ складає майже 60%.

Разом із тим, за даними Національного кадастру викидів ПГ (NID, 2025)⁴ з 1990 до 2023 року в Україні площа торфовищ для видобутку торфу значно знизилася. При цьому виробництво неагломерованого торфу для використання в сільському господарстві для неенергетичних цілей скоротилося майже в тисячу разів (див. табл. 6.20 в NID, 2025). Відповідно за цей період скоротилися викиди ПГ майже у 100 разів до рівня 0,13 Мт CO₂-екв. у 2023 році проти 12,27 Мт CO₂-екв у 1990 році, коли значну частку викидів ПГ у категорії водно-болотних угідь становили викиди від неенергетичного видобутку торфу.

Науково-методичні рекомендації з Моніторингу, Звітності та Верифікації для оцінки потоків ПГ (Рекомендації) для торфовищ (МЗВт/MRVp) є важливим етапом і однією з ключових умов для підготовки належної національної інвентаризації ПГ у секторі землекористування, змін землекористування та лісового господарства (LULUCF). У сучасних умовах, коли країна одночасно проходить через етап вимушеної відбудови і відновлення, адаптації до зміни клімату та трансформації сільського господарства і реформування лісової галузі, актуальність створення прозорої та надійної системи МЗВт зростає. Це особливо важливо з огляду на зобов'язання

України в межах Паризької угоди, потреби в “зеленому” фінансуванні та впровадження природоорієнтованих рішень. Практична реалізація цих завдань потребує наявності національної інституційної спроможності для збору, обробки та верифікації даних про викиди ПГ з торфовищ. Узагальнений перелік рекомендованих постачальників таких даних наведено в Додатку А.

Окремо варто відзначити співпрацю України з міжнародними організаціями у цьому напрямі. Хоча Україна не є формальним учасником Глобальної ініціативи з торфовищ (GPI), вона активно долучається до обговорень, досліджень і пілотних практик. Зокрема, у партнерстві з Фондом Міхаеля Зуккова та ПРООН були розроблені рекомендації щодо впровадження палюдикультури⁵ — інноваційного підходу до господарювання на зволжених землях без осушення. Крім того, у 2024 році в межах кампанії «Рік кліматичного діалогу» увагу держави і Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України було зосереджено на ролі природних екосистем, включаючи торфовища, у кліматичній політиці. Водночас для масштабування пілотних підходів на національний рівень необхідна системна координація з національними науковими, виробничими та державними інституціями, перелік яких подано в Додатку А.

Метою цих Рекомендацій є надання чітких процедурних та методологічних інструкцій щодо моніторингу, звітності та верифікації викидів ПГ із деградованих, осушених або потенційно відновлюваних торфовищ в Україні. Документ базується на настановах Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), міжнародному досвіді впровадження МЗВт та адаптований до українських умов. Реалізація запропонованих процедур передбачає залучення мережі профільних установ — постачальників первинних даних, операторів польових спосте-

3 Global Peatlands Initiative. (2024, 16 вересня). *Європейські торфовища*. <https://globalpeatlands.org/story-maps/european-peatlands>

4 UKRAINE'S GREENHOUSE GAS INVENTORY 1990-2023. Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol (NID), 2025. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. <https://unfccc.int/documents/646259>

5 Програма розвитку ООН в Україні. (n.d.). Сприяння сталому тваринництву та збереженню екосистем на півночі України. <https://www.undp.org/uk/ukraine/projects/spryannya-stalomu-tvarynnystvu-ta-zberezhennyu-ekosystem-na-pivnochi-ukrayiny>

режень і власників просторової інформації (див. Додаток А).

Проведений аналіз існуючих підходів до МЗВт, зокрема тих, що рекомендовані у Керівних принципах Робочої групи з Національних кадастрів МГЕЗК⁶ включно з Доповненням 2013 року про водно-болотні угіддя⁷ та Оновленням 2019 року⁸, досвіду декількох європейських країн та поточного стану оцінки звітності України до Рамкової Конвенції ООН зі Зміни Клімату (РКЗК ООН) щодо торфовищ, найбільш доцільним буде використати саме досвід країн Балтії, природні умови яких наближені до поліської частини України, де переважно й розташовані торфовища. Більше того, саме в цих країнах нещодавно було розроблено Керівництво з оцінки викидів парникових газів з торфовищ⁹, в якому надано приклади розрахунків для різних типів торфовищ, які зустрічаються в Естонії, Латвії, Литві, Польщі та Німеччині. Це Керівництво

було розроблено в межах проєкту *LIFE Peat Restore*¹⁰. Саме тому цей документ і пропонується взяти за основу для розробки комплексної методології МЗВ, яка має забезпечити чіткі протоколи для моніторингу, звітності та верифікації викидів і поглинання ПГ на торфовищах. Для адаптації цього досвіду до українських умов необхідно спиратися на наявну національну інфраструктуру збору та обробки даних (Додаток А).

Розроблення та використання методології МЗВт на основі цієї концепції дозволить зацікавленим та відповідальним сторонам в Україні приймати обґрунтовані рішення щодо захисту та відновлення торфовищ. Це сприятиме глобальним зусиллям із пом'якшення наслідків зміни клімату і досягненню кліматичних цілей, гарантуватиме точність даних, їх прозорість і достовірність, а також стане наступним кроком у вдосконаленні національної звітності України до РКЗК ООН.

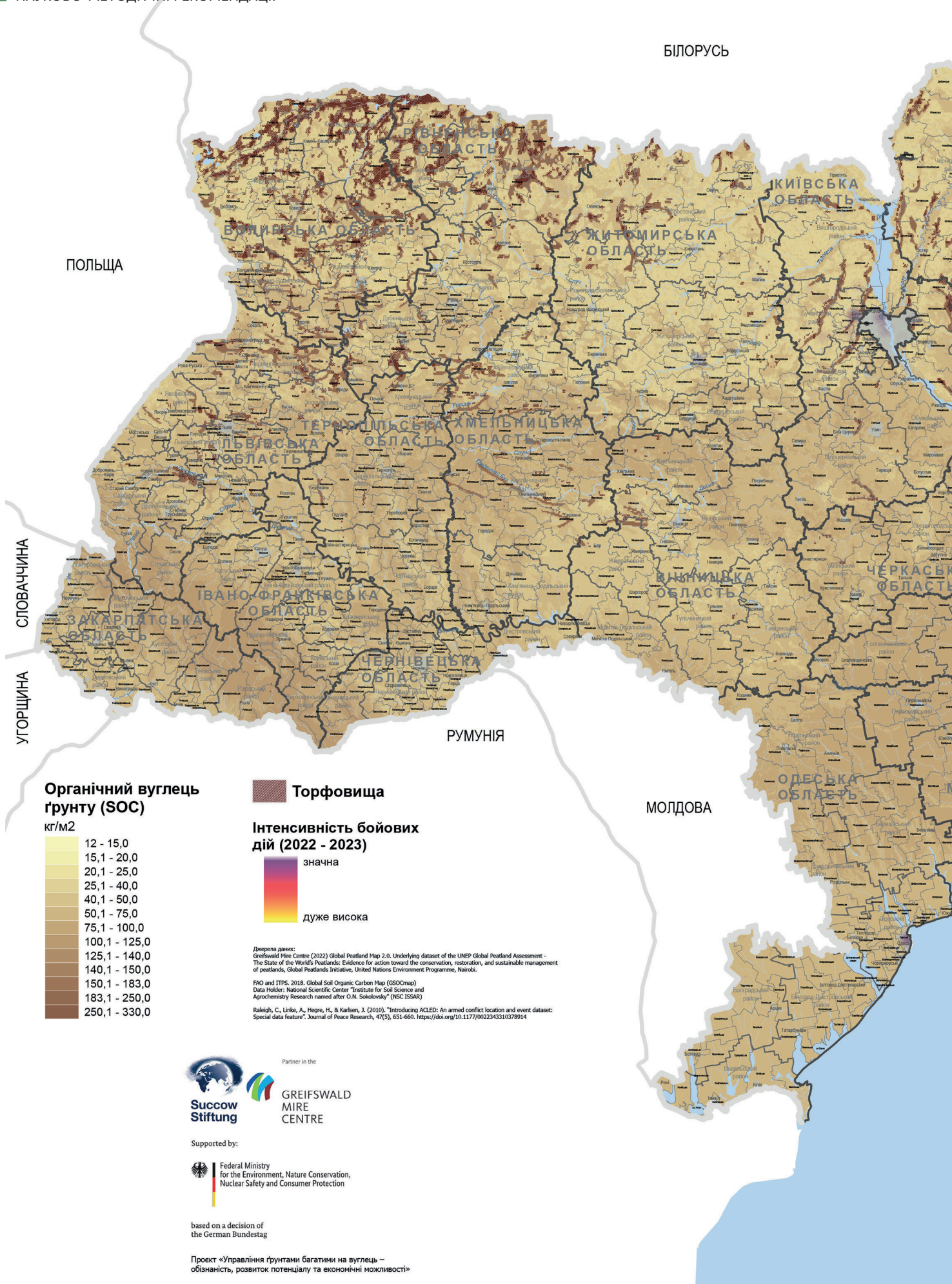
6 IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

7 IPCC (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>

8 IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>

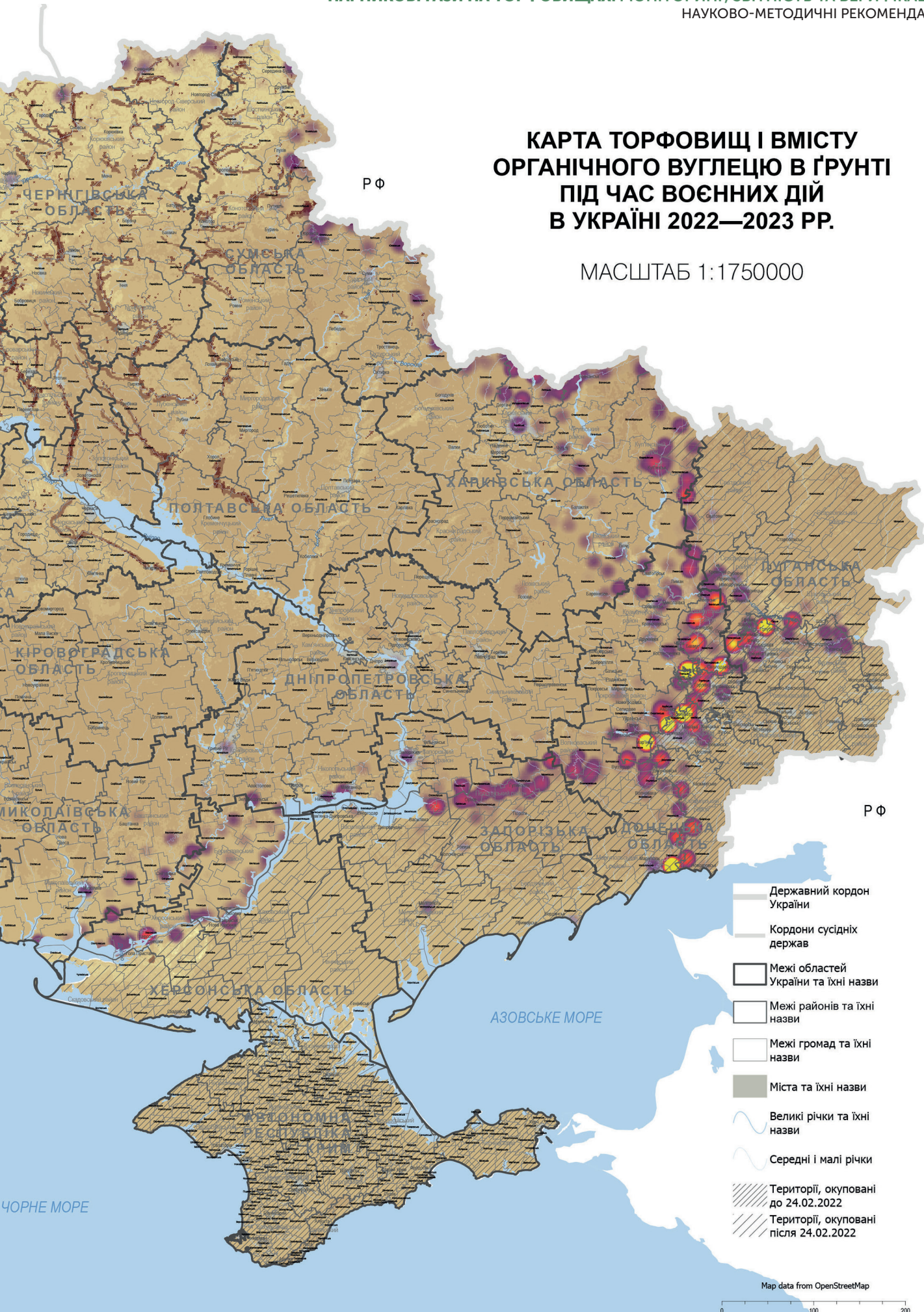
9 Jarašius L. et al. 2022. Handbook for assessment of greenhouse gas emissions from peatlands. Applications of direct and indirect methods by LIFE Peat Restore. Lithuanian Fund for Nature, Vilnius, 201 p. <https://globalpeatlands.org/node/16>

10 LIFE Peat Restore Project. (n.d.). Пом'якшення наслідків зміни клімату шляхом зволоження торфовищ. <https://life-peat-restore.eu/en/>



КАРТА ТОРФОВИЩ І ВМІСТУ ОРГАНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ В ҐРУНТІ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ 2022—2023 РР.

МАСШТАБ 1:1750000



1. КЛАСИФІКАЦІЯ ТОРФОВИЩ ДЛЯ ПОТРЕБ МЗВТ

Одним із ключових кроків у процесі моніторингу, звітності та верифікації викидів ПГ з торфовищ є їх належна ідентифікація, класифікація та просторове розмежування. Оскільки викиди ПГ з торфовищ значною мірою залежать від гідрологічного стану, типу землекористування та історії деградації, точне визначення категорій торфовищ має

вирішальне значення для вибору відповідного методологічного підходу, застосування емісійних факторів та коректного відображення джерел у національній звітності. Цей розділ описує підходи до класифікації торфовищ, рекомендовані МГЕЗК, адаптовані до українського контексту, та надає рамки для подальшої оцінки викидів.

1.1 КРИТЕРІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ТОРФОВИЩА

У контексті МЗВТ викидів парникових газів точне визначення торфовища має ключове значення для відбору методів оцінки, емісійних факторів і просторового картування.

Торфовища — це тип водно-болотних екосистем, що характеризуються переважно водонасиченим середовищем та накопиченням органічної речовини у вигляді торфу. Згідно з методологією МГЕЗК для потреб МЗВ торфовищем вважається територія з органічними ґрунтами, де товщина шару органічної речовини (торфу) перевищує 40 см (у тропіках — 60 см), а вміст органічного вуглецю становить понад 12% маси сухої речовини⁷.

У ґрунтовій класифікації **FAO/WRB (2022)** такі ґрунти класифікуються як **Histosols**, що включають природно заболочені ґрунти з шаром органіки не менше 40 см¹¹.

Рамсарська Конвенція¹² (Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середови-

ще існування водоплавних птахів) визначає торфовища як одну з категорій водно-болотних угідь, які формуються в умовах водного насичення і мають здатність акумулювати мертву органіку (торф), зберігаючи її у водонасиченому анаеробному середовищі.

В Україні, відповідно до **ДСТУ 17.4.3.01–83**, торфовищем вважається ділянка з шаром торфу понад 30 см, утвореним у результаті тривалого процесу заболочування рослинного матеріалу¹³.

Для підготовки національних кадастрів ПГ та звітності в Україні⁴ застосовується визначення торфовища, узгоджене з рекомендаціями МГЕЗК (2013⁷, 2019⁸), що забезпечує сумісність з міжнародними підходами та системами обліку. Рекомендоване визначення також використовується в ЄС та багатьох міжнародних проєктах, зокрема у **LIFE Peat Restore**¹⁰, де зазначено межу 40 см як основу для оцінки статусу органічного ґрунту.

1.2 КЛАСИФІКАЦІЯ ТОРФОВИЩ

Торфовища класифікують насамперед за джерелом живлення водою (ombrotrophic vs minerotrophic), за походженням (paludi-

fication/terrestrialization), за ступенем гуміфікації (fibric–hemic–sapric / von Post) та за домінантною рослинністю. Кожна із цих систем

11 FAO (2022). *World Reference Base for Soil Resources: International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps*. <https://www.fao.org/3/cc4044en/cc4044en.pdf>

12 Ramsar Convention Secretariat (2016). *An Introduction to the Convention on Wetlands*. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/intro_to_ramsar_e.pdf

13 ДСТУ 17.4.3.01–83. *Охорона природи. Ґрунти. Терміни та визначення*. (Архіви ДП "УкрНДНЦ")

дає критичну інформацію для управління, оцінки вуглецевого балансу та відновлення.¹⁴

1.2.1 За джерелом живлення водою

1. Омбротрофні (*ombrotrophic*) — живлення виключно атмосферними водами (дощ, сніг, аерогенні відкладення). Низьке постачання мінеральних нутрієнтів → кислотні, бідні на кальцій системи. Класичний приклад — *raised bog* (з торфовим куполом). **Поширення в Україні:** рідкісні, невеликі ділянки у північному Поліссі, зокрема у Волинській та Рівненській областях (наприклад, Шацький національний парк). *Приклад:* болотний масив “Карасине” (Рівненщина).

2. Минеротрофні (*minerotrophic*) — живлення підґрунтовими або прісними периферичними водами; більше базових катіонів (Ca, Mg) → нейтральні/лужні умови, багата рослинність (осоки, трави, рідше сфагнум). (Поняття *bog* ↔ *fen*). **Поширення:** найпоширеніший тип в Україні, особливо в Поліссі та Лісостепу, а також у заплавах великих річок. *Приклад:* заплави Прип'яті, Десни, Південного Бугу.

3. Перехідні (*mesotrophic, transitional mires*) — мають змішаний тип живлення. **Поширення:** поліські болота перехідного типу, часто на межі між верховими та низинними. *Приклад:* болота у верхів'ях річки Стохід.¹⁵

В українських класифікаціях також виділяють:

- **Болотисті луки** — колишні евтрофні болота, осушені й частково трансформовані.
- **Торфовища з лісовою рослинністю** — вільхові, березові, соснові, які можуть бути як мезо-, так і евтрофними.

1.2.2 За походженням і процесом формування

Палудифікація — процес, коли вологі умови поширюються на родючіші, раніше неводні ділянки (захоплення ґрунту й формування торфу з місцевої рослинності).

Терестріалізація — заповнення водойми органічними рештками (наприклад, заболочування озер), торф виникає внаслідок росту рослин та відкладання в прибережних або водних умовах.

Лімногенні — формуються у берегових і пригирлових зонах водойм.

Аллохтонні — торфові відклади формуються з матеріалу, принесеного з інших місць.¹⁵

1.2.3 За ступенем розкладення (гуміфікація / ступінь розкладання)

Для визначення використовується шкала фон Поста (FAO — «Classifications based on physical characteristics») або її похідні¹⁶:

fibric (слабо розкладений, H1–H3) — високий вміст видимих волокон рослин; легкий, пухкий.

hemic (помірно розкладений, H4–H6) — структури рослин помітно змінені; середня щільність.

sapric (сильно розкладений, H7–H10) — аморфний, без видимих рослинних волокон; висока щільність/мінімум структури.

Ця класифікація має практичне значення для інженерних робіт, оцінки запасів вуглецю й визначення емісій після дренажу.

1.2.4 За домінантною рослинністю

Ця класифікація відображає домінантну торфоутворювальну рослинність.

Сфагнові торфи (*sphagnum peat*) — формуються в кислому, омбротрофному середовищі з високою здатністю до утримання води, повільною мінералізацією.

Рідинниково-осокові торфи (*carex/graminoid peat*) — типові для мінерально-живлених місць (*fens*).

Деревні/торфовий гумус — торфи з великою участю деревних решток.

Рослинна структура визначає фізико-хімічні властивості торфу (щільність, водопроникність, поживність).¹⁷

14 Global Peatlands Assessment: The State of the World's Peatlands. 2022. URL: <https://www.unep.org/resources/global-peatlands-assessment-2022>

15 Biancalani R., Avagyan A. Towards climate-responsible peatlands management. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 2014. 117p.

16 Draft Ramsar Technical Report on Global Guidelines for Peatland Rewetting and Restoration. THE CONVENTION ON WETLANDS 24th Meeting of the Scientific and Technical Review Panel. Virtual meeting. 2021, 54 p.

17 Price J.S., McCarter C.P.R., Quinton W.L. Groundwater in Peat and Peatlands. Published by the Groundwater Project, Guelph, Ontario, Canada, 2023. 108 p.

1.2.5 За морфологічною формою

Raised bog (купольні болота) — підвищені, відносно навколишньої місцевості, живляться тільки опадами.

Blanket bog (покривні болота) — вкривають великі площі незалежно від рельєфу.

Valley bog (долинні болота) — у заплавах річок і долинах.

Slope bog — на схилах із постійним зволоженням.

Coastal bog — у прибережних низинах.¹⁸

1.2.6 За типом землекористування

Для ефективного моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів на торфовищах важливо не лише чітко визначити межі торфовищ, а й класифікувати їх відповідно до типу землекористування та гідрологічного стану. Ці параметри мають безпосередній вплив на рівень і характер викидів парникових газів¹⁹.

1. **Природні або недоторкані торфовища**, що зберігають високий рівень зволоження і функціонують як поглиначі вуглецю.

2. **Осушені або деградовані торфовища**, які використовуються для сільського господарства, лісового господарства, торфовидобутку чи інших економічних цілей, та є джерелами значних викидів CO₂, CH₄ і N₂O.

1.2.7 За гідрологічним станом

Гідрологічний стан торфовища визначається рівнем підґрунтових вод. Виділяють:

Відновлені або зволожені торфовища, де підтримується високий рівень підґрун-

тових вод (близько або вище поверхні ґрунту).

Осушені торфовища з пониженим рівнем підґрунтових вод через дренаж або інші втручання.

Проміжні стани, де рівень води коливається, що створює змінні умови для газообміну.

Класифікація за землекористуванням і гідрологічним станом є основою для вибору емісійних факторів, рекомендованих МГЕЗК (2013) у **Wetlands Supplement**⁷, а також застосовується у сучасних європейських проєктах, зокрема в **LIFE Peat Restore**¹⁰, що адаптує методики до локальних умов.

Національні звіти України з інвентаризації парникових газів також враховують цю класифікацію, що дає змогу точно відображати зміни стану торфовищ та їх вплив на клімат⁴.

Ось деякі короткі методичні вказівки для польової ідентифікації торфовищ (практичний алгоритм):

1. Визначити наявність органічного шару (глибина > ~30–40 см) — підстава для класифікації як торфового.
2. Визначити джерело живлення води і pH (атмосферне → омбротрофне/acid bog; ґрунтове/джерельне → мінеротрофне/minerotrophic/fen).
3. Оцінити рослинність (сфагнум, осоки, рідше дерева) — допомагає диференціювати bog ↔ fen.
4. Визначити ступінь розкладення за фон Постом (H1–H10) — необхідно для оцінки запасів і ризику при осушенні.^{7, 20}

1.3 ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ТА МЕХАНІЗМИ ВИКИДІВ ПГ З ТОРФОВИЩ

Торфовища можуть діяти як поглиначі або джерела ПГ залежно від гідрологічного стану, типу землекористування та рівня деградації. Ключові ПГ, пов'язані з торфовищами, — це вуглекислий газ (CO₂), метан (CH₄) та закис азоту (N₂O).

Вуглекислий газ CO₂

Основним механізмом викиду вуглекислого газу є мінералізація органічної речовини в умовах осушення. Пониження рівня ґрунтових вод призводить до аерації торфу, що спричиняє його окиснення та масові втрати вуглецю у вигляді CO₂. За оцінками

¹⁸ FAO. Organic soils and peat. Classification and management guidelines.

¹⁹ Lindsay R. Peatland Classification. Springer. 2018. P. 1515–1528.

²⁰ Roulet, N.T., et al. (2015). "Global assessment of peatlands, wetlands and carbon stocks." *Global Change Biology*, 21(3), 1258–1270. <https://doi.org/10.1111/gcb.12884>

МГЕЗК, осушені торфовища можуть щорічно викидати **5–40 т CO₂/га**, залежно від клімату, типу землекористування та глибини дренажу⁷.

Метан CH₄

Метан в основному утворюється в **аноксичних (безкисневих) умовах** глибоко зволених або затоплених торфовищ. Залишаючись нетто-поглиначами вуглецю, природні болота можуть зберігати високий рівень метанових викидів з показником GWP 27,0 у 100-річному періоді, але водночас значно вищим GWP для CH₄ – 84-87 – у 20-річному періоді. (<https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2024-08/Global-Warming-Potential-Values%20%28August%202024%29.pdf>)

Відновлення гідрологічного режиму осушених торфовищ також може призвести до **тимчасового збільшення CH₄²¹**, що потрібно враховувати в оцінках, оскільки різні значення GWP метану для різних часових масштабів підкреслюють його потужний і вкрай важливий короточасний вплив порівняно з CO₂.

Закис азоту N₂O

Найбільш інтенсивні викиди закису азоту виникають при **мінералізації азотних сполук у дренажному торфі**, особливо під час чергування вологих і сухих періодів. Закис азоту має в **273 разів вищий потенціал глобального потепління (GWP)**, ніж CO₂ за 100-річний період, тому навіть незначні емісії суттєво впливають на загальний баланс ПГ²².

Фактори, що впливають на викиди ПГ з торфовищ:

- Глибина та тривалість осушення
- Температурний режим і сезонність
- Тип землекористування (рілля, пасовище, ліс, торфовидобуток)
- Наявність удобрення чи меліораційних заходів
- Стан відновлення або зволоження торфовища

Оцінка викидів у системах МЗВ базується на **емісійних факторах** (Рівень / Tier 1) або **прямих вимірах/моделях** (Рівень / Tier 2–3), рекомендованих у Доповненні 2013 року до керівництва МГЕЗК 2006 року щодо водно-болотних угідь⁷.

1.4 ОСНОВНІ КАТЕГОРІЇ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ НА ТОРФОВИЩАХ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ МЗВ

У рамках МЗВ викидів парникових газів за вимогами Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (РКЗК ООН), використовується класифікація категорій землекористування, встановлена у Керівництві МГЕЗК 2006 року⁶. Визначення категорій є критичним для належної інвентаризації викидів з торфовищ, оскільки тип землекористування безпосередньо впливає на характер і величину ПГ-викидів.

Сільськогосподарські землі (Cropland, Grassland)

Осушені торфовища, що використовуються під рілля або як пасовища, зазвичай мають найвищі рівні викидів CO₂ і N₂O через

активне мінералізування органічного шару. Згідно з Керівництвом МГЕЗК, ці категорії мають високі емісійні коефіцієнти.

Ліси (Forest Land)

Частина торфовищ в Україні була залісена в результаті лісомеліорацій. Такі ділянки можуть бути як джерелами, так і поглиначами ПГ, залежно від вологості ґрунту.

Забудовані території (Settlements)

Торфовища, що були перетворені на інфраструктурні об'єкти або урбанізовані зони, є практично повністю втраченими екосистемами з високими залишковими викидами.

21 Kolka R., Bridgman S.D., Ping C.-Lu Soils of Peatlands: Histosols and Gelisols. by Taylor & Francis Group, LLC, 2016. P. 277-309.

22 Günther, A., et al. (2020). *Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions*. Nature Communications. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-15499-z>

Водно-болотні угіддя (Wetlands)

Ця категорія охоплює як природні, так і відновлені торфовища. Саме в межах цієї категорії МГЕЗК у 2013 році впровадило доповнення для врахування специфічних потоків ПГ з водно-болотних угідь⁷. Для торфовищ, що знову звожуються (rewetted), застосовуються окремі емісійні коефіцієнти.

Інші землі (Other Land)

У цю категорію можуть потрапляти деградовані або неідентифіковані за цільовим призначенням ділянки, включно з торфовищами у стані переходу.

Особливості для торфовищ:

У практиці МЗВ важливо враховувати, що

торфовища є підкатегорією, яка не завжди однозначно співвідноситься з основними категоріями землекористування. Наприклад, торфовища можуть бути класифіковані як сільськогосподарські землі (у разі обробітку), ліси (у разі заліснення), водно-болотні угіддя (якщо зберегли природний стан або відновлюються) тощо. Отже, для належного обліку викидів з таких територій необхідно поєднувати інформацію про тип ґрунту (органічний) з типом землекористування, застосовуючи гнучкі методи просторової класифікації.

У контексті інвентаризації ПГ в Україні, категорії землекористування з органічними ґрунтами мають позначку *Wetland on organic soil* у національних кадастрах і звітах⁴.

1.5 ПРОСТОРОВІ ДАНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ДЛЯ МЗВТ В УКРАЇНІ

На сьогодні в Україні відсутня верифікована та просторово узгоджена національна цифрова база даних про торфовища, що є необхідною умовою для розгортання ефективної системи МЗВТ викидів парникових газів із деградованих органічних ґрунтів. Основою для оцінки площі торфовищ залишаються застарілі матеріали Генеральної схеми меліорації земель України 1980-х років, які не враховують сучасний стан, зміни у землекористуванні та деградації.

Важливим джерелом просторової інформації є **Державний земельний кадастр** (<https://map.land.gov.ua>), який містить дані про землі сільськогосподарського призначення, лісового фонду та меліоровані території. Оскільки велика частина торфовищ в Україні була осушена та використовується в сільському господарстві або меліорації, ці дані частково охоплюють території торфовищ. Однак кадастр не містить детальної інформації про типи ґрунтів або глибину торфу, що обмежує його застосування для точного картографування торфовищ. Аналогічно, карта меліорованих земель, що ведеться Держгеокадастром, не деталізована за органічністю ґрунтів.

Ґрунтові карти України, зокрема масштаб 1:2 500 000, розроблені Інститутом ґрун-

тознавства і агрохімії імені О. Н. Соколовського, містять інформацію про органогенні ґрунти (торфові, торфово-болотні), що важливо для ідентифікації потенційних торфовищ. Проте значна частина цих матеріалів не оцифрована або має обмежений доступ у цифрових форматах, що стримує їх використання в сучасних геоінформаційних системах.

Супутникові джерела даних, такі як **Global Surface Water Explorer** (<https://global-surface-water.appspot.com>) або **ESA WorldCover** (<https://esa-worldcover.org>), надають корисну допоміжну інформацію щодо зміни водного режиму, підтоплення та деградації торфовищ, особливо в умовах обмеженого доступу до територій внаслідок бойових дій.

У рамках міжнародних технічних проєктів, таких як **LIFE Peat Restore**, **FAO Wetlands MRV**, **UNDP EURECCA** та **UNEP-EU4Climate**, було проведено пілотні дослідження і часткове картографування торфовищ на окремих територіях України (наприклад, Полісся, Шацьке Поозер'я). Ці дані, хоч і мають обмежене територіальне охоплення, слугують зразками для розробки національних підходів до моніторингу органічних ґрунтів.

На глобальному рівні інформація про торфовища України інтегрована у карту **Global**

Peatland Map 2.0, створену Greifswald Mire Centre в межах ініціативи **UNEP Global Peatlands Initiative**. Ця карта ґрунтується на аналізі понад 200 джерел даних, включаючи національні карти, результати дистанційного зондування і є частиною звіту **Global Peatlands Assessment 2022** (unep.org, greifswaldmoor.de).

Враховуючи брак національної узгодженої бази даних про торфовища, Україні важливо активніше долучатися до міжнародних картографічних ініціатив (Global Peatland Initiative, PeatDataHub, FAO MRV Wetlands тощо), які пропонують методологічну підтримку, стандарти даних та можливості інтеграції до глобальних баз. Паралельно необхідно формувати націо-

нальну інфраструктуру збору та оновлення просторових даних із залученням профільних державних і наукових інституцій — потенційних постачальників даних для МЗВ парникових газів на торфовищах (див. Додаток А).

Незважаючи на наявність окремих джерел даних, національна система обліку ПГ з торфовищ потребує **інтегрованої геоінформаційної бази торфовищ**, що має бути побудована на основі уніфікованих критеріїв і оновлюваних даних з різних джерел (кадастри, супутниковий моніторинг, польові обстеження). Її створення є передумовою для переходу до вищих рівнів точності обліку (Рівень / Tier 2 і 3), адаптованих до специфіки українських торфовищ.

2. МЕТОДОЛОГІЧНА БАЗА ОБЛІКУ ВИКИДІВ ПГ З ТОРФОВИЩ

2.1 ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ВИКИДІВ ПГ З ТОРФОВИЩ

Оцінка викидів парникових газів (ПГ) з торфовищ повинна ґрунтуватися на п'яти основних принципах, визначених Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату:

- Прозорість (Transparency)
- Послідовність (Consistency)
- Порівнюваність (Comparability)
- Повнота (Completeness)
- Точність (Accuracy)

Ці принципи закладені в [IPCC 2006 Guidelines](#)⁶ та [2019 Refinement](#)⁸ і є основою для складання національних інвентаризацій викидів ПГ.

У випадку торфовищ особливу увагу слід

приділяти типу землекористування, гідрологічному статусу (осушене, зволожене, відновлене), типу ґрунтів (органогенний, мінеральний), а також просторовому охопленню. Ці чинники безпосередньо впливають на кількість емісій CO₂, CH₄ та N₂O.

Методи оцінки викидів ПГ умовно поділяються на:

- **Прямі методи** (польові вимірювання концентрацій та потоків ПГ);
- **Непрямі методи** (оцінка активності, площі та застосування коефіцієнтів викидів).

2.2 РАМКОВІ ВИМОГИ РКЗК ООН

Згідно з вимогами [Рамкової конвенції ООН про зміну клімату \(UNFCCC\)](#), країни-учасниці мають подавати щорічні національні кадастри викидів ПГ. Вони формуються відповідно до [IPCC Guidelines](#) для сектору Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF), який охоплює і торфовища.

Європейське законодавство передбачає:

- Регламент LULUCF (EU Regulation 2018/841) – зобов'язує держави-члени ЄС вести звітність щодо змін у викидах і поглинанні ПГ у сфері землекористування, включно з болотами та торфовищами²³.

- **EU ETS** — хоча торфовища прямо не охоплені Європейською системою торгівлі викидами²⁴, викиди від спалювання торфу (як палива) можуть бути враховані на рівні установ.
- **Effort Sharing Regulation (ESR)** — регулює викиди ПГ у секторах, не охоплених ETS, таких як сільське господарство і частина LULUCF²⁵.

Україна, як Сторона РКЗК ООН, подає Національні кадастри викидів ПГ щороку. Останній **Ukraine's GHG Inventory 1990–2023 (2025)**⁴ доступний на [сайті UNFCCC](#).

23 Drösler, M., et al. (2014). *Climate relevance of peatlands – a synthesis*. In: Peatlands and Climate Change. International Peat Society. <https://peatlands.org/publications/>

24 Regulation - 2018/841 - EN - EUR-Lex

25 EU Emissions Trading System (EU ETS) - European Commission

2.3 ВИБІР МЕТОДІВ ДЛЯ РІВНІВ (TIER) 1–3 ТА ВІДПОВІДНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ

Керівні принципи МГЕЗК для обліку викидів ПГ передбачають три Рівні точності (Tier), що відрізняються вимогами до даних:

Рівень	Характеристика	Опис
Рівень (Tier) 1	Глобальні середні коефіцієнти викидів, базова інформація	Для країн з обмеженими ресурсами
Рівень (Tier) 2	Національні/регіональні коефіцієнти з урахуванням локальних умов	Більш точна оцінка
Рівень (Tier) 3	Динамічне моделювання або прямі вимірювання	Висока точність, потребує інфраструктури

Для торфовищ в Україні релевантним є поступове впровадження **Tier 2**, з використанням національних даних та результатів проєктів: [LIFE Peat Restore](#), [FAO Wetlands MRV](#), [NDP EURECCA](#), [UNEP-EU4Climate](#)

2.4 ОБЛІК CO₂, CH₄, N₂O ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТІВ

Залежно від гідрологічного режиму та землекористування, торфовища можуть бути:

- Джерелами CO₂ — при осушенні, сільському/лісовому використанні;
- Джерелами CH₄ — при заболоченні або повторному зволоженні;
- Джерелами N₂O — за умов удобрення та мінералізації.

Додатково можуть враховуватись:

- Викиди з торф'яних пожеж;

- Видобуток і спалювання торфу (паливо, субстрати);
- DOC — розчинений органічний вуглець у дренажних водах.

У національному кадастрі викидів України враховано лише частину CO₂ з осушених сільськогосподарських земель. Тому, наразі, необхідним є подальше впровадження практик для врахування інших газів та типів використання земель.

2.5 СТАНДАРТИ ТОЧНОСТІ, ВЕРИФІКАЦІЇ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Керівництво МГЕЗК рекомендує оцінювати **рівень невизначеності** при обчисленні викидів — наприклад, для CH₄ із заболочених земель він може сягати >100%. Для зниження похибок потрібно:

- Переходити на Tier 2–3;
- Використовувати національні/регіональні коефіцієнти;
- Впроваджувати системи QA/QC — перевірки, аудит, супутниковий контроль;
- Проводити **верифікацію** — зовнішнє підтвердження розрахунків.

Міжнародні інструменти та ініціативи, що підтримують точність і верифікацію:

[PeatMRV tool \(FAO\)](#) та [PeatDataHub](#), що містить попередній національний шар торфовищ України, створений за участі [UNEP/GRID-Warsaw](#).

Актуальним для України також є долучення до новітніх ініціатив з глобального картографування торфовищ, таких як [Global Peatland Map](#), [PEATMAP](#) та [Global Peatlands Initiative](#).

3. НЕПРЯМІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ВИКИДІВ ПГ З ТОРФОВИЩ

3.1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НЕПРЯМИХ МЕТОДІВ

Непрямі методи оцінки викидів ПГ з торфовищ базуються не на безпосередньому вимірюванні потоків ПГ, а на оцінці чинників, що зумовлюють ці викиди. Зазвичай це поєднання даних про землекористування, гідрологічний стан, тип торфовища, типи ґрунтів, кліматичні умови та інші просторові параметри, які дозволяють застосовувати відповідні емісійні коефіцієнти згідно з підходами Рівня (Tier) 1 або Рівня (Tier) 2 у відповідності до керівних принципів МГЕЗК ООН (IPCC).

Ці методи мають важливе значення для країн, які не мають ресурсів для широко-масштабного застосування прямих мето-

дів, таких як камери закритого типу, вежі для вимірювання потоків парникових газів чи лазерна спектроскопія. Вони дозволяють проводити інвентаризацію національного рівня та встановлювати пріоритети для подальшого моніторингу.

Ключовими перевагами непрямих методів є їхня відносна доступність, можливість охоплення великих територій і поєднання з відкритими джерелами даних — зокрема супутниковими знімками, кадастровою інформацією та ґрунтовими картами. Натомість обмеженням є менша точність та залежність від якості вхідних даних.

3.2 КАРТОГРАФУВАННЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Картографування торфовищ та аналіз змін землекористування за допомогою методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є одним із ключових інструментів для непрямой оцінки стану торфовищ, їхньої гідрології, вегетації та динаміки землекористування, що дозволяє здійснювати моніторинг на великих територіях і з високою періодичністю.

Дистанційне зондування виконує дві основні функції в системі МЗВ на торфовищах:

Ідентифікація об'єктів моніторингу — межі торфовищ, ділянки осушення, інфраструктура дренажу.

Оцінка активності — тип землекористування, гідрологічний стан, рослинний покрив — для подальшого використання в розрахунках за методологією МГЕЗК (Рівні/Tier 1–2).

Для цих цілей можна застосовувати три основні типи ДЗЗ: супутникові знімки, авіаційні (літакові) зондування та безпілотні літальні апарати (БПЛА). Кожен із цих методів ДЗЗ має свої переваги і особливості, що дають змогу отримувати комплексні й точні дані для МЗВ викидів парни-

кових газів на торфовищах. Однак, у зв'язку з війною в Україні, проведення літакових зондувань наразі є неможливим, що підвищує значення супутникового та безпілотного моніторингу.

У поєднанні з польовими верифікаційними дослідженнями, ДЗЗ дозволяє розширити географічне охоплення оцінок, виявляти нові ділянки потенційних викидів, оцінювати тенденції змін і покращувати точність інвентаризації. Міжнародні методичні рекомендації, такі як IPCC 2013 Wetlands Supplement, LIFE Peat Restore Handbook та FAO GHG Assessment Guidance, визнають дистанційне зондування як надійний інструмент для підтримки непрямих оцінок викидів на торфовищах.

3.2.1 Супутникове дистанційне зондування

Супутникові системи ДЗЗ забезпечують регулярний, масштабний і багатоспектральний моніторинг торфовищ. Вони дозволяють отримувати дані з великою територіальною

охопленістю, що особливо важливо для виявлення змін на рівні регіонів і всієї країни. Основними джерелами супутникових даних є:

- **Оптичні супутники:** Sentinel-2 (Європейське космічне агентство), Landsat (NASA/USGS) — дають змогу аналізувати рослинність, водний режим, зміни у землекористуванні.
- **Радіолокаційні (радарні) супутники:** Sentinel-1 — забезпечують дані незалежно від погодних умов і часу доби, що є важливим для моніторингу вологості і осушення торфовищ.
- **Гіперспектральні супутники:** дозволяють більш точно ідентифікувати типи рослинності і стан екосистеми.

Методи обробки супутникових зображень ДЗЗ дозволяє:

Виявляти та класифікувати типи землекористування за допомогою машинного навчання (наприклад, Random Forest або Support Vector Machines), що дозволяє розрізняти осушені та природні торфовища, сільськогосподарські угіддя, лісові насадження, забудову тощо.

Оцінювати стан рослинного покриву за допомогою індексів (NDVI, EVI, SAVI), що слугують індикаторами деградації торфовищ та гідрологічного режиму.

Моніторити вологість ґрунту та зміни рівня ґрунтових вод (через LSWI, NDWI, а також аналіз SAR-знімків).

Відстежувати сезонну та міжрічну динаміку змін, використовуючи time-series аналіз із відкритих платформ (Google Earth Engine, Copernicus Open Access Hub, LandViewer).

Використання супутникових даних дозволяє проводити багаторазовий аналіз, оцінювати темпи деградації, відновлення торфовищ, а також виявляти пожежі та інші ризики.

3.2.2 Авіаційне зондування

Системи ДЗЗ, які базуються на літаках, застосовуються для отримання високоякісних знімків із високою просторовою роздільною здатністю, які охоплюють великі площі за один політ. На борту літаків встановлюють різні датчики: оптичні камери, LiDAR, гіперспектральні та радарні системи. Цей метод дозволяє:

- **Створювати** тривимірні моделі рельєфу та структури рослинності;
- **Визначати** гідрологічний стан торфовищ;
- **Проводити** деталізований моніторинг змін стану торфових масивів, особливо в контексті відновлення.

У зв'язку з військовими діями в Україні, використання літаків для аерофотозйомки торфовищ наразі неможливе. Проте цей метод залишається важливим для майбутнього, оскільки дає змогу отримувати високоякісні знімки з високою просторовою роздільною здатністю та створювати тривимірні моделі рельєфу і рослинності, що є цінним для детального моніторингу торфовищ.

3.2.3 Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА)

Окрім супутникового моніторингу та моніторингу з використанням літаків, безпілотні літальні апарати (БПЛА, або дрони) є потужним інструментом для високоточного спостереження за станом торфовищ на локальному рівні. Вони дозволяють:

Створювати ортофотоплани з роздільною здатністю до кількох сантиметрів;

Генерувати цифрові моделі рельєфу (ЦМР), що дає змогу ідентифікувати дренажні канали, мікрорельєф, сліди деградації;

Використовувати мультиспектральні та гіперспектральні сенсори для аналізу рослинності, вологості торфу, біомаси;

Оцінювати гідрологічні умови, включно з площами підтоплення чи пересихання.

БПЛА особливо ефективні на обмежених за площею або важкодоступних ділянках, де супутникові дані є недостатніми, а застосування літаків є економічно недоцільним.

Використання БПЛА є незамінним для валідації результатів супутникового дистанційного зондування та супроводження польових обстежень. В умовах повномасштабної війни в Україні суттєво розширився практичний досвід використання БПЛА. Цивільні екологи, науковці, природоохоронці та місцеві громади активніше використовують дрони для моніторингу довкілля, включно з водно-болотними угіддями. Цей технологічний досвід доцільно інтегрувати до національних систем моніторингу та звітності, зокрема для потреб МЗВт.

Приклади застосування БПЛА для моніторингу торфовищ

Україна

У 2021 році в межах ініціативи FAO Wetlands MRV та за підтримки UNEP/GRID-Warsaw проводились демонстраційні польоти БПЛА над торфовищами на Поліссі. Мета — оцінка деградації торфовищ і валідація супутникових даних шляхом фотограмметрії та аналізу мультиспектральних зображень.

У рамках реалізації проекту “Збереження та відновлення торфовищ в Україні” (UNDP/EURECCA, 2021–2023) здійснювалося мапування пілотних ділянок за допомогою дронів з RGB і NIR сенсорами, зокрема в Шацькому національному природному парку та на території природоохоронних об’єктів Житомирщини.

Експериментальне використання БПЛА для оцінки змін рослинності та вологості торфу здійснювали також вчені Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), Одеського

Державного Екологічного Університету (ОДЕКУ) та Інституту географії НАН України в межах національних досліджень.

Європа

У Німеччині, Латвії та Естонії у рамках проекту LIFE Peat Restore дрони використовувались для моніторингу ефективності ренатуралізаційних заходів (закладення гідрозатримуючих споруд, підняття рівня води), побудови цифрових моделей мікрорельєфу та визначення змін у спектральних характеристиках рослинності на відновлених ділянках.

У Фінляндії та Швеції науковці застосовують БПЛА з гіперспектральними сенсорами для точної оцінки вмісту вуглецю у торфі та біомаси сфагнових мохів.

Успішні приклади з України та ЄС свідчать про потенціал використання БПЛА як інструменту оперативного моніторингу торфовищ, зокрема у системах МЗВт. Їх широке застосування потребує методичних підходів, сертифікації результатів і включення до національних стандартів обліку.

3.3 ОЦІНКА СТАНУ ТОРФОВИЩ ЗА МЕТОДОМ GEST

Метод GEST (Greenhouse gas Emission Site Type) є одним із непрямих підходів до оцінки викидів парникових газів з торфовищ, який базується на аналізі типів рослинності. Він дозволяє класифікувати ділянки за очікуваними рівнями викидів CO₂, CH₄ і N₂O, спираючись на домінуючі рослинні угруповання, які відображають гідрологічний стан та історію землекористування. Цей метод є одним із найбільш поширених підходів, що дозволяє здійснювати просторово обґрунтовану оцінку потоків ПГ без дороговартісних інструментальних вимірювань. Він був розроблений у Грайфсвальдському університеті (Німеччина), як інструмент для оцінки торфовищ у випадках, коли прямі вимірювання є недоступними або економічно недоцільними, і широко застосовується в Європі в рамках систем моніторингу та планування заходів з відновлення.

3.3.1 Теоретичні засади GEST

GEST є індикативним методом, який дозволяє визначити тип ділянки торфовища за характеристиками рослинності та гідрологічного режиму, і відповідно — наближено оцінити середньорічні потоки ПГ. Основна гіпотеза методу базується на тому, що типи рослинності виступають проксі-індикаторами умов зволоження, хімічного складу ґрунту, доступності поживних речовин і глибини ґрунтових вод. Рослинність також безпосередньо впливає на викиди через транспірацію, накопичення біомаси, кореневі екsudати та створення анаеробних умов, зокрема через аеренхіму.

Підхід GEST, як його описано в роботі Couwenberg et al. (2011)²⁶, є ключовим методом, що дозволяє оцінювати викиди ПГ з торфовищ на основі характеристик ділянки, які можна відносно легко визначити — го-

26 Couwenberg J., Thiele A., Tanneberger F., Augustin J., Bärtsch S., Dubovik D., Liashchynskaya N., Michaelis D., Minke M., Skuratovich A., Joosten H. 2011. Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia*, 674: 67–89. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0729-x>

ловним чином це тип рослинності та рівень ґрунтових вод (РГВ). Цей підхід використовує рослинність як фітоіндикаційний показник (Couwenberg et al. 2008²⁷, 2011; Couwenberg 2009²⁸, 2011²⁹) і ґрунтується на взаємозв'язках між типами рослинності, глибині ґрунтових вод та властивостях і товщині торфу. Значення потоку парникових газів призначаються типам рослинності за стандартизованим протоколом з використанням опублікованих значень викидів з ділянок з аналогічною рослинністю і рівнем води в регіонах зі схожим кліматом і флорою (Couwenberg et al. 2008, 2011 pp.).

Підхід ґрунтується на тому, що різні типи рослинних угруповань є індикаторами певних гідрологічних умов та пов'язаних з ними процесів біогеохімічного циклу, які визначають обсяги та типи викидів ПГ. Наприклад, домінування сфагнових мохів зазвичай вказує на умови, сприятливі для поглинання CO₂ та низьких викидів CH₄, тоді як рослинність, характерна для осушених торфовищ (наприклад, верес, деякі види трав), асоціюється з високими викидами CO₂. РГВ є критичним фактором, що контролює аеробні та анаеробні умови в торфі, і, відповідно, процеси розкладання органічної речовини та метаногенезу, тому GEST враховує РГВ як важливий параметр, що впливає на викиди ПГ. Зазначений підхід класифікує ділянки на певні "типи" (GEST), кожному з яких присвоюється відповідний коефіцієнт викидів (emission factor) для CO₂, CH₄ та N₂O, отриманий з наукових літературних джерел або спеціальних досліджень. Підхід GEST допомагає оцінити скорочення викидів парникових газів та обсяги секвестрації вуглецю внаслідок повторного зволоження торфовищ (Joosten et al. 2015)³⁰.

За даними Couwenberg et al. (2011), зв'язок між типом рослинності й середнім рів-

нем ґрунтових вод є стабільним упродовж багатьох років, що дозволяє використовувати цей параметр для оцінки Глобального Потенціалу Потепління (GWP – параметр, що характеризує кількість тонн CO₂-екв з 1 га за 1 рік для відповідного типу GEST). На сьогодні описано 34 типи GEST, кожному з яких присвоєно середні коефіцієнти емісій CO₂, CH₄ та N₂O в CO₂-еквівалентах. Ці значення базуються на даних, отриманих з наукових літературних джерел або прямих вимірюваннях із регіонів зі схожим кліматом і рослинністю.

У 2017 році підхід GEST був затверджений Verified Carbon Standard (VCS) як метод оцінки Глобального Потенціалу Потепління для торфовищ помірного поясу (Emmer & Couwenberg, 2017)³¹. Цей підхід отримав подальший розвиток, однак для його вдосконалення необхідні більш детальні дослідження та додатковий збір даних з географічних регіонів, відмінних від помірного поясу, наприклад, шляхом інтеграції кліматичних градієнтів та калібрувальних GEST, описаних для інших кліматичних регіонів, адаптації до нових типів рослинності тощо.

В публікаціях Couwenberg et al. (2008, 2011) узагальнено літературні дані, які показують, чому рослинність є хорошим індикатором для оцінки викидів парникових газів. Зокрема, наводяться такі аргументи:

Рослинний склад значною мірою пов'язаний із вологістю ґрунту.

Рослинність також контролюється іншими різними факторами місцезнаходження, які визначають викиди парникових газів з торфовищ, зокрема такими, як доступність поживних речовин, реакція ґрунту (pH) та землекористування (історія поля).

-
- 27 1. Couwenberg J., Augustin J., Michaelis D., Joosten H. 2008. Emission reductions from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands. 28 p. DUENE Greifswald/RSPB Sandy.
- 28 1. Couwenberg J. 2009. Emission factors for managed peat soils (organic soils, histosols). An analysis of IPCC default values. 14 p. Wetlands International, Ede.
- 29 Couwenberg J. 2011. Vegetation as proxy for greenhouse gas fluxes – the GEST approach. In: Tanneberger F., Wichtmann W. (eds). Carbon credits from peatland rewetting. Climate – biodiversity – land use. Science, policy, implementation and recommendations of a pilot project in Belarus: 37–52. Stuttgart.
- 30 Joosten H., Brust K., Couwenberg J., Gerner A., Holsten B., Permien T., Schäfer A., Tanneberger F., Trepel M., Wahren A. 2015. MoorFutures®. Integration of additional ecosystem services (including biodiversity) into carbon credits – standard, methodology and transferability to other regions. 120 p. BfN-Skripten 407, Bonn. MoorFutures: Integration of additional ecosystem services (bfnd.de).
- 31 1. Emmer I., Couwenberg J. 2017. VM0036. Methodology for rewetting drained temperate peatlands. Version 1.0. 81 p. Silvestrum climate associates, University of Greifswald.

Рослинність прямо та опосередковано відповідає за переважну частину викидів парникових газів через регулювання обміну CO_2 , шляхом постачання органічної речовини (включаючи кореневий ексудат) для утворення CO_2 та CH_4 , шляхом зменшення вологості торфу та шляхом забезпечення можливих обхідних шляхів для потоків метану через аеренхіму.

Рослинність відображає довготривалі умови рівня води і, таким чином, дає уявлення про середні потоки парникових газів у річному масштабі часу.

Рослинність дозволяє проводити картографування в точному масштабі (наприклад, в масштабах 1:2500–1:10000), що дозволяє оцінити розмір території та рівень викидів парникових газів.

Підхід GEST включає картографування типів рослинності, що характеризується наявністю груп видів рослин, які є показовими не тільки для конкретних класів рівня води, а й для інших умов ділянки (властивості торфу тощо).

3.3.2 Методологія реалізації підходу GEST

Застосування методу GEST складається з декількох етапів, які включають як камеральні, так і польові роботи. Першим кроком є аналіз літератури, карт та інших даних про історичне використання земель, меліорацію, лісове господарство та видобуток торфу, що характеризує умови на торфовищі та його стан. Після цього проводяться польові роботи для отримання точних даних про типи та чисельність рослинності, а також проводиться дослідження гідрології ділянки для віднесення її до того чи іншого GEST.

Реалізація підходу GEST складається з послідовних етапів: аналіз первинних джерел (історія землекористування, меліоративні карти, топографія), фітоіндикаційні польові дослідження (визначення рослинних угруповань за методами Браун-Бланке), гідрологічна характеристика ділянки, ви-

значення трофічного рівня (співвідношення C:N) та кислотності (pH) ґрунту.

Ідентифікація типу GEST здійснюється через класифікацію рослинності згідно з екологічно-соціологічними видами, за методикою Koska et al. (2001)³², а також на основі таблиць рівнів вологості, трофічності й pH (таблиці 1 і 2). Цей крок включає локалізацію та позиціонування одиниць рослинності за допомогою GPS або інших приладів та картування цих одиниць на відповідних картографічних матеріалах або безпосередньо в електронному пристрої з визначенням кількісної інформації щодо площі (у га) кожної одиниці на кожній ділянці. Картування може здійснюватися як за допомогою GPS, топографічних карт, так і за допомогою використання матеріалів ДЗЗ – супутникових даних або LIDAR-сканування. Після ідентифікації GEST, площа кожного типу множиться на відповідний коефіцієнт емісії, що дозволяє оцінити загальні річні викиди ПГ на ділянці.

Найважливішим моментом застосування та ідентифікації GEST є отримання детальних даних про рослинність. У разі реалізації проектів з відновлення торфовищ це має бути завершено до виконання відновлювальних заходів (базовий стан) та через певний час після відновлювальних дій, коли рослинність адаптувалася до змінених гідрологічних умов (стан після відновлення). Для визначення GEST необхідно віднести ідентифіковані рослинні угруповання до так званих форм рослинності за Koska et al. (2001). Форми рослинності характеризуються наявністю або відсутністю певних еколого-соціологічних груп видів та їх співвідношенням, які вказують на певні умови місцевості, такі як вологість, трофічний стан та кислотність (Ellenberg et al. 1992)³³.

Особливу увагу слід приділяти оцінці лісових торфовищ, де значну частину вуглецевого балансу становить деревна біомаса. У таких випадках використовуються методики розрахунку запасів вуглецю, які застосовуються

32 Koska I., Succow M., Clausnitzer U., Timmermann T., Roth S. 2001. Vegetationskundliche Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung). In: Succow M., Joosten H. (eds), Landschaftsökologische Moorkunde: 112–184. Schweizerbart, Stuttgart.

33 Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. und verbesserte Auflage. Scripta Geobotanica, 18: 1–258.

при проведенні інвентаризації та моніторингу лісів (Букша І.Ф., Пастернак В.П., 2005)³⁴.

Принципова схема реалізації підходу GEST складається з чотирьох кроків:

1. Визначення форми рослинності.
2. Ідентифікація GEST.
3. Оцінка просторової інформації.
4. Оцінка викидів парникових газів.

3.3.2.1 Визначення форми рослинності

Спочатку проводиться диференціація однорідних одиниць рослинності, які пов'язані з структурними аспектами, екологічними умовами і флористичним складом. Пізніше ці рослинні одиниці розподіляються на групи, такі як лісові торфовища (ліси та чагарники тощо) або відкриті торфовища (пасовища, луки, оголений торф тощо).

Крім того, в кожній одиниці виділеної рослинності репрезентативна оцінка видового складу рослин і їх охоплення повинна проводитися на основі принципів підходу Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1964)³⁵.

Наступний крок включає локалізацію та позиціонування одиниць рослинності за допомогою GPS або інших приладів та картування цих одиниць на відповідних картографічних матеріалах або безпосередньо в електронному пристрої з визначенням кількісної інформації щодо площі (у га) кожної одиниці на кожній ділянці.

Нарешті, необхідно визначити наявність або відсутність еколого-соціологічних видів груп (Koska et al. 2001). Ці групи пов'язані з характерними гідрологічними та хімічними показниками, такими, як рівень води, трофічний рівень (виражається у співвідношенні C:N в торфі), кислотність (pH). (Таблиці 1–2).

Таблиця 1

Класи вологості ґрунту та пов'язані з ними ґрунтові води (модифіковано за Koska et al. 2001)*

Клас вологості ґрунту	Рівень води щодо поверхні (+ вище, — нижче)
7+ Верхня сублітораль	WLw/WLd: від +250 до +140 см
6+ Нижня евлітораль	WLw: від +150 до +10 см; WLd: від +140 до +0 см
5+ Мокрий (верхня евлітораль)	WLw: від +10 до -5 см; WLd: від +0 до -10 см
4+ Дуже вологий	WLw: від -5 до -15 см; WLd: від -10 до -20 см
3+ Вологий	WLw: від -15 до -35 см; WLd: від -20 до -45 см
2+ Помірно вологий	WLw: від -35 до -70 см; WLd: від -45 до -85 см
2 - Помірно сухий	WD: <60 л/м ²
3 - Сухий	WD: 60–100 л/м ²
4 - Дуже сухий	WD: 100–140 л/м ²
5 - Надзвичайно сухий	WD: >140 л/м ²

* Класи вологості ґрунту характеризуються: WLw — багаторічний середній рівень води у вологий сезон; WLd — багаторічний медіанний рівень води в сухий сезон; і WD - дефіцит водопостачання. Сезонно чергування вологості вказується комбінацією різних класів, наприклад, 5+/4+ відноситься до WLw в діапазоні 5+, а WLd в діапазоні 4+. Сильно змінна вологість позначається знаком тильди, наприклад, 3 відноситься до WLw в діапазоні 4+, а WLd в діапазоні 2+ (за даними Joosten et al. 2015)³⁶.

34 Букша І.Ф., Пастернак В.П. Інвентаризація та моніторинг парникових газів у лісовому господарстві : Монграфія. — Х. : ХНАУ, 2005. — 125 с.

35 Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 866 p. Dritte Auflage. Wien–New York.

36 Joosten H., Brust K., Couwenberg J., Gerner A., Holsten B., Permien T., Schäfer A., Tanneberger F., Trepel M., Wahren A. 2015. MoorFutures®. Integration of additional ecosystem services (including biodiversity) into carbon credits – standard, methodology and transferability to other regions. 120 p. BfN-Skripten 407, Bonn. MoorFutures: Integration of additional ecosystem services (bfnd.de).

Таблиця 2

Трофічний рівень і шкала кислотності (pH) для торфовищ (за даними Succow & Stegman 2001)³⁷

Властивості торфу	Абревіатура	Характеристики
Трофічний рівень		
Оліготрофні – дуже бідні	o-vp	C/N>40
Оліготрофний – бідний	o-p	C/N 33-40
Мезотрофний – досить бідний	m-lm	C/N 26-33
Мезотрофний – середній	m-hm	C/N 20-26
Евтрофний – помірно багатий	e-mr	C/N 13-20
Евтрофний – багатий	e-r	C/N 10-13
Політрофні – дуже багаті	p-vr	C/N <10
Шкала pH		
Кислотний	Ac	pH _{KCl} <4,8
Суб-нейтральний	Sub	pH _{KCl} 4,8–6,4
Лужний	Alk	pH _{KCl} >6,4

Середньорічний рівень ґрунтових вод вважається найкращою єдиною пояснювальною змінною для викидів CO₂ і CH₄ серед зазначених параметрів (Couwenberg et al. 2011 p.; Joosten et al., 2015).

Підхід GEST описує середньорічний рівень води за класами вологості ґрунту (Koska et al. 2001, Таблиця 1). Прямі вимірювання рівня води не є обов'язковими, але більш точна інформація про гідрологію ділянки покращила б ідентифікацію GEST.

3.3.2.2 Ідентифікація GEST

Для ідентифікації GEST доцільно використовувати каталог, який є у посібнику з оцінювання емісій ПГ з торфовищ (Jarašius L. et al., 2022)³⁸. У зв'язку з тим, що великі площі торфовищ часто вкриті деревною рослинністю, а фактори викидів лісових GEST менш відомі (оскільки загальні прямі вимірювання ПГ у камері неможливо отримати, через висоту рослинності), рекомендується використовувати літературні дані щодо викидів ПГ з лісової біомаси.

3.3.2.3 Оцінка просторової інформації

Кожен ідентифікований GEST необхідно точно нанести на карту для отримання наступної просторової інформації: розмір (у

га) та розташування, а також розрахункова кількість дерев на одиницю площі для лісових торфовищ. Виявлені одиниці рослинності мають бути нанесені на карту та віднесені до відповідних форм рослинності. Після цього буде нескладно об'єднати всі форми рослинності, які належать до одного GEST. Розрізнені картографовані GEST мають бути зіставлені з таблицями атрибутів, щоб надати вичерпні дані про всю отриману інформацію: опис рослинності, рівень води, дані хімічного аналізу, щільність дерев тощо.

На відносно невеликих торфовищах картографування може бути простим, якщо рослинність однорідна. Тоді може бути достатньо провести польову зйомку за допомогою GPS та ортофотопланів або об'єднати інші просторові дані, наприклад, топографічні карти або дані LIDAR. У випадках з більш різномірною рослинністю або великими територіями, картографування одиниць рослинності є складним завданням. У таких випадках для картографування рослинності рекомендується використовувати комплексний метод: дані польових досліджень поєднувати з картографічними даними та даними дистанційного зондування Землі (аерофотознімки, супутникові дані, дані LIDAR та знімки з дронів).

37 Succow M., Stegmann H. 2001. Abiotische Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung) - Nährstoffökologisch-chemische Kennzeichnung [Abiotic characterisation of peatlands (topical consideration) - nutrient ecological-chemical characterisation]. In: Succow M., Joosten H. (eds) Landschaftsökologische Moorkunde, 2nd Edition, Chapter 3.3: 75–85. Schweizerbart, Greifswald.

38 Jarašius L. et al. 2022. Handbook for assessment of greenhouse gas emissions from peatlands. Applications of direct and indirect methods by LIFE Peat Restore. Lithuanian Fund for Nature, Vilnius, 201 p. https://www.researchgate.net/publication/359746229_Handbook_for_assessment_of_greenhouse_gas_emissions_from_peatlands_Applications_of_direct_and_indirect_methods_by_LIFE_Peat_Restore

Первинну та попередню інформацію про стан об'єкта можна отримати з аерофотознімків або знімків ДЗЗ. Наступним кроком після цього має бути відвідування ділянки та пошук зв'язків між одиницями, що розрізняються на картах, та фактичними типами середовищ (одиницями рослинності).

3.3.2.4 Оцінка викидів парникових газів

Після картографування та отримання площі кожного GEST проводиться оцінка викидів ПГ. Щоб отримати щорічні викиди ПГ на GEST, його площу (в га) множать на відповідний як метод VM0036 (в еквівалентах діоксиду вуглецю, CO₂-екв). Це дозволяє оцінити загальні викиди парникових газів (у CO₂-екв) за всіма визначеними GEST. Потрібно зазначити, що оцінки викидів парникових газів для нелісових та лісових GEST відрізняються. Оскільки деревна біомаса є важливим фактором балансу парникових газів на торфовищах, вона має бути включена до розрахунків, що використовуються для оцінки викидів парникових газів для лісових GEST. Методи розрахунку запасів вуглецю у лісовій біомасі детально описані в монографії «Інвентаризація та моніторинг парникових газів у лісовому господарстві» (Букша І.Ф., Пастернак В.П., 2005).

3.3.3 Міжнародне визнання та практичне застосування

Підхід GEST набув широкого впровадження у міжнародних проектах і стандартах. Зокрема, Peatland Code у Великій Британії застосовує його для оцінки стану ділянки до і після втручання, забезпечуючи таким чином підґрунтя для генерації вуглецевих кредитів. Проект LIFE Multi Peat також використовує GEST у поєднанні з прямими камерами для вимірювання потоків ПГ. У 2017 році метод GEST був офіційно визнаний у межах Verified Carbon Standard (VCS) як метод VM0036 для торфовищ помірного поясу. Крім того, підхід рекомендовано для використання в національних інвентаризаціях викидів (Tiemeyer et al., 2020)³⁹.

3.3.4 Переваги, обмеження та потенціал удосконалення підходу GEST

Переваги GEST:

- **Економічна ефективність.** Порівняно з прямими вимірюваннями потоків ПГ (камерний метод, метод вихрової коваріації), які є дорогими та трудомісткими, GEST є значно дешевшим, особливо для великих територій.
- **Масштабованість.** GEST легко застосовувати на великих площах шляхом картування рослинності (включаючи використання даних ДЗЗ) та моніторингу РГВ.
- **Практичність.** Метод не потребує складного обладнання для базового застосування, хоча для підвищення точності можуть використовуватися сучасні технології.
- **Інтеграція з іншими даними.** Дані про рослинність та РГВ, отримані для GEST, можуть використовуватися і для інших цілей (екологічного, водного та інших видів моніторингу довкілля).

Обмеження GEST:

- **Точність та невизначеність.** GEST є опосередкованим методом, і його точність залежить від якості класифікації типів рослинності, точності визначення РГВ та репрезентативності застосовуваних коефіцієнтів викидів. Рівень невизначеності, пов'язаний з коефіцієнтами викидів для торфовищ, є досить варіабельним.
- **Потреба в локальній калібрації/валідації.** коефіцієнти викидів можуть значно варіювати залежно від регіону, типу торфовища, кліматичних умов та історії землекористування. Тому для підвищення точності бажана локальна калібрація GEST-моделей за допомогою прямих вимірювань.
- **Динамічність екосистем.** складність у врахуванні короткострокових коливань викидів, пов'язаних зі змінами погоди або гідрології, якщо моніторинг РГВ та рослинності не є достатньо частим.

39 Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E. A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., ... Dröser, M. (2020). A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109, 105838. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>

- **Складність класифікації перехідних станів.** рослинність може повільно реагувати на зміни гідрології, що ускладнює точну класифікацію ділянок, які перебувають у процесі відновлення.

3.3.5 Доповнюючі та валідуючі технології для GEST

Для подолання обмежень та підвищення надійності МЗВт, підхід GEST доцільно поєднувати з прямими вимірюваннями потоків ПГ та використанням засобів ДЗЗ, ГІС та інструментів для вимірювання показників моніторингу навколишнього середовища.

Прямі вимірювання потоків ПГ

- **Камерний метод (прозорі та непрозорі камери):** використовується для прямого вимірювання потоків CO_2 , CH_4 , N_2O на репрезентативних ділянках для калібрації GEST або для детального вивчення процесів.
- **Метод вихрової коваріації (Eddy Covariance):** дозволяє вимірювати потоки на рівні екосистеми, але є дорогим і технічно складним.
- **БПЛА-системи:** Новітні розробки дозволяють вимірювати потоки ПГ з використанням БПЛА (Bolek et al., 2024)⁴⁰, що може запропонувати компроміс між точністю та просторовим охопленням.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) та геопросторові технології

- **Картування рослинності та РГВ:** ДЗЗ (супутникові знімки, аерофотозйомка, LiDAR) є потужним інструментом для картування типів рослинності та опосередковано, для визначення РГВ на великих територіях, що є основою застосування GEST.
- **Бездротові сенсорні мережі (WSN):** Дозволяють здійснювати безперервний моніторинг параметрів середовища, таких як РГВ, температура та вологість ґрунту, що важливо для динамічної оцінки GEST.

- **Моделювання:** Екологічні моделі можуть інтегрувати дані GEST, прямих вимірювань, ДЗЗ та моніторингу навколишнього середовища для прогнозування довгострокових змін та оцінки невизначеностей.

Узагальнюючи переваги та недоліки методу GEST потрібно наголосити, що до основних переваг методу належить його економічність, можливість охоплення великих територій без потреби у високотехнологічному обладнанні, достатня швидкість реалізації та відповідність принципам IPCC. Водночас точність GEST значною мірою залежить від досвіду ботаніка, якості класифікації та наявності локалізованих коефіцієнтів емісії. Крім того, метод не враховує негазові чинники впливу на обмін ПГ, зокрема динаміку температури чи мікробіоту. Для підвищення точності GEST доцільно поєднувати з прямими методами вимірювання (камери, eddy covariance), методами ДЗЗ (LiDAR, супутники, аерофото), сенсорними мережами (WSN) та екологічними моделями. Поєднання таких підходів дозволяє проводити валідацію, покращити просторове охоплення і врахувати сезонну та міжрічну мінливість.

3.3.6 Перспективи застосування в Україні

Українські торфовища, особливо на Поліссі, є важливими резервуарами вуглецю, однак значна їх частина перебуває у деградованому стані. Згідно з наявними узагальненими даними Інституту ґрунтознавства та агрохімії, Міністерства захисту довкілля і природних ресурсів України, а також міжнародних звітів (Global Peatland Assessment, FAO, UNEP), в Україні осушено та порушено близько 330–350 тис. га торфовищ, що становить приблизно 50–55 % від загальної площі торфовищ країни. На Поліссі, де зосереджено до 70 % торфовищ, частка деградованих (осушених, мінералізованих, еродованих або таких, що не беруть участі

40 Bolek, A., Heimann, M., and Göckede, M.: UAV-based in situ measurements of CO_2 and CH_4 fluxes over complex natural ecosystems, Atmos. Meas. Tech., 17, 5619–5636, <https://doi.org/10.5194/amt-17-5619-2024>, 2024.

у торфоутворенні) ділянок оцінюється у 60–65 %^{41,42}.

У проєктах з відновлення боліт перспективним є інтеграція GEST для оцінки впливу повторного зволоження, враховуючи досягнення нещодавно реалізованого проєкту LIFE Peat Restore^{9,10,39}. Проте залишається актуальною проблема адаптації підходу до українських типів рослинності, розробки локальних коефіцієнтів емісій та створення національного каталогу GEST. Необхідна системна та послідовна підтримка для забезпечення наукового супроводу впровадження підходу GEST в практичну діяльність з розвитку методів оцінювання потоків ПГ на торфовищах. Загалом, розвиток системи МЗВ для торфовищ в Україні потребує активної співпраці науковців, практиків, екологів та міжнародних партнерів.

Підхід GEST вважається цінним інструментом МЗВт для оцінки потоків ПГ та для застосування в проєктах з відновлення торфовищ. Його основні переваги – економічна ефективність та масштабованість – роблять його привабливим, особливо для застосу-

вання на великих територіях. Такий підхід є науково обґрунтованим, методологічно відпрацьованим та визнаним у міжнародній практиці способом непрямої оцінки потоків ПГ на торфовищах. Його впровадження дозволяє швидко та економічно обґрунтовано отримувати дані про викиди на великих площах, що важливо в умовах обмежених ресурсів. Однак, для забезпечення належної точності та надійності, GEST слід застосовувати з розумінням його обмежень та, за можливості, поєднувати з прямими вимірюваннями та геопросторовим аналізом для локальної калібрації/валідації, а також проводити регіональну адаптацію підходу на основі локальних досліджень, використовуючи сучасні технології ДЗЗ для точного картування вхідних параметрів. Подальші дослідження та розробка регіонально-специфічних коефіцієнтів викидів для різних GEST-типів є важливими для підвищення точності цього підходу. Приклади GEST з відповідними значеннями викидів парникових газів, які в умовах Полісся України обстежувалися О.О. Орловим, наведені в додатку В.

3.4 ІНТЕГРАЦІЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ (ГІС) ТА МОДЕЛЕЙ

Інтеграція геоінформаційних систем (ГІС) з екологічними процесними моделями є сучасним та перспективним підходом для підвищення точності МЗВ викидів парникових газів на торфовищах. Після проведення оцінки стану торфовищ за методом GEST, який дозволяє ідентифікувати і картографувати різні класи деградації та стан гідрології торфовищ, наступним кроком є інтеграція отриманих просторових даних у ГІС.

ГІС забезпечують об'єднання різноманітних даних — супутникових знімків, польових вимірювань, метеорологічної інформації, даних дронів та літакових зондувань — у єдину цифрову платформу. Це дає змогу створювати детальні карти розповсюдження торфовищ, їх характеристик (вологість,

глибина торфу, тип землекористування) та динаміки змін у часі.

Екологічні процесні моделі, такі як DNDC (Denitrification-Decomposition Model, <https://dndc.sr.unh.edu>) та CoupModel (<https://www.coupmodel.org>), інтегровані з ГІС, моделюють викиди CO₂, CH₄ і N₂O з урахуванням гідрологічних змін, кліматичних факторів і управлінських практик. Це дозволяє отримати точніші просторово-часові оцінки викидів парникових газів, а також прогнозувати вплив різних сценаріїв відновлення чи використання торфовищ.

Застосування такого інтегрованого підходу у країнах Балтії вже довело свою ефективність в оцінці викидів та розробці стратегій відновлення торфовищ (Jarašius et al.,

41 Конішук, В. В., Шумигай, І. В., Душко, П. М., & Мартиненко, В. В. (2024). Моніторинг сучасного стану торфовищ Західного Полісся. *Збалансоване природокористування*, 3(3). <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2024.314923>

42 Лико Д. В., Проневич В. А., Тогачинська О. В. (2020 р.). Екологічні проблеми осушених земель: деградація торфових покладів Полісся. *Екологія водно-болотних угідь і торфовищ: збірник наукових праць* (зб. 16). Рівне: РШУ. (українською мовою).

2022)³⁹. У Фінляндії подібні системи використовуються для моніторингу результатів відновлення торфовищ та прогнозування довгострокових змін у викидах парникових газів (Pohjola et al., 2020)⁴³.

Для України розвиток подібних інтегрованих ГІС-платформ із підтримкою моделювання є критично важливим для удосконалення національного обліку викидів

парникових газів у секторі торфовищ, підвищення якості звітності за стандартами UNFCCC (<https://unfccc.int>) та адаптації до вимог ЄС. Впровадження таких систем в подальшому сприятиме пріоритизації територій для заходів з відновлення торфовищ, а також посилить участь України у міжнародних ініціативах, таких як Global Peatlands Initiative (<https://www.globalpeatlands.org>).

43 Pohjola et al., 2020, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114891>

4. ПРЯМІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ІЗ ТОРФОВИЩ

4.1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЯМИХ МЕТОДІВ

Прямі методи вимірювання викидів ПГ з торфовищ базуються на безпосередній фіксації потоків вуглецю у вигляді CO₂, метану (CH₄) та закису азоту (N₂O) з поверхні ґрунту до атмосфери. Вони є основою **високоточних оцінок викидів** відповідно до Рівня/Tier 2 та Рівня/Tier 3 підходів, визначених Міжурядовою групою експертів зі змін клімату (МГЕЗК) [IPCC 2014, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2013gl/vol4.html>].

На відміну від **непрямих методів**, які використовують проксі-дані (наприклад, стан рослинності чи супутникові індекси) для опосередкованої оцінки змін, **прямі методи забезпечують безпосередній облік реального обміну ПГ між екосистемою торфовища та атмосферою**, з урахуванням просторової і часової динаміки.

До основних напрямів прямих вимірювань належать:

Камерні методи (static chamber methods) — найпоширеніша технологія, яка дозволяє локально фіксувати потоки CO₂, CH₄ та N₂O. Застосовується в багатьох дослідженнях, зокрема в межах ініціативи Peat GHG Research (<https://peatghg.com>).

Метод турбулентної коваріації (eddy covariance) за допомогою флюкс-тауерів — дає змогу вимірювати потоки ПГ у масштабі екосистеми з високою частотою та точністю (Baldocchi, 2003⁴⁴; ICOS Peatland Flux Sites, <https://www.icos-cp.eu>).

Оцінка змін запасів вуглецю в ґрунті — застосовується через ґрунтові свердловини, буріння, профілі та архівні зразки торфу. Дозволяє оцінити довготривалі зміни за часовими інтервалами.

Гідрологічний моніторинг — рівень ґрунтових вод є одним із ключових детермінантів емісій ПГ. Його постійне вимірювання (датчики вологості, температури, глибини) дає змогу інтерпретувати механізми утворення CO₂, CH₄ та N₂O.

Інтегровані in-situ ділянки спостереження (MRV plots) — комбінація усіх наведених вище методів у постійно моніторингових точках, що дозволяє проводити верифікацію даних з непрямих джерел (наприклад, GEST або супутникових індексів).

Прямі методи є **необхідним елементом національних програм МЗВт**, оскільки вони дозволяють: валідувати непрямі оцінки на основі моделей або дистанційного зондування; розраховувати локальні коефіцієнти емісій, характерні для конкретних типів торфовищ України; отримувати дані для сценарного аналізу змін землекористування та впливу заходів з відновлення.

Хоча реалізація таких підходів потребує значних ресурсів, навіть кілька репрезентативних ділянок із комплексним моніторингом здатні значно підвищити якість національної звітності та рівень відповідності міжнародним вимогам, зокрема рамкам ЄС (LULUCF) та UNFCCC (<https://unfccc.int>).

44 Baldocchi, D.D. (2003) Assessing the Eddy Covariance Technique for Evaluating Carbon Dioxide Exchange Rates of Ecosystems: Past, Present and Future. *Global Change Biology*, 9, 479–492. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00629.x>

4.2 КАМЕРИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОТОКІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

Одним з найбільш поширених і доступних методів для прямого вимірювання потоків ПГ з торфовищ є камера. Метод камер полягає в тому, що над поверхнею ґрунту встановлюється камера (закрита або напіввідкрита), у якій відбувається накопичення газів, які виділяються з торфу або рослинного покриву. Зміна концентрації ПГ (CO_2 , CH_4 , N_2O) в камері вимірюється за допомогою газоаналізатора або пробовідбірників із подальшим лабораторним аналізом. Цей метод дозволяє проводити вимірювання в різні пори року, на різних типах торфовищ, у тому числі деградованих і відновлених. Проте його чутливість до погодних умов і складність у забезпеченні репрезентативності потребує врахування кількох точок і повторень.

Принцип роботи

Суть камерного методу полягає у встановленні герметичної камери над ґрунтом (зазвичай об'ємом 10–60 л), у якій на визначений час фіксується зміна концентрації газів у повітрі. Зазвичай це:

- **статичні камери** (static chambers), де газ накопичується і проби відбираються вручну або за допомогою автоматизованих насосів;
- **напівстатичні/динамічні камери**, з вентиляцією та безперервним вимірюванням концентрацій (часто з газоаналізаторами типу IRGA або лазерними сенсорами).

Формула для розрахунку потоку газу (F), виходячи зі зміни концентрації газу в часі, має вигляд:

$$F = (\Delta C / \Delta t) \times (V / A)$$

де:

- F — потік газу ($\text{мг/м}^2/\text{год}$),
- $\Delta C / \Delta t$ — швидкість зміни концентрації газу в камері ($\text{мг/м}^3/\text{год}$),
- V — об'єм камери (м^3),
- A — площа ґрунту під камерою (м^2).

Переваги

- Висока чутливість навіть до незначних потоків.
- Можливість вибіркового дослідження мікросередовищ (наприклад, на купинах або в пониженнях).
- Відносно низька вартість у порівнянні з іншими методами.
- Придатність для мобільного використання на віддалених ділянках.

Обмеження

- Локальне покриття: одна камера охоплює лише 0,02–0,1 м^2 , тому потрібні повторення.
- Необхідність частого обслуговування та калібрування обладнання.
- Потенційне порушення мікроклімату при накривті камерами (ефект парника).
- Трудомісткий збір даних, особливо за різних погодних умов.

Досвід застосування

У межах проєкту LIFE Peat Restore [<https://life-peatrestore.eu>], камерні методи використовувалися на постійних ділянках у Латвії, Литві та Польщі для визначення ефективності повторного зволоження.

Фінський інститут природних ресурсів (LUKE) застосовує системи автоматизованих камер у поєднанні з сенсорами вологості та температури для багаторічного моніторингу (Peltola et al., 2022)⁴⁵.

В Україні пілотні вимірювання камерними методами проводилися на осушених торфовищах в межах ініціатив FAO Wetlands MRV та UNDP EURECCA у 2022–2023 роках (доступ до результатів наразі обмежений).

Практичні рекомендації для України

- Встановлення постійних камерних майданчиків на торфовищах різних типів (осушених, деградованих, відновлених) із урахуванням зональної репрезентативності.

45 Peltola et al., 2022, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157415>

- Застосування уніфікованих протоколів відбору проб відповідно до IPCC та ISO 20951:2018 (Greenhouse gases – Measurement of fluxes using non-steady state chambers).
- Забезпечення сезонного охоплення (вегетаційний та холодний періоди) та повторюваності вимірювань.

4.3. МЕТОД ТУРБУЛЕНТНОЇ КОВАРІАЦІЇ (ФЛЮКС-ТАУЕРИ)

Метод турбулентної коваріації (eddy covariance) є найбільш науково обґрунтованим і точним прямим методом вимірювання потоків ПГ, особливо вуглекислого газу (CO_2) та метану (CH_4) між торфовищем і атмосферою. Він дає змогу безперервно реєструвати чистий обмін газів на екосистемному рівні в реальному часі.

Принцип дії

Метод ґрунтується на одночасному високочастотному вимірюванні вертикальної швидкості повітря та концентрацій газів (часто із частотою 10–20 Гц). Потік газу визначається як середній добуток відхилень миттєвих значень вертикальної швидкості та концентрації газу:

$$F = w' \times c'$$

де:

- F — потік газу ($\text{мг/м}^2/\text{с}$),
- w' — флуктуації вертикальної швидкості вітру,
- c' — флуктуації концентрації газу.

Для таких вимірювань використовуються **флюкс-тауери** — спеціалізовані метеорологічні вежі, обладнані анеометрами, газоаналізаторами, метеосенсорами та іноді камерами спостереження.

Переваги

- Безперервні вимірювання у реальному часі, що охоплюють добові та сезонні коливання.
- Репрезентативність на масштабах від 100 м до декількох км^2 (залежно від рельєфу і вітру).
- Підходить для валідування моделей, калібрування супутникових продуктів та оцінки загального балансу вуглецю.

Обмеження

- Висока вартість обладнання та експлуатації.
- Складність у встановленні (потрібна вежа 2–10 м, електроживлення, телеметрія).
- Потребує відкритої рівнинної місцевості без сильного впливу країв масиву (edge effect).
- Необхідність складної післяобробки даних (наприклад, корекція потоків при малому турбулентному перемішуванні або нічних інверсіях).

Досвід застосування

У межах європейської мережі ICOS (Integrated Carbon Observation System) флюкс-тауери встановлено на торфовищах у Фінляндії, Естонії, Польщі, Німеччині, що забезпечує отримання високоякісних даних в довготривалому часовому періоді (<https://www.icos-cp.eu>).

У Німеччині флюкс-тауери використовувались для оцінки ефективності відновлення деградованих торфовищ (Beetz et al., 2013)⁴⁶. У Латвії та Литві флюкс-тауери в рамках проєкту LIFE Peat Restore підтвердили значне скорочення викидів ПГ після повторного зволоження (Jarašius et al., 2022)³⁹.

Актуальність для України

У нинішніх умовах встановлення флюкс-тауерів в Україні ускладнено через військові ризики, брак усталеної мережі дослідницьких платформ і фінансування. Проте, Україна може використовувати дані з близьких за кліматом і типом торфовищ ICOS-станцій для адаптації коефіцієнтів викидів. Варто планувати розгортання флюкс-тауерів на ключових типах

46 Beetz, S., Liebersbach, H., Glatzel, S., Jurasinski, G., Buczko, U., and Höper, H.: Effects of land use intensity on the full greenhouse gas balance in an Atlantic peat bog, Biogeosciences, 10, 1067–1082, <https://doi.org/10.5194/bg-10-1067-2013>, 2013

торфовищ після завершення бойових дій. Доцільно передбачити участь українських науково-дослідних установ у міжнарод-

них програмах, таких як ICOS або Fluxnet (<https://fluxnet.org>), для обміну знаннями і гармонізації методів.

4.4 ЛАБОРАТОРНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ, ВОДИ Й ГАЗІВ

Лабораторні методи відіграють критичну роль у валідації, калібруванні й уточненні результатів, отриманих за допомогою польових вимірювань і непрямих методів. У контексті моніторингу викидів парникових газів з торфовищ лабораторні аналізи застосовуються для: визначення вмісту органічної речовини, зольності, вологості й щільності торфу; оцінки концентрацій вуглецю, азоту та інших біогенних елементів у зразках ґрунту та води; аналізу газових проб, відібраних із камер або зразків повітря, на вміст CO₂, CH₄ та N₂O.

Методи відбору та зберігання зразків

Зразки ґрунту зазвичай відбирають за допомогою бурів або циліндричних пробовідбірників, що дозволяють зберегти структуру профілю. Для аналізу газів використовуються спеціальні герметичні ємності (напр., вакуумні флакони або газові пакети) або автоматизовані пробовідбірники, інтегровані з польовими камерами. Зразки води з дренажних каналів або поверхневих водойм, які є частиною гідрологічного комплексу торфовища, відбираються у відповідності до стандартних процедур гідрохімічного аналізу.

Методи аналізу вмісту вуглецю та азоту

Основними лабораторними методами визначення вмісту загального органічного вуглецю (TOC) та загального азоту (TN) у ґрунті є:

Сухе спалювання (dry combustion) у аналізаторах типу LECO (напр., TruSpec CN, Elementar Vario), що забезпечує високу точність ($\pm 0,01\%$) і одночасно вимірює вміст C і N.

Вологе окиснення (Walkley–Black

method) для TOC — менш точний, але економічніший метод, що застосовується в разі обмежених ресурсів.

Аналіз парникових газів у газових пробах

Для оцінки концентрацій CO₂, CH₄ і N₂O з проб повітря найчастіше використовуються:

- Газова хроматографія (GC) з відповідними детекторами:
- FID (детектор полум'яної іонізації) для CH₄;
- ECD (електронозахоплюючий детектор) для N₂O;
- TCD (теплопровідний детектор) для CO₂.

Ці методи мають високу чутливість і точність, що дозволяє виявляти навіть незначні зміни концентрацій ПГ у порівнянні з фоновими значеннями.

Переваги та обмеження

Переваги	Обмеження
Висока точність і чутливість	Висока вартість обладнання
Можливість калібрування польових методів	Необхідність спеціалізованого персоналу
Забезпечення даних для моделей вуглецевого балансу	Обмежене територіальне охоплення

Застосування в Україні

Лабораторні аналізи активно використовуються у вітчизняних науково-дослідних проєктах, зокрема в межах робіт Інституту ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н. Соколовського, НУБіП, а також у рамках міжнародних ініціатив FAO Wetlands MRV та LIFE Peat Restore.

4.5 АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОТОКІВ

Автоматизовані системи моніторингу потоків парникових газів — це технологічні рішення, які дозволяють безперервно, з ви-

сокою роздільною здатністю в часі, відстежувати потоки CO₂, CH₄ та N₂O з поверхні торфовищ до атмосфери. Ці системи усу-

вають потребу в частих польових виїздах і зменшують похибки, пов'язані з ручним вимірюванням.

Компоненти систем

Типова автоматизована система складається з:

- **Автоматизованих камер** — пересувні або стаціонарні, які відкриваються і закриваються за заданим графіком;
- **Газоаналізаторів** — пристрої для вимірювання концентрацій газів (наприклад, LI-COR LI-7810, Los Gatos, Picarro);
- **Системи збору та зберігання даних** — логери, інтегровані з сенсорами температури, вологості, освітленості тощо;
- **Джерела енергії** — сонячні панелі або акумулятори;
- **Метеостанції** — для збору допоміжних метеоданих.

Принцип роботи

Система здійснює автоматичне вимірювання потоків парникових газів через встановлені часові інтервали. Камера закривається над ґрунтом, і в ній вимірюється зміна концентрацій ПГ протягом кількох хвилин. Дані зчитуються в реальному часі або зберігаються для подальшої обробки.

Переваги

- Висока частота вимірювань (від щохвилинного до погодинного);
- Можливість моніторингу сезонної та добової динаміки;
- Зменшення людського чинника та похибок від ручного зчитування;
- Можливість віддаленого керування та контролю.

Обмеження

- Висока вартість обладнання та обслуговування;
- Потреба в надійному джерелі енергії;
- Потреба в захисті від вандалізму та погодних умов.

Приклади застосування

Автоматизовані системи активно використовуються в Європі в рамках мережі ICOS (Integrated Carbon Observation System, <https://www.icos-cp.eu>) для моніторингу обмінів вуглецю на торфовищах, а також у проєктах LIFE Peat Restore у Німеччині та Латвії (Jarašius et al., 2022)³⁹. У Фінляндії та Естонії подібні системи доповнюються мобільними платформами на базі роботизованих возиків.

В Україні повномасштабне впровадження автоматизованих систем наразі обмежене, однак можливе в рамках наукових експериментальних майданчиків після стабілізації безпекової ситуації.

4.6 КАЛОРИМЕТРИЧНІ МЕТОДИ ТА МІКРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Калориметричні та мікрометеорологічні методи оцінки потоків ПГ з поверхні торфовищ базуються на вимірюванні концентрацій та переміщення газів у межах атмосферного прикордонного шару. Ці підходи дозволяють отримувати інтегровані оцінки нетто-викидів (чистих викидів) на масштабах ділянок, що охоплюють десятки гектарів, без потреби в багатьох точкових вимірах.

Мікрометеорологічний метод турбулентної коваріації (eddy covariance)

Це один з найточніших методів для безперервного моніторингу потоків CO₂, CH₄

та водяної пари з екосистеми. Він базується на одночасному вимірюванні вертикальних флуктуацій швидкості повітря та концентрацій газів.

Компоненти системи:

- тривимірний анемометр (ультразвуковий);
- газоаналізатор високої точності (наприклад, LI-COR, Picarro);
- система збору даних з високою частотою (10–20 Гц).

Переваги:

- вимірювання у природних умовах без порушення поверхні;
- висока частота даних (щохвилинна або погодинна);
- можливість оцінки добових та сезонних трендів.

Обмеження:

- висока вартість обладнання;
- потреба у відкритій території (мінімальні перешкоди вітровому потоку);
- складна обробка та калібрування даних.

Застосування

Метод широко використовується у Європі, зокрема в мережі EC FluxNet (<https://fluxnet.org>), ICOS (<https://www.icos-cp.eu>) та у проєктах з моніторингу торфовищ (наприклад, в Латвії, Німеччині, Фінляндії).

Калориметричні підходи

Калориметричні методи застосовуються рідше, зазвичай у лабораторних умовах або для вимірювання теплового ефекту від процесів розкладання органічної речовини. Вони не є стандартним інструментом для оцінки ПГ з торфовищ у полі, однак можуть використовуватися як додаткові валидаційні методи в дослідженнях біогеохімічних процесів.

Перспективи для України

Використання мікрометеорологічних веж турбулентної коваріації може суттєво посилити наукову базу для оцінки потоків ПГ на українських торфовищах. Такі установки варто розміщувати на експериментальних майданчиках для довгострокового моніторингу ефективності заходів з відновлення. Після завершення війни й відновлення інфраструктури ці методи можуть інтегруватися в національну систему МЗВт.

4.7 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПОЛЬОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПРЯМИХ ВИМІРІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ТОРФОВИЩАХ

Для отримання достовірних даних про викиди ПГ з торфовищ, важливо правильно організувати польові спостереження, враховуючи специфіку екосистеми, сезонні коливання та особливості технічного обладнання. Проведення систематичних вимірювань потребує залучення профільних наукових установ та формування польових баз спостережень, спроможних забезпечити довгостроковий моніторинг на репрезентативних ділянках торфовищ (перелік рекомендованих інституцій наведено в Додатку А).

Вибір ділянок моніторингу: Слід обирати репрезентативні ділянки, які відображають різні стани торфовищ: природні, осушені, деградовані, відновлені. Важливо враховувати гідрологічні умови, тип рослинності, рівень осушення та землекористування.

Частота та тривалість вимірювань: Рекомендується проводити регулярні вимірювання протягом усього року, з особливою

увагою до сезонних піків викидів (весняно-літній період). Мінімальний період моніторингу — один календарний рік для охоплення сезонних циклів.

Методика збору даних: Використання камерних систем для вимірювання потоків CO_2 , CH_4 і N_2O має базуватись на стандартизованих протоколах, що забезпечують точність та повторюваність результатів. Важливо контролювати температуру, вологість та тиск у камерах.

Калібрування та верифікація обладнання: Регулярне калібрування газоаналізаторів і перевірка цілісності камер необхідні для зниження похибок. Верифікацію результатів рекомендується проводити порівнянням із контрольними точками та паралельними методами.

Документування та збереження даних: Усі вимірювання повинні бути задо-

кументовані з детальним описом умов спостережень, координатами точок, часом та методикою. Дані слід зберігати у цифровому форматі для подальшого аналізу, інтеграції з іншими джерелами та звітності.

Врахування впливу антропогенних факторів: Під час організації польових спостережень важливо мінімізувати вплив люд-

ської діяльності на обрану ділянку, а також фіксувати можливі зміни у використанні землі чи господарських заходах, які можуть вплинути на викиди ПГ.

Впровадження цих рекомендацій сприятиме підвищенню якості даних МЗВт, що є ключовим для прийняття ефективних управлінських рішень щодо відновлення та збереження торфовищ України.

5. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ МЗВ ДЛЯ ТОРФОВИЩ

Організація МЗВ потоків ПГ з торфовищ для національної та міжнародної звітності повинна базуватися на науково-обґрунтованих підходах до систематичного збору даних для кількісної оцінки потоків ПГ у торфовищах, які включають визначення джерел даних, методів відбору проб і частоту збору даних.

Протоколи МЗВт викидів ПГ розробляються для організації систематичного збору даних, що дозволяє кількісно оцінювати потоки ПГ та ефективність заходів з відновлення торфовищ. Нижче наведено детальний огляд ключових міжнародних підходів та методологій, які застосовуються у цій сфері.

5.1 ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ПРОТОКОЛУ МОНІТОРИНГУ ПГ У ТОРФОВИЩАХ

5.1.1. Визначення меж та стратифікація території

Першим кроком є чітке визначення меж досліджуваної території та її стратифікація за типами торфовищ, гідрологічними умовами, типами рослинності та історією землекористування. Це дозволяє забезпечити репрезентативність вибірки та точність оцінок викидів ПГ.⁴⁷

5.1.2. Вибір вуглецевих пулів для моніторингу

Основна увага приділяється органічному вуглецю в ґрунті (торфі), але також враховуються надземна та підземна біомаса, мертва органіка та вуглець, що транспортується водою.

5.1.3. Методи вимірювання викидів ПГ

Статичні камери: використовуються для періодичних вимірювань викидів CO₂, CH₄ та N₂O на рівні окремих ділянок.

Автоматизовані камери: забезпечують безперервний моніторинг без участі людини.

Технологія турбулентної коваріації (*eddy covariance*): встановлюється на флюкс-тауерах для безперервного вимірювання потоків ПГ на ландшафтному рівні.

Моніторинг рівня підґрунтових вод: відстежує рівень підґрунтових вод, який є критичним чинником викидів ПГ у торфовищах. Низький рівень ґрунтових вод

зазвичай призводить до збільшення викидів CO₂, тоді як високий рівень сприяє викидам CH₄. Глибина рівня підґрунтових вод є критичним фактором для викидів ПГ. Її вимірюють за допомогою автоматичних логерів або ручних методів. Також враховуються параметри якості води, такі як концентрації розчиненого та зваженого органічного вуглецю

Моніторинг температури та вологості ґрунту: важливий для розуміння умов до-вкілля, які впливають на потоки ПГ, оскільки вони значно впливають на мікробну активність, що зумовлює ці викиди.⁴⁸

Супутникові знімки: використовуються для оцінки змін у рослинному покриві, вологості торфу та інших екосистемних параметрів. Це дозволяє масштабувати оцінки на великі території та інтегрувати їх з даними наземного моніторингу. Використання оптичних і радарних супутникових даних (наприклад, *Sentinel-1*, *Landsat*) для моніторингу змін у землекористуванні, стану рослинності та гідрологічної динаміки на великих територіях торфовищ.

LIDAR та безпілотні літальні апарати (БПЛА): забезпечують дані високої роздільної здатності про топографію торфовищ і виявляють зміни у висоті поверхні, пов'язані з осіданням або накопиченням торфу.

47 Kauffman J.B. et al. Protocols for the measurement, monitoring, and reporting of structure, biomass, carbon stocks and greenhouse gas emissions in tropical peat swamp forests. *WORKING PAPER* 221. 2016. <https://doi.org/10.17528/CIFOR/006429>

48 Peatland ACTION Partnership Monitoring Strategy 2024-2030. URL: <https://www.nature.scot/doc/peatland-action-monitoring-strategy>

5.1.4 Вибір місця розташування проб

Стратифікований випадковий відбір проб: гарантує, що ділянки моніторингу представляють різноманітні умови торфовищ (наприклад, осушені та недоторкані, природні та керовані) по всій території дослідження. Це методика вибіркового дослідження, яка поєднує переваги стратифікації та випадковості, дозволяючи отримати точніші репрезентативні дані при меншій кількості зразків. Цей підхід широко використовується в екологічному моніторингу, зокрема для оцінки викидів ПГ з торфовищ.

Етапи реалізації

1. Стратифікація території. Поділ торфовища на однорідні ділянки за ключовими критеріями⁷:

- Гідрологічні умови: вологість, рівень підґрунтових вод.
- Тип рослинності: осока, мохи (сфагнум), деревна рослинність.
- Історія землекористування: осушене, повторно зволожено, недоторкане торфовище.
- Тип ґрунту: ступінь розкладу торфу. Fibric — слабозрозкладений торф (фібрік). Hemic — середньозрозкладений торф (гемік). Sapric — сильнорозкладений торф (сапрік)
- Топографія: мікрорельєф (впадини, гребені).

2. Визначення кількості проб на страту

Можна обрати пропорційне розподілення (залежно від площі), або оптимізоване розподілення (з урахуванням дисперсії даних). На більших чи неоднорідних ділянках слід відібрати більше зразків.⁴⁹

3. Випадковий відбір проб всередині кожної страти

У межах страти точки відбору визначаються випадковим чином: наприклад, за допомогою ГІС або генератора випадкових координат.

Важливо уникати суб'єктивності чи зміщення (наприклад, не брати проби лише біля доріг або стежок).

Вибір еталонної ділянки. Встановлення недоторканих торфовищ, як еталонних ділянок для порівняння потоків ПГ із деградованими або торфовищами у господарському використанні.⁵⁰

5.1.5. Частота моніторингу

Сезонний моніторинг. Проведення вимірювань потоків ПГ у ключові сезони (наприклад, під час вологих і сухих періодів) для відстеження тимчасових змін. Сезонний моніторинг полягає у проведенні серії вимірювань потоків ПГ (передусім CO₂, CH₄ та N₂O) у ключові періоди року, щоб зафіксувати сезонну динаміку емісій. Цей підхід є критично важливим, оскільки торфовища демонструють високу сезонну варіабельність через зміну температури, вологості, вегетації, снігового покриву тощо.

Основні цілі сезонного моніторингу

Встановити річний цикл емісій ПГ

Визначити пікові періоди викидів або поглинання

Зрозуміти вплив гідрологічного режиму та кліматичних умов

Забезпечити репрезентативність для річної оцінки викидів згідно з вимогами МГЕЗК⁷

Практика сезонних вимірювань

Типові методи вимірювання

Камерний метод (*chamber method*): використовується для вимірювання потоків газів на поверхні ґрунту

Стаціонарні камери – дають змогу відстежувати зміну в часі

Мобільні камери – дають змогу охопити більше ділянок

Газоаналізатори: інфрачервоні (CO₂), лазерні (CH₄), хроматографи (усі ПГ, включно з N₂O)

Інструменти супровідного моніторингу

Температура ґрунту та повітря

Вологість ґрунту

Глибина рівня підґрунтових вод

49 Handbook for GHG Emissions from Peatlands (Global Peatlands Initiative). URL: <https://globalpeatlands.org/resource-library>

50 Peatland-ES-UK Toolkit. URL: <https://peatland-es-uk.york.ac.uk>

Вибір точок

Повинен базуватись на стратифікованому випадковому відборі. У кожній точці заміри повторюються по 3–5 разів для усереднення

Кількість повторень

Для надійної оцінки потоку на кожну точку зазвичай проводять 3–6 вимірювань протягом 24 годин, щоб врахувати добову динаміку.

Обробка даних

Потоки газів обчислюються у $\text{мг/м}^2/\text{год}$ або $\text{г/м}^2/\text{день}$

За допомогою інтеграції по сезонах оцінюють річні баланси:³

$$\text{Annual flux} = \sum_{i=1}^4 (\text{Mean seasonal flux} \times \text{Length of season})$$

Довгостроковий моніторинг

Забезпечення безперервного збору даних протягом кількох років для відстеження тенденцій і оцінки довгострокових наслідків управлінських практик або відновлення природного стану торфовищ. Довгостроковий моніторинг потоків ПГ з торфовищ є ключовим елементом у системі оцінки змін клімату та ефективності природоохоронних заходів. Торфовища – це важливі природні резервуари вуглецю, однак за певних умов (дренування, осушення, розорювання, пожежі) вони можуть перетворюватися з поглиначів вуглецю на його джерела, вивільняючи значні обсяги вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4) та закису азоту (N_2O).⁵¹

Цілі довгострокового моніторингу

- **Оцінка балансу ПГ** – визначення, чи є торфовище джерелом чи поглиначем парникових газів.
- **Аналіз впливу господарської діяльності** – моніторинг змін у потоках ПГ

у відповідь на дренаж, рекультивацію, повторне зволоження тощо.

- **Оцінка ефективності природоохоронних заходів** – перевірка результативності заходів щодо збереження або відновлення торфовищ.
- **Внесок у національні звіти** – забезпечення надійних даних для звітності в межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (РКЗК ООН).⁵²

Основні компоненти моніторингу

Польові вимірювання:

Використання газоаналізаторів та закритих камер для безпосереднього вимірювання потоків ПГ (зокрема, CO_2 , CH_4 , N_2O).

Застосування автоматизованих систем для безперервного моніторингу.

Вимірювання гідрологічних параметрів – рівень ґрунтових вод, температура, вологість.

Збір даних про рослинність, структуру ґрунту та кліматичні умови.

Дистанційне зондування

Супутникові та аерофотознімки для виявлення змін у покритті поверхні, вологості ґрунту, вегетації.

Технології на основі дронів для точкових досліджень.

Моделювання

Створення моделей для оцінки потоків ПГ на основі польових даних та кліматичних сценаріїв.

Прогнозування довгострокових тенденцій в умовах змін клімату.

Тривалість і регулярність

Моніторинг має здійснюватися безперервно, або за сезонною схемою (залежно від цілей дослідження) протягом багатьох років для врахування міжрічних коливань. Оптимально – 10+ років для формування надійної статистики.⁵³

51 Mander Ü., Öpik M., Espenberg M. Global peatland greenhouse gas dynamics: state of the art, processes, and perspectives. *New Phytologist*. 2025. <https://doi.org/10.1111/nph.20436>

52 Yang T. et al. Impact of drainage on peatland soil environments and greenhouse gas emissions in Northeast China. *Scientific Reports*. 2025. volume 15, Article number: 8320.

53 1. IUCN UK Peatland Programme briefing: Peatlands and Methane. URL: <https://globalpeatlands.org/resource-library/iucn-uk-peatland-programme-briefing-peatlands-and-methane>

Важливість проведення як сезонного так і довгострокового моніторингу не підлягає сумніву, зокрема, своєчасно проведений моніторинг дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо землекористування та точно оцінювати джерела та поглиначі ПГ (CO_2 , CH_4 , N_2O), відстежувати динаміку викидів у різних секторах (енергетика, сільське господарство, лісове господарство, землекористування) та ефективність кліматичних політик. Також він може сприяти міжнарод-

ним ініціативам зі зменшення викидів ПГ (наприклад, REDD+, UNFCCC) і є критично важливим для країн з великою площею торфовищ, зокрема України, де значна частина осушених торфовищ потребує реабілітації. Надійні дані моніторингу необхідні для національної та міжнародної звітності, формування кліматостійких стратегій розвитку, а також для обґрунтування фінансування кліматичних проектів.

5.2. ЗВІТНІСТЬ

Протокол звітності визначає вимоги щодо складання, документування та поширення результатів моніторингу потоків ПГ у торфовищах. Основним керівним документом, відповідно до якого мають складатися звіти щодо оцінки потоків ПГ, є **Керівництво МГЕЗК (IPCC): Дотримання Керівництва Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC) для національних інвентаризацій парникових газів**, яке надає методи оцінки викидів ПГ від землекористування, зміни землекористування та лісового господарства (LULUCF), включаючи торфовища.

При цьому для розрахунків має використовуватися **трирівневий підхід**. Використання трирівневого підходу (від рівня 1 до рівня 3) залежатиме від доступності та роздільної здатності даних.

Рівень 1: Використання стандартних факторів викидів, наданих IPCC, для загальних оцінок.

Рівень 2: Застосування специфічних для країни факторів викидів та даних про діяльність для більш точних оцінок.

Рівень 3: Використання даних високої роздільної здатності, передових моделей і вимірювань на місцях для найточніших оцінок.

5.2.1. Сфера звітності

Щорічні звіти: підготовка щорічних звітів із детальною інформацією про потоки ПГ, включаючи розподіл за газами (CO_2 , CH_4 , N_2O) та умовами ділянок (наприклад, осушені, повторно зволожені).

Аналіз невизначеності: включення аналізу невизначеності, який кількісно оцінює

рівні довіри до звітних даних про викиди, виявляючи можливі джерела помилок та варіабельності.

Комунікація зі зацікавленими сторонами: поширення результатів серед зацікавлених сторін, включаючи державні установи, неурядові організації та місцеві громади, для підтримки прийняття рішень та розробки політики.

5.2.2. Збір і зберігання даних

Стандартизовані формати даних: Використання уніфікованих шаблонів і форматів для збору даних з метою забезпечення порівняльності між ділянками спостережень, методами вимірювань і часовими періодами.

Централізована база даних: Зберігання всіх первинних і оброблених даних у централізованій, захищеній базі даних, що забезпечує контроль доступу, трасованість змін, можливість інтеграції з геоінформаційними системами та використання в національній звітності. Функції адміністрування та аналітичної підтримки такої бази доцільно закріплювати за профільними науковими та аналітичними установами на національному рівні (див. категорію А в Додатку А).

Архівування та збереження копій бази даних: Резервне копіювання має здійснюватися на регулярній основі, із застосуванням захищених середовищ зберігання, хмарних технологій, періодичним тестуванням процедур відновлення та забезпеченням оперативного доступу до архівів у разі технічних збоїв або надзвичайних ситуацій.

5.2.3. Забезпечення контролю якості даних (QA/QC)

Калібрування, це процес налаштування вимірювального приладу для забезпечення його точності відповідно до відомих стандартів. У контексті вимірювання ПГ з ґрунту, калібрування є необхідним для:

Забезпечення точності вимірювань: з часом прилади можуть втрачати точність через знос або вплив зовнішніх факторів. Регулярне калібрування гарантує, що прилади відображають реальні значення концентрацій ПГ. Міжккалібрувальні інтервали можна визначати відповідно до рекомендацій ДСТУ ILAC-G 24/OIML D 10:2013 Метрологія. Настанови щодо визначення міжккалібрувальних інтервалів засобів вимірювальної техніки (ILAC-G 24/OIML D 10:2007, IDT) враховуючи тривалість роботи приладів

Відповідності нормативним вимогам: моніторинг викидів ПГ повинен проводитися відповідно до затверджених планів моніторингу, які включають вимоги до калібрування приладів.

Підвищення достовірності даних: калібровані прилади забезпечують більш надійні дані, що є важливим для аналізу та прийняття рішень у сфері охорони довкілля.

Валідація, це процес перевірки та підтвердження того, що зібрані дані відповідають встановленим стандартам та є придатними для подальшого аналізу. У сфері вимірювання ПГ з ґрунту валідація включає:

Перевірку відповідності стандартам: дані повинні відповідати вимогам стандартів, таких як ISO 14064-3, який визначає специфікації та настанови з верифікації та валідації заяв про ПГ.

Оцінку якості даних: валідація дозволяє виявити та виправити помилки або неточності в даних, що може бути наслідком неправильного калібрування приладів або інших факторів.

Забезпечення надійності звітності: валідація гарантує, що звіти про викиди ПГ є точними та достовірними, що є важливим для звітності перед національними та міжнародними органами.

Стандарти та нормативні документи

Для забезпечення точності та надійності вимірювань ПГ з ґрунту слід дотримуватися наступних стандартів та нормативних документів:

ISO 14064-3:2019: цей стандарт встановлює вимоги та настанови з верифікації та валідації заяв про ПГ. Національний стандарт ДСТУ ISO 14064-3:2019 є ідентичним до ISO 14064-3:2019.

Регламент Комісії (ЄС) № 601/2012: встановлює вимоги до моніторингу та звітування щодо викидів ПГ у Європейському Союзі.⁵⁴⁵⁵

Особливості вимірювання ПГ з ґрунту

Вимірювання ПГ з ґрунту має свої специфічні особливості:

Вибір приладів: для вимірювання концентрацій ПГ, таких як CO₂, CH₄ та N₂O, використовуються спеціалізовані прилади, які повинні бути чутливими до низьких концентрацій та мати високу точність.

Умови експлуатації: прилади часто використовуються в польових умовах, де можуть піддаватися впливу температурних коливань, вологості та інших факторів. Це підвищує вимоги до їх калібрування та обслуговування.

Регулярне обслуговування: для забезпечення точності вимірювань необхідно регулярно проводити технічне обслуговування приладів, включаючи їх калібрування та перевірку працездатності.

Рекомендації

Регулярне калібрування: проводити калібрування приладів згідно з інструкціями виробника та вимогами нормативних документів.

54 Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України №113 від 15.02.2021. Про затвердження типових форм документів у сфері моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів та вимог до їх заповнення. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/495980_673498

55 Проект ДСТУ ISO 14064-3:2019 (ідентичний міжнародному стандарту ISO 14064-3:2019). Парникові гази. Частина 3. Настанови з верифікації та валідації заяв про парникові гази. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/PR-DSTU-14064-3-06.12.2023.docx>

Документування процесів: всі процедури калібрування та валідації повинні бути належним чином задокументовані для забезпечення прозорості та можливості аудиту.

Підвищення кваліфікації персоналу: належна підготовка та навчання персоналу, відповідального за вимірювання ПГ, щодо процедур калібрування та валідації.

Використання сертифікованих приладів: використовувати прилади, які відповідають

міжнародним стандартам та мають відповідні сертифікати якості.⁵⁶

Забезпечення точності та надійності вимірювань ПГ з ґрунту є ключовим елементом у боротьбі зі зміною клімату та досягненні цілей сталого розвитку. Дотримання процедур калібрування та валідації, а також відповідність встановленим стандартам, сприяє одержанню достовірних даних для прийняття обґрунтованих рішень у сфері охорони довкілля.

5.3. ВЕРИФІКАЦІЯ

Протокол верифікації забезпечує точність, прозорість і достовірність звітних потоків ПГ через незалежну оцінку.

5.3.1. Внутрішні аудити QA/QC

Внутрішні перевірки: регулярне проведення внутрішніх аудитів процедур збору, обробки та звітності даних для забезпечення дотримання встановлених протоколів.

Коригувальні дії: впровадження коригувальних заходів для вирішення будь-яких проблем, виявлених під час аудитів.

5.3.2. Верифікація третьою стороною

Вибір верифікаторів та акредитовані організації: залучення незалежних, акредитованих верифікаційних організацій з до-

свідом роботи в екосистемах торфовищ та обліку ПГ для проведення верифікації третьою стороною.

Процес верифікації

Візити на місця: верифікатори проводять візити на місця для оцінки точності налаштування моніторингу, методів збору даних та загальної реалізації МЗВТ.

Огляд документації: верифікатори перевіряють усю відповідну документацію, включаючи записи даних, звіти та процедури QA/QC, щоб забезпечити прозорість і точність.

Верифікаційна заява: після завершення верифікатор видає верифікаційну заяву з підсумком висновків та висловленням думки про надійність звітних потоків ПГ.

5.4. ЗАПОБІЖНІ ДІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ, НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕРЕРВНОСТІ ПРОЦЕСУ МЗВТ

Комплекс проактивних запобіжних дій, спрямованих на ідентифікацію та усунення потенційних причин збоїв, помилок та невідповідностей має охоплювати усі етапи життєвого циклу МЗВТ - від збору польових даних до складання, документування та поширення

фінального звіту. Метою цих дій є мінімізація ризиків, підвищення довіри до результатів моніторингу та забезпечення відповідності вимогам національних та міжнародних стандартів, наприклад, керівництв МГЕЗК, стандартів добровільних вуглецевих ринків.

⁵⁶ Регламент Комісії (ЄС) № 601/2012 від 21 червня 2012 року. Про моніторинг та звітування про викиди парникових газів відповідно до Директиви 2003/87/ЄС. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/komisii-es-6012012.pdf>

Запобіжні дії на етапі моніторингу та збору первинних даних

Потенційний ризик	Запобіжна дія	Відповідальний	Періодичність
Втрата даних через збій обладнання (вихід з ладу логерів, сенсорів, розрядка батарей)	1. Регулярне технічне обслуговування та калібрування обладнання за затвердженим графіком 2. Використання обладнання з дублюючими системами збереження даних (якщо можливо) 3. Наявність на польовій базі резервного комплекту критично важливого обладнання	Керівник польових робіт, Технічний спеціаліст	Перед кожним польовим сезоном, щоквартально
Людські помилки при вимірюваннях та записах (неправильна установка камер, помилки в польових журналах)	1. Розробка та впровадження стандартизованих операційних процедур (СОП) для всіх видів польових робіт 2. Регулярне навчання та атестація польового персоналу 3. Використання цифрових форм/додатків для збору даних з вбудованими перевітками на логічність та повноту	Керівник групи МЗВт, Керівник польових робіт	Щорічно, перед початком робіт
Некоректність даних через зовнішні фактори (пошкодження обладнання тваринами, вандалізм)	1. Встановлення обладнання в захисних боксах або з використанням огорожі 2. Регулярні візуальні інспекції моніторингових ділянок 3. Розміщення інформаційних табличок про проведення наукових досліджень	Польовий персонал	Під час кожного візиту на ділянку

Запобіжні дії на етапі складання звіту та документування (обробка даних та розрахунки)

Потенційний ризик	Запобіжна дія	Відповідальний	Періодичність
Помилки в розрахунках потоків ПГ (неправильне застосування формул, коефіцієнтів)	1. Використання валідованих та автоматизованих скриптів/шаблонів для розрахунків 2. Впровадження принципу “чотирьох очей” (подвійний контроль): перевірка розрахунків іншим кваліфікованим спеціалістом 3. Чітке документування всіх етапів розрахунків та версій використаних коефіцієнтів	Аналітик даних, Керівник групи МЗВт	При кожному циклі розрахунків
Втрата або пошкодження цифрових даних (файлів з вимірюваннями, розрахунками)	1. Впровадження політики регулярного резервного копіювання даних на два незалежні носії (напр., локальний сервер + хмарне сховище) 2. Використання систем контролю версій (напр., Git, SharePoint) для робочих файлів	ІТ-спеціаліст, Аналітик даних	Щоденно/Щотижнево
Невідповідність звіту вимогам стандарту або замовника	1. Використання затвердженого шаблону звіту, що включає всі обов’язкові розділи 2. Проведення внутрішнього перед-аудиту звіту на відповідність вимогам перед його фіналізацією. 3. Ведення чек-листа відповідності вимогам стандарту	Керівник групи МЗВт, Відповідальний за якість	Перед подачею кожного звіту
Непростежуваність результатів (неможливість відтворити розрахунок від первинних даних до кінцевого результату)	1. Підтримка чіткої та логічної структури папок та файлів 2. Створення “супровідного документа” (readme file), що описує весь шлях обробки даних, використане програмне забезпечення та скрипти 3. Збереження всіх проміжних результатів та лог-файлів обробки	Аналітик даних	Постійно

Запобіжні дії на етапі поширення та архівації результатів моніторингу

Потенційний ризик	Запобіжна дія	Відповідальний	Періодичність
Несанкціонований доступ або витік конфіденційної інформації	1. Розробка та дотримання політики управління доступом до даних та звітів 2. Використання захищених каналів для передачі звітів (напр., шифрування, захищені платформи)	Керівник групи МЗВт, ІТ-спеціаліст	Постійно
Неправильна інтерпретація результатів зацікавленими сторонами	1. Включення до звіту розділу з чітким описом методології, припущень та оцінки невизначеності 2. Підготовка резюме для нетехнічних спеціалістів (policy brief) з ключовими висновками	Керівник групи МЗВт	При поширенні звіту
Втрата архівних даних у довгостроковій перспективі	1. Розробка та впровадження політики довгострокової архівації даних, що визначає формати зберігання, терміни та відповідальних 2. Періодична перевірка цілісності архіву та міграція даних на нові носії за потреби	ІТ-спеціаліст, архіваріус	Раз на 3-5 років

Ефективність запобіжних дій підлягає щорічному перегляду в рамках аналізу системи управління з боку керівництва. Будь-які виявлені потенційні ризики або помилки мають бути проаналізовані для оновлення та вдосконалення переліку запобіжних дій.

6. ІНТЕГРАЦІЯ МЗВТ ПГ З НАЦІОНАЛЬНОЮ ТА МІЖНАРОДНОЮ ЗВІТНІСТЮ

Інтеграція системи моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів з торфовищ у національну та міжнародну звітність є ключовою умовою виконання кліматичних зобов'язань України та участі у глобальних механізмах скорочення викидів ПГ. Інтеграція має бути спрямована на покращення інформаційного забезпечення національної звітності з урахуванням глобальних кліматичних цілей:

6.1 РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЗВІТНОСТІ

Розбудова національної системи моніторингу, звітності та верифікації парникових газів для торфовищ в Україні є ключовим інструментом виконання міжнародних кліматичних зобов'язань. Така система має забезпечувати збір, обробку та інтеграцію даних з усіх секторів економіки, включаючи землекористування, зміни у землекористуванні та лісове господарство (LULUCF). Торфовища в межах цього сектору займають особливе місце, оскільки вони можуть виступати як потужним джерелом викидів ПГ у разі деградації, так і суттєвим поглиначем у разі відновлення та повторного зволоження.

В Україні **Національний центр обліку викидів парникових газів** забезпечує інтеграцію даних з різних джерел щодо парникових газів (установки, землекористувачі, проекти з відновлення); контроль якості та оцінку невизначеності; формування Національної інвентаризації парникових газів для подання до Секретаріату РКЗК ООН.

До процесу також залучаються **Держгеокадастр** (дані про землекористування та

Національна інвентаризація ПГ: інтеграція даних про потоки ПГ у торфовищах до національної інвентаризації ПГ для детального урахування кліматичних зобов'язань за РКЗК ООН (у співпраці з Національним центром обліку викидів парникових газів).

Відповідність міжнародним глобальним цілям: підтримка досягнення глобальних кліматичних цілей шляхом надання точних та верифікованих даних про викиди та поглинання ПГ в торфовищах.

меліорацію), наукові установи (польові вимірювання, моделювання потоків ПГ), а також регіональні органи влади (моніторинг стану екосистем).

Державний земельний кадастр та кадастр меліоративних систем забезпечують просторову основу для ідентифікації торфових ґрунтів.

Лісовий кадастр дозволяє враховувати взаємодію між лісовими угіддями та торфовищами.

Єдиний екологічний реєстр потенційно може стати додатковим джерелом інформації для інтеграції даних про деградовані землі.

Для удосконалення національної звітності України необхідно розробити і затвердити спеціальний протокол МЗВт. Цей документ має бути спрямований на оцінку викидів парникових газів із торфовищ та удосконалення національної звітності до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC). Він також відкриє можливості для участі в міжнародних вуглецевих ринках.^{57 58}

57 Чому потрібно рятувати торфовища. 2025. URL: <https://ukraine-oss.com/chomu-potribno-ryatuvaty-torfovyssha/>

58 Найбільш поширені питання у сфері моніторингу, звітності та верифікації щодо викидів пг в Україні. 2023. URL: <https://nci.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/%D0%9D%D0%B0%D0%B9%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96%D1%88%D1%96-%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B2%D1%96%D0%B4-%D0%BE-%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2.pdf>

6.1.1 Законодавча рамка та методологія створення протоколу МЗВ для торфовищ

Розробка спеціального протоколу МЗВ для торфовищ є одним із ключових завдань для покращення інтеграції сектора LULUCF у національну систему звітності України. Цей документ має забезпечити методологічну узгодженість, прозорість та відповідність міжнародним вимогам.

Законодавча рамка

Законодавча та нормативна база для МЗВт потоків ПГ на даний час в Україні перебуває на початковому етапі формування, а її розробка має стати одним із пріоритетів розвитку національної кліматичної політики у секторі землекористування, змін у землекористуванні та лісового господарства (ЗЗЛГ). Чинне законодавство щодо МЗВ парникових газів не охоплює екосистемні джерела та поглиначі, зокрема торфовища. Формування законодавчої та нормативної рамки МЗВ торфовищ доцільно здійснювати за прикладом наступних документів, які розроблені для МЗВ викидів парникових газів від установок.

Закон України № 4187-IX від 08.01.2025 встановлює правові засади функціонування системи МЗВ для установок, включно з обов'язковою реєстрацією у Єдиному реєстрі МЗВ, поданням планів моніторингу та щорічних звітів про викиди, а також процедуру верифікації даних.⁵⁹

Для МЗВт з цього Закону доцільно врахувати такі принципи положення:

інституційний підхід до організації системи МЗВт (визначення відповідальних органів, ролей та процедур);

- **логіку планування моніторингу** (розробка та затвердження планів моніторингу як обов'язкового елементу МЗВт);
- **вимоги до прозорості, повноти та верифікованості даних;**
- **підходи до роботи в умовах обмеженого доступу до територій** (актуально для частини торфовищ у постраждалих від війни регіонах).

Порядок ведення Єдиного реєстру затверджений наказом Міндовкілля № 370 від 08.06.2021. Документ регламентує процедури подання, зберігання та адміністрування даних у системі МЗВ для установок.⁶⁰

Для майбутньої системи МЗВт доцільно використати:

- **підходи до структурування даних і метаданих;**
- **вимоги до уніфікованих форматів звітності;**
- **принципи ведення централізованого національного реєстру** для просторово прив'язаних даних про викиди та поглинання з екосистем.

Таким чином, чинна нормативна база МЗВ для установок може розглядатися не як безпосередній правовий інструмент регулювання обліку викидів з торфовищ, а як **інституційний та процедурний шаблон** для розробки спеціалізованого законодавства і підзаконних актів у секторі ЗЗЛГ. Подальший розвиток правового поля для МЗВт потребує окремого нормативного врегулювання з урахуванням специфіки екосистем, просторової природи даних, застосування методологій IPCC для LULUCF та інтеграції в національну інвентаризацію парникових газів.

У травні 2026 року Кабінет Міністрів України ухвалив постанову «**Про особливості правового режиму використання земель під торфовищами та можливі види їх цільового призначення**» (розроблений за підтримки Програми розвитку ООН (ПРООН) в Україні та Глобального екологічного фонду (ГЕФ)). Цей документ безпосередньо спрямований на створення механізмів просторового моніторингу та запобігання емісіям вуглецю з деградованих ґрунтів:

Спеціальний облік та кадастр: пропонується створити окремий інформаційний шар «Торфовища з особливим режимом» у Державному земельному кадастрі. Це є критично важливою базою даних для мо-

59 ЗАКОН УКРАЇНИ Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів. 2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4187-IX#Text>

60 Накази Міндовкілля про затвердження Порядку ведення Єдиного реєстру з моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів, Від 08/06/2021 №370. URL: <https://mepr.gov.ua>.

ніторингу площ і стану торфовищ, що є основою для будь-якої майбутньої системи МЗВт.

Обмеження зміни цільового призначення: документ запроваджує обмеження на переведення земель під торфовищами у категорії, що нівелюють їхні природні функції. Пріоритет надається природоохоронному, водному та лісогосподарському використанню, сумісному зі збереженням торфового шару.

Кліматична та євроінтеграційна мета: офіційно задекларовано, що метою запровадження режиму є збереження торфовищ як "потужного сховища вуглецю" та виконання євроінтеграційних вимог у сфері кліматичної політики.

Рамковий Закон «Про основні засади державної кліматичної політики» (№ 3991-ІХ, який набув чинності наприкінці жовтня 2024 року) заклав загальну правову архітектуру для всіх секторів економіки та екосистем. Цей Закон законодавчо закріплює необхідність розвитку національної системи інвентаризації антропогенних викидів та абсорбції (поглинання) парникових газів для удосконалення розрахунків потоків ПГ з торфовищ. Закон вперше на рівні державної політики вводить поняття «природоорієнтованих рішень» для пом'якшення наслідків зміни клімату. Повторне заболочення (ревіталізація) торфовищ є класичним природоорієнтованим рішенням, яке потребуватиме чітких методологій моніторингу та верифікації поглинання ПГ.

У рамках **Національного плану з енергетики та клімату до 2030 року та курсу на євроінтеграцію** Україна готується до імплементації Регламенту ЄС щодо ЗЗЛГ. Цей європейський регламент вимагає від держав забезпечити так зване "правило нульового дебету" - щоб викиди від землекористування компенсувалися еквівалентним поглинанням вуглецю. Запровадження кадастрового обліку торфовищ є необхідним організаційним кроком для того, щоб Україна могла коректно моніто-

рити та звітувати про ці викиди за стандартами ЄС.

Методологічна основа

Протокол МЗВ парникових газів на торфовищах має спиратися на «2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories» та «2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines: Wetlands», які визначають базові методи обліку викидів і поглинання ПГ у торфовищах. Має бути передбачено застосування підходу **Tier 2–3** для найбільш важливих територій, де будуть доступні польові дані та дані дистанційного зондування, тоді як для менш пріоритетних ділянок може використовуватися **Tier 1**.

Організація системи МЗВт в Україні та перехід від **Tier 1**, який застосовується наразі, до принаймні **Tier 2**, що відповідає вимогам точнішої національної звітності, має здійснюватися відповідно до рекомендацій РКЗК ООН для країн із обмеженими національними даними⁶¹. Функціонування інвентаризаційного циклу МЗВт доцільно вибудовувати за стандартною послідовністю етапів (див. Рисунок), що включає шість ключових кроків:

Планування — ініціюється центральним органом, відповідальним за національну звітність до РКЗК ООН; на цьому етапі формується міжвідомча робоча група, залучаються наукові установи, розпорядники даних та потенційні виконавці польових вимірювань; обираються методи та ідентифікуються наявні прогалини в даних.

Організація збору даних — налагодження регулярних вимірювань на репрезентативних ділянках, первинна верифікація даних та формування національних коефіцієнтів емісій.

Попередні розрахунки та оцінка викидів ПГ — підготовка первинних національних оцінок із проведенням контролю якості (QA/QC).

Підготовка першої версії звіту — внутрішній аудит та наукове рецензування.

Оновлення — урахування зауважень і доопрацювання методик та результатів.

Фіналізація — підготовка остаточної версії звітних матеріалів для РКЗК ООН із формуванням плану подальшого удосконалення в наступному інвентаризаційному циклі.

61 https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/application/pdf/non-annex_i_mrv_handbook.pdf

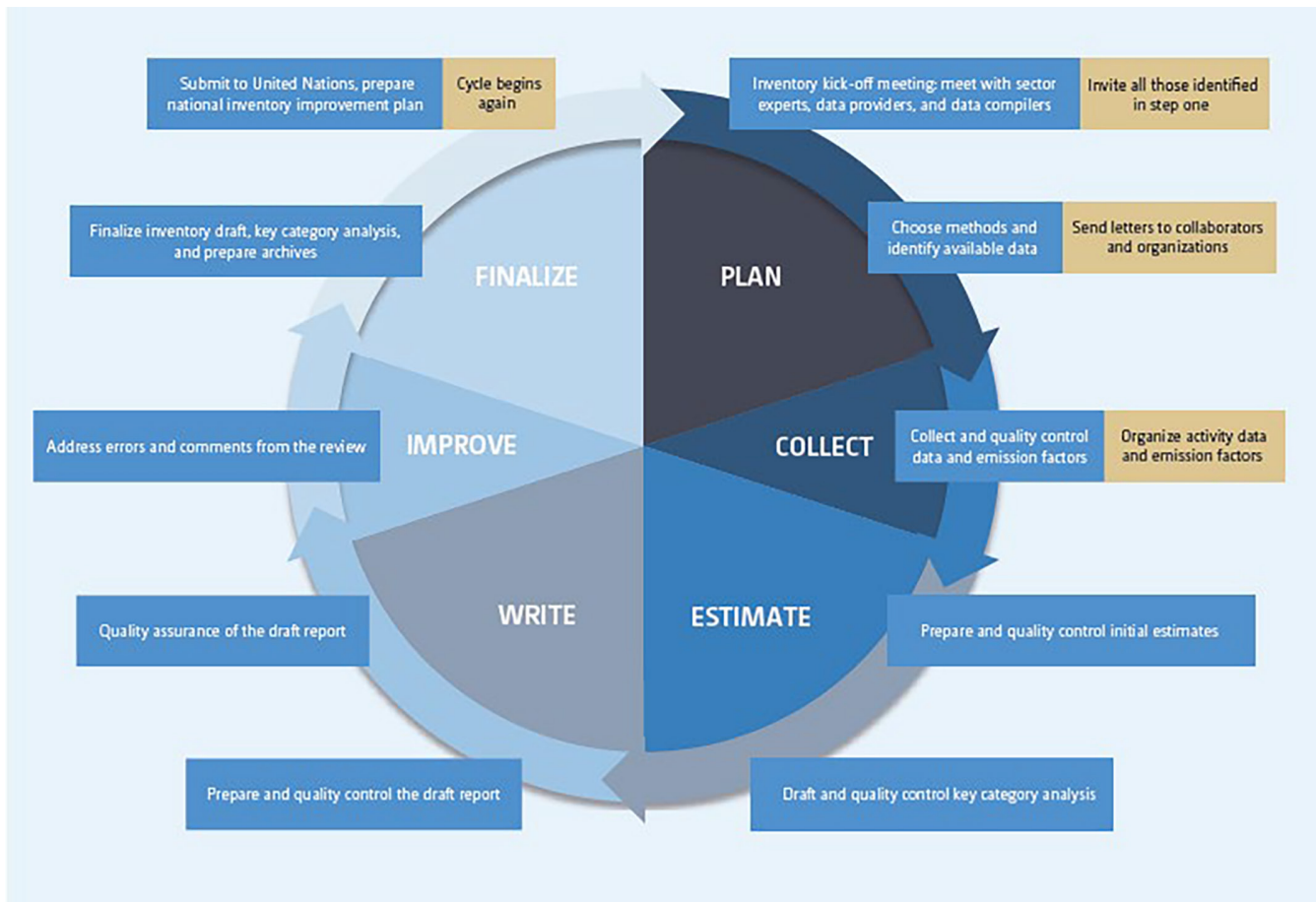


Рисунок. Цикл інвентаризацій ПГ від планування до звітування для визначення викидів ПГ з Керівництва МЗВ для країн, що розвиваються⁶² (за матеріалами UNFCCC Handbook on MEASUREMENT, REPORTING AND VERIFICATION FOR DEVELOPING COUNTRY PARTIES).

На поточному етапі в Україні фактично розпочато перший крок цього циклу — планування. Для переходу до етапу збору даних необхідно організувати постійні польові вимірювання потоків ПГ на репрезентативних ділянках торфовищ прямими методами, доповнюючи їх непрямыми підходами (зокрема методом GEST) та даними дистанційного зондування. Саме на цьому етапі критичною є наявність інституцій, спроможних забезпечити довгострокові вимірювання, первинну обробку та передачу даних у національну систему обліку ПГ.

З цією метою у Додатку А узагальнено перелік рекомендованих постачальників даних про викиди ПГ з торфовищ (наукові установи НАН і НААН, польові дослідні станції, установи ПЗФ, державні служби та агентства, а також навчальні заклади як джерело кадрового потенціалу). Їх системне залучення дозволить забезпечити про-

сторову репрезентативність спостережень, методичну узгодженість вимірювань та поступовий перехід до національно специфічних коефіцієнтів емісій (Tier 2).

Лише після накопичення регулярних і достатньо тривалих рядів вимірювань можливий перехід до етапу попередніх розрахунків і національної оцінки викидів ПГ з торфовищ. Для цього мають бути визначені та уповноважені інституції з валідації та верифікації, здатні здійснювати незалежну перевірку як первинних вимірювань, так і розрахункових процедур у межах національної інвентаризації ПГ.

6.1.2 Гармонізація з міжнародними стандартами, очікувані результати і виклики впровадження

Протокол має бути гармонізовано з:

- вимогами РКЗК ООН щодо національних інвентаризацій ПГ;

- Європейським регламентом щодо землекористування, зміни землекористування та лісового господарства (LULUCF Regulation, EU 2018/841), який передбачає звітування за всіма категоріями землекористування, включаючи торфовища та органічні ґрунти;
- ініціативами **Global Peatlands Initiative**, **LIFE Peat Restore** та іншими міжнародними практиками, що встановлюють методи моніторингу, верифікації та звітності щодо потоків ПГ на торфовищах.

Очікувані результати для України.

Покращення точності даних: створення національних коефіцієнтів емісій для різних типів торфовищ, які мають замінити використання глобальних середніх значень.

Забезпечення прозорості: стандартизовані процедури збору та верифікації даних дадуть змогу більш якісно інтегрувати результати в національну інвентаризацію.

Відкриття доступу до ринкових механізмів: можливість використання даних для участі в міжнародних вуглецевих ринках і кліматичних фінансових інструментах.

Підтримка політики відновлення земель: інтеграція з національними програмами з відновлення деградованих територій та повоєнної відбудови.

Виклики на етапі впровадження: нестача довгострокових польових даних (зокрема флюкс-тауерів та ґрунтових вимірювань); необхідність інтеграції дистанційного зондування (супутникових даних і даних аеророзвідки) до державних статистичних ресурсів; обмежені людські та фінансові ресурси в органах державного управління.

Створення національного протоколу МЗВ для торфовищ має стати ключовим кроком для приведення системи обліку ПГ в Україні у відповідність до міжнародних стандартів та законодавства ЄС, а також для забезпечення більшої прозорості й ефективності кліматичної політики.

6.2 ГЛОБАЛЬНІ ТА ЄВРОПЕЙСЬКІ ВИМОГИ ЩОДО МЗВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ТОРФОВИЩАХ

Виконання Україною зобов'язань за Паризькою угодою потребує надання точних і верифікованих даних про торфовища у складі **Biennial Transparency Reports**. Це забезпечить прозорість національних кліматичних дій, сприятиме досягненню **національно визначеного внеску (NDC)** та інтеграції в реалізацію **Цілей сталого розвитку (SDGs)**.

Ефективний моніторинг викидів ПГ з торфовищ вимагає інтеграції різноманітних методів збору даних, включаючи наземні вимірювання, дистанційне зондування та моделювання. Стандартизовані протоколи, такі як **VMD0046** та посібники від **Global Peatlands Initiative**, забезпечують основу для порівнянних та надійних оцінок, що є критично важливим для розробки політик з пом'якшення зміни клімату та збереження торфовищ.

1. VMD0046 (M-PEAT) від Verra. Ця методологія призначена для моніторингу змін запасів вуглецю в ґрунті та викидів ПГ у проєктах з відновлення та збереження торфовищ. Вона охоплює різні стани торфовищ: природні (недоторкані), деградовані та повторно зволожені.³⁷

2. Handbook for Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Peatlands.

Розроблений **Global Peatlands Initiative**, цей посібник надає стандартизовані методи для оцінки викидів ПГ з торфовищ, включаючи вимірювання, моделювання та звітність.⁶²

3. Standard Methods for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Forests and Peatlands in Indonesia. Цей документ описує методи збору даних, аналізу, контролю якості та оцінки невизначеності при моніторингу викидів ПГ з торфовищ.

62 Webster K.L. et al. Data and knowledge needs for improving science and policy for peatlands in Canada in a changing world: insights from Global Peatlands Initiative Workshop, June 2023. *FACETS*. 2025. <https://doi.org/10.1139/facets-2024-0142>

Існують ще додаткові ресурси та ініціативи, зокрема:

- **Peatland-ES-UK:** проєкт у Великобританії, який застосовує комплексний підхід до моніторингу торфовищ, включаючи вимірювання кліматичних, гідрологічних та біологічних параметрів.
- **Thünen Institute (Німеччина):** реалізує національну програму моніторингу торфовищ для покращення звітності про викиди ПГ та розробки рекомендацій з управління.
- **Peatland ACTION (Шотландія):** встановлює флюкс-тауери для моніторингу викидів ПГ на торфовищах, що підлягають відновленню.

Законодавчі рамки ЄС

У лютому 2024 року Європейський парламент ухвалив **Закон про відновлення природи (Nature Restoration Law)**, який став ключовим елементом Зеленого курсу ЄС. Він встановлює масштабні екологічні зобов'язання для країн-членів:

- **Відновити** щонайменше 20% суші і морських територій до 2030 року, а всі екосистеми в поганому стані — до 2050 року⁶³
- **Для торфовищ**, які були осушені та використовуються як сільськогосподарські угіддя, встановлені конкретні цільові показники: **30% відновлення до 2030, 40% — до 2040, 50% — до 2050**, із рівнем зволоження (rewetting) — не менше 1/4, 1/3 і 1/3 відповідно⁶⁴

- **Передбачено «аварійне призупинення» (emergency brake)** — можливість тимчасового призупинення вимог для сільськогосподарських екосистем у разі загрози продовольчій безпеці⁶⁵
- **Країни мусять розробити і подати національні плани відновлення (National Restoration Plans)**, які деталізують заходи й терміни досягнення зазначених цілей⁶⁶

Значення для України:

Відповідність наднаціональним екологічним стандартам. Україна прагне уніфікування з євростандартами, тому потрібно врахувати вимоги закону про відновлення природи — особливо щодо масштабу відновлення торфовищ і зволоження органо-генних ґрунтів.

Підготовка національних механізмів. Для України доцільно заздалегідь розробити власний національний план відновлення торфовищ, який включає кількісні цілі та часові межі, а також процедури контролю та звітування.

Гармонізація МЗВт і політики управління. Розробка МЗВт має бути адаптована до майбутніх євростандартів, включаючи моніторинг зволоження, індикатори стану екосистем і інтервенцій.

Можливість участі у механізмах зеленого фінансування. Відповідальне управління торфовищами, наявність МЗВт і національного плану відкриває можливості для грантів і технічної підтримки від ЄС.

6.3 СИНЕРГІЯ МІЖНАРОДНИХ ТА НАЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ

Інтеграція міжнародних та європейських підходів у національну систему моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів із торфовищ створює додатко-

ві можливості для підсилення кліматичної політики України. Це дозволяє не лише виконувати міжнародні зобов'язання, але й забезпечувати ефективне використання на-

63 Nature restoration: Parliament adopts law to restore 20% of EU's land and sea. Press Releases, Plenary session, 27-02-2024 <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240223IPR18078/nature-restoration-parliament-adopts-law-to-restore-20-of-eu-s-land-and-sea>

64 https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0089_EN.html

65 <https://apnews.com/article/eu-environment-nature-protection-restoration-ecosystem-habitat-e108a5dfb987be413470e41328dd8caa>

66 <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/nature-restoration/>

ціональних ресурсів, залучення фінансування та підтримку сталого розвитку.

Кліматична політика та МЗВт. Дані, зібрані в рамках національної системи МЗВт, можуть одночасно слугувати для підготовки Національної інвентаризації ПГ (National GHG Inventory) у відповідності до вимог РКЗК ООН, а також для виконання зобов'язань у секторі LULUCF у рамках звітності до ЄС. Таким чином, МЗВ-система для торфовищ стає інтегрованим елементом як національної, так і міжнародної звітності.

Законодавча база та євроінтеграція. Законодавчо-нормативне регулювання МЗВт парникових газів має створити інституційну основу для гармонізації національних підходів з вимогами європейського законодавства, зокрема Регламенту ЄС щодо LULUCF та Закону про відновлення природи (Nature Restoration Law). Це відкриє можливість для гармонізації цілей з відновлення та зволоження торфовищ із національною політикою землекористування та охорони природи.

Фінансові механізми та ринки вуглецю. Використання міжнародно визнаних методологій (IPCC Guidelines, Verra VMD0046, GPI Handbook) забезпечує порівнянність і прозорість оцінок викидів, що дозволяє Україні долучатися до глобальних вуглецевих ринків. Це може сприяти залученню інвестицій у відновлення торфовищ через

механізми Green Climate Fund, програми ЄС або добровільні вуглецеві кредити.

Синергія з природоохоронною та аграрною політикою. Відновлення деградованих торфовищ має подвійний ефект — скорочення викидів ПГ і відновлення екосистемних послуг (збереження водних ресурсів, підвищення родючості ґрунтів, біорізноманіття). Це дає змогу інтегрувати такі заходи в аграрну політику, зокрема в системи «зелених» субсидій для фермерів, що відповідає сучасним практикам ЄС.

Наука, освіта та міжнародне партнерство. Співпраця з європейськими ініціативами (Thünen Institute у Німеччині, Peatland ACTION у Шотландії, Peatland-ES-UK) сприяє розвитку національної системи моніторингу через обмін досвідом, спільні дослідження та впровадження інноваційних методів дистанційного зондування. Важливою складовою є також підготовка національних фахівців та розвиток освітніх програм для забезпечення довгострокової спроможності України у сфері МЗВт.

Узгоджена інтеграція міжнародних та національних підходів забезпечує підвищення ефективності управління викидами з торфовищ, зміцнює позиції України у міжнародних кліматичних переговорах та створює умови для залучення додаткових ресурсів на відновлення природних екосистем.

Порівняння міжнародних і національних вимог до МЗВт

Рівень / Джерело	Основні вимоги	Що означає для України
IPCC Guidelines (2006, 2013 Wetlands Supplement)	Визначення методів обліку викидів/поглинань (Tier 1–3), коефіцієнти емісій, категорії землекористування	Необхідність переходу від глобальних коефіцієнтів (Tier 1) до національно адаптованих (Tier 2–3)
UNFCCC (РКЗК ООН)	Подання щорічних Національних інвентаризацій ПГ, забезпечення прозорості, повноти, точності та порівнянності даних	Інтеграція торфовищ у щорічні звіти; узгодження даних з іншими секторами (енергетика, АПК, лісове господарство)
ЄС (Regulation (EU) 2018/841 – LULUCF Regulation)	Обов'язкове звітування за всіма категоріями землекористування, у т.ч. органічними ґрунтами та торфовищами; облік у кліматичних цілях ЄС	Приєднання України до звітності за стандартами ЄС у рамках євроінтеграції; синхронізація МЗВт із європейськими реєстрами.
Національний протокол МЗВ торфовищ (потребує розробки)	Спеціалізований документ для обліку ПГ із торфовищ; інтеграція дистанційного зондування, польових даних та національних коефіцієнтів	Забезпечення повної відповідності міжнародним вимогам і доступу до ринкових кліматичних механізмів

7. КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ МЗВ ДЛЯ ТОРФОВИЩ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО АДАПТАЦІЇ ДО НАЦІОНАЛЬНИХ УМОВ

7.1 КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ МЗВТ

Ключовими проблемами впровадження системи МЗВ для торфовищ в Україні є інституційні та нормативні бар'єри, а саме: відсутність або недостатня координація між державними структурами, на регіональному та державному рівні, та відсутність національної стратегії щодо впровадження МЗВт-системи.

Серед технічних та методологічних викликів впровадження МЗВт потрібно зазначити брак стандартизованих методик моніторингу та відсутність доступних національних даних для належного калібрування міжнародних методологій (IPCC, VCS, Peatland Code тощо).

Сучасні системи моніторингу та верифікації даних досить часто стикаються з фінансовими обмеженнями, такими як: висока собівартість впровадження, недостатнє державне фінансування та обмежені можливості залучення міжнародної підтримки.

Серед інших, загально-соціальних причин проблематичності впровадження та адаптації системи МЗВт варто зазначити такі: брак стимулів для приватного сектору щодо участі в системі звітності, дефіцит кваліфікованих спеціалістів для збору, обробки та аналітики,

обмежений досвід верифікації даних на національному рівні, відсутність єдиної платформи для зберігання та обміну даними.

7.2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО АДАПТАЦІЇ СИСТЕМИ МЗВ ДЛЯ ТОРФОВИЩ ДО НАЦІОНАЛЬНИХ УМОВ

Спираючись на вищезазначене, можна сформулювати стислі рекомендації щодо адаптації системи МЗВт до національних умов.

1. Інституційне зміцнення та правове регулювання

Розробити та прийняти законодавчу базу, яка забезпечує впровадження МЗВ для сектору ЗЗЗЛГ, включно з торфовищами.

Визначити відповідальні державні органи та налагодити міжвідомчу співпрацю (агентства, міністерства, наукові інститути).

Інтегрувати систему МЗВт у державні системи управління природними ресурсами.

Забезпечити регулярне надходження інформації щодо потоків ПГ на торфовищах до Національного кадастру ПГ та гармонізацію національної звітності з Регламентом (ЄС) 2018/1999 (у частині інтегрованого клімато-енергетичного планування та моніторингу сектору землекористування) в межах процесів європейської інтеграції України.

Визначити ролі національних постачальників даних, операторів польових вимірювань та аналітичних центрів у межах єдиної інституційної рамки МЗВт (орієнтовний перелік таких інституцій наведено в Додатку А).

2. Використання сучасних технологій

Інтегрувати супутникові дані та дистанційне зондування для оцінки змін землекористування (торфовища, ліси, сільське господарство).

Використовувати автоматизовані сенсори для довготривалого моніторингу гідрологічних і газообмінних параметрів.

Впровадити ГІС-платформи для зберігання, аналізу та візуалізації просторових і часових даних.

3. Фінансова підтримка та створення стимулів

Запровадити механізми державного фінансування розвитку МЗВт-системи, зокрема через екологічні фонди та «зелені» фінансові інструменти.

Створити економічні стимули для впровадження системи серед землекористувачів та землевласників.

Розширити співпрацю з міжнародними фінансовими установами та кліматичними фондами.

4. Посилення людського капіталу та освітні програми

Організувати навчальні програми та тренінги для екологічних інспекторів, аграріїв, науковців та представників бізнесу із залученням профільних закладів вищої освіти та польових навчально-дослідних баз на територіях природно-заповідного фонду (див. категорії D та F у Додатку A).

Створити відкриту онлайн-платформу для зберігання та обміну аналітичними да-

ними і методичними матеріалами.

Розвивати співпрацю з міжнародними організаціями, які мають досвід упровадження МЗВ-системи.

Очікувані результати інтеграції системи МЗВт із міжнародними стандартами

Незважаючи на складні умови, пов'язані з війною та тривалою окупацією частини територій, Україна продовжує розвивати систему моніторингу викидів парникових газів, включно з торфовищами, з метою досягнення кліматичних цілей та інтеграції в міжнародні механізми скорочення викидів.

Інтеграція національної системи МЗВт із міжнародними стандартами сприятиме:

- **гармонізації** методологій і підвищенню довіри до українських даних на глобальному рівні;
- **ефективному виконанню** зобов'язань України за РКЗК ООН і Паризької угоди;
- **відкриттю доступу** до механізмів міжнародного кліматичного фінансування та ринків вуглецю;
- **удосконаленню** управління торфовищами з урахуванням їхньої ролі у збереженні вуглецевих запасів та біорізноманіття.

Впровадження ефективних МЗВ-систем потребує комплексного підходу, що впливає на правові, технічні, фінансові та освітні інструменти. Адаптація цих систем до національних умов створює передумови для поступового переходу від кадастрово-облікового підходу до кількісно-моніторингової оцінки викидів ПГ і прогнозування впливу управлінських рішень на вуглецевий баланс.

ЗАКЛЮЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

З огляду на вищезазначене можна виокремити наступні рекомендації щодо удосконалення та подальшого розвитку протоколу МЗВ для викидів ПГ на торфовищах.

1. Забезпечення повної відповідності Доповненню МГЕЗК 2013 року про водно-болотні угіддя та Оновленню 2019 року (див. р. 2 і 6)

З метою підвищення точності, порівнюваності й міжнародної достовірності національної інвентаризації парникових газів України необхідно забезпечити повноцінне впровадження методологій та коефіцієнтів викидів, викладених в останньому керівництві МГЕЗК. Це передбачає проведення системного перегляду існуючої системи обліку, а також здійснення цілеспрямованих заходів із переходу на найактуальніші наукові стандарти.

Рекомендація 1.1

Систематичне застосування актуальних коефіцієнтів викидів та земельних категорій.

Дія: Комплексний перегляд національного кадастру з метою заміни стандартних коефіцієнтів викидів (Рівень 1) на більш конкретні коефіцієнти згідно з керівництвом МГЕЗК для осушених та повторно зволожених органічних ґрунтів. Це передбачає застосування окремих коефіцієнтів для CO₂, CH₄ та N₂O залежно від кліматичної зони (помірна зона), трофності (високий / низький вміст поживних речовин), а також типу землекористування.

Обґрунтування: Доповнення МГЕЗК 2013 року про водно-болотні угіддя містить уточнені, географічно диференційовані коефіцієнти викидів, які є значно точнішими за застарілі стандартні значення. Їхнє застосування дасть змогу негайно підвищити достовірність національного кадастру.

Рекомендація 1.2

Розрізнення управлінських практик в межах категорій.

Дія: Розрізнення площ торфовищ не лише за категоріями землекористування, але також за інтенсивністю та типом управління. Напри-

клад, розрізнення глибоко осушеної ріллі на органічних ґрунтах і ділянок з регульованим водовідведенням, а також розрізнення інтенсивних та екстенсивних пасовищ.

Обґрунтування: Управлінські практики є основною рушійною силою, що визначає обсяги викидів ПГ. Запровадження такого рівня деталізації є ключовою вимогою оновленого керівництва МГЕЗК і суттєво підвищує точність оцінок рівнів викидів.

2. Розроблення дорожньої карти переходу на Рівень 2/3 для розрахунків національного рівня (див. р. 3 і 4)

Перехід від стандартних коефіцієнтів МГЕЗК до підходу Рівня 2/3, що ґрунтується на даних, характерних для конкретної країни, є ключовим кроком для надійної та політично релевантної інвентаризації. Це потребує довгострокових стратегічних інвестицій у розвиток національної науки та моніторингової інфраструктури.

Рекомендація 2.1

Створення національної бази даних коефіцієнтів викидів з торфовищ.

Дія: Ініціювання науково-дослідницької програми за підтримки держави для розроблення централізованої, відкритої бази національних коефіцієнтів викидів. Це включає зведення наявних результатів української науково-дослідницької роботи та проведення нових польових кампаній для вимірювання потоків парникових газів на репрезентативних типах торфовищ, за різних форм землекористування (зокрема, у випадку з *палюдикольтурою*), а також за різних рівнів деградації.

Обґрунтування: Національна база даних забезпечить наукове підґрунтя для інвентаризації Рівня 2, зменшить рівень невизначеності й гарантуватиме, що розрахунки викидів точно відображають характерні саме для України природні умови.

Рекомендація 2.2

Створення мережі пунктів довготермінового моніторингу потоків парникових газів.

Дія: Створення мережі постійно діючих моніторингових станцій на ключових торфовищах (зокрема, природних торфовищах, торфовищах, осушених для лісового чи сільського господарства, повторно зволожених торфовищах). Такі пункти мають бути оснащені засобами для безперервних цілорічних вимірювань потоків парникових газів (з застосуванням таких методів як вихрова коваріація, автоматичні камери тощо) та основних екологічних чинників (глибини рівня ґрунтових вод, температури ґрунту тощо), із залученням наукових установ (категорія А), польових баз спостережень (категорія С) та територій природно-заповідного фонду (категорія D) відповідно до переліку в Додатку А.

Обґрунтування: Дані в довгостроковій перспективі є необхідними для розуміння міжрічної мінливості, валідації моделей та формування процесно-обґрунтованого розуміння, що є необхідним для підходу Рівня 3. Така мережа також слугуватиме ключовою інфраструктурою для досліджень впливу зміни клімату.

Рекомендація 2.3

Калібрування класів GEST (Greenhouse Gas Emission Site Types — типи ділянок викидів парникових газів) за локальними даними (тип рослинності та рівень ґрунтових вод).

Дія: Використання даних з пунктів моніторингу потоків парникових газів для калібрування та валідації підходу GEST в умовах України. Це передбачає прив'язку конкретних рослинних угруповань (як проксі-даних) до емпірично виміряних значень потоків ПГ і профілів рівня ґрунтових вод.

Обґрунтування: Підхід GEST є економічно ефективним методом масштабування розрахунків рівнів викидів на національний рівень. Проте точність такого методу критично залежить від калібрування за локальними даними. Таке калібрування дозволить створити надійний і масштабований інструмент моніторингу, який ґрунтуватиметься на картуванні рослинності та даних дистанційного зондування Землі.

3. Всебічне охоплення всіх викидів з торфовищ (див. р. 1)

Інвентаризація повинна бути всебічною та охоплювати всі відповідні джерела викидів з органічних ґрунтів незалежно від їхньої формальної категорії землекористування.

Рекомендація 3.1

Облік викидів за всіма відповідними категоріями землекористування.

Дія: Забезпечення того, щоб в рамках національної інвентаризації систематично виявлялися та відображалися викиди з усіх органічних ґрунтів, зокрема тих, що належать до таких категорій як **рілля, луки, ліси** (осушені лісові ґрунти), а також **водно-болотні угіддя** (зокрема, ділянки видобутку торфу). Розроблення з цією метою єдиної національної карти поширення органічних ґрунтів.

Обґрунтування: Викиди з осушених торфовищ відбуваються незалежно від їхньої адміністративної категорії землекористування. Неповне охоплення призводить до суттєвого недооцінювання національних викидів і перешкоджає виявленню ключових можливостей для їх скорочення.

4. Удосконалення процедур забезпечення та контролю якості (QA/QC) (див. р. 5 і 7)

Надійна система QA/QC є основою для формування довіри до даних інвентаризації як на національному, так і на міжнародному рівнях та є передумовою для доступу до вуглецевих ринків.

Рекомендація 4.1

Кількісне вираження області невизначеності та звітування про неї.

Дія: Впровадження стандартизованих процедур аналізу невизначеності для всіх розрахунків викидів із торфовищ відповідно до рекомендацій належної практики МГЕЗК. Області невизначеності мають бути чітко визначені як для даних про діяльність (площі), так і для коефіцієнтів викидів.

Обґрунтування: Прозоре подання невизначеностей є основним принципом високоякісних інвентаризацій, без дотримання якого неможливо правильно визначати пріоритети подальших досліджень і удосконалення.

Рекомендація 4.2

Запровадження перехресних перевірок та незалежної верифікації.

Дія: Впровадження офіційно затвердженого порядку внутрішньої та зовнішньої перевірки інвентаризації торфовищ. Це має включати перехресну перевірку розрахунків, порівняння результатів із незалежними науковими дослідженнями та періодичне залучення незалежного аудитора для зовнішньої верифікації, зокрема із залученням науково-експертних установ для методичної валідації (категорія А) та профільних державних структур як власників реєстрів і просторових даних для перехресних звірок даних про діяльність (категорія Е; див. Додаток А).

Обґрунтування: Незалежна верифікація формує довіру з боку органів влади, міжнародних партнерів та потенційних інвесторів у вуглецеві проекти.

Рекомендація 4.3

Стандартизація калібрування обладнання та управління даними.

Дія: Розроблення та впровадження регламенту калібрування всього польового та лабораторного обладнання, що використовується для вимірювання потоків парникових газів. Впровадження централізованого протоколу управління даними для забезпечення цілісності даних, контролю версій та довгострокового архівування, із опорою на інституційні спроможності, наведені в категоріях А та Е Додатку А.

Обґрунтування: Стандартизовані процедури є необхідними для забезпечення узгодженості та порівнюваності даних, зібраних різними командами та протягом тривалих періодів часу, що є основою надійної системи довгострокового моніторингу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. UNEP (2022). Global Peatlands Assessment – The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Main Report. Global Peatlands Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi. <https://www.unep.org/resources/global-peatlands-assessment-2022>
2. Zhang Y., Zhang X., Fang W. et al. Carbon sequestration potential of wetlands and regulating strategies response to climate change. Environmental Research. Volume 269. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.120890>
3. Global Peatlands Initiative. (2024, 16 вересня). Європейські торфовища. <https://globalpeatlands.org/story-maps/european-peatlands>
4. UKRAINE'S GREENHOUSE GAS INVENTORY 1990-2023. Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol (NID), 2025. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. <https://unfccc.int/documents/646259>
5. Програма розвитку ООН в Україні. (n.d.). Сприяння сталому тваринництву та збереженню екосистем на півночі України. <https://www.undp.org/uk/ukraine/projects/spryyannya-stalomu-tvarynnystvu-ta-zberezhennyu-ekosystem-na-pivnochi-ukrayiny>
6. IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
7. IPCC (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>
8. IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>
9. Jarašius L. et al. 2022. Handbook for assessment of greenhouse gas emissions from peatlands. Applications of direct and indirect methods by LIFE Peat Restore. Lithuanian Fund for Nature, Vilnius, 201 p. <https://globalpeatlands.org/node/16>
10. LIFE Peat Restore Project. (n.d.). Пом'якшення наслідків зміни клімату шляхом зволоження торфовищ. <https://life-peat-restore.eu/en/>
11. FAO (2022). World Reference Base for Soil Resources: International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. <https://www.fao.org/3/cc4044en/cc4044en.pdf>
12. Ramsar Convention Secretariat (2016). An Introduction to the Convention on Wetlands. https://www Ramsar.org/sites/default/files/documents/library/intro_to_ramsar_e.pdf
13. ДСТУ 17.4.3.01–83. Охорона природи. Ґрунти. Терміни та визначення. (Архіви ДП "УкрНДНЦ")
14. Global Peatlands Assessment: The State of the World's Peatlands. 2022. URL: <https://www.unep.org/resources/global-peatlands-assessment-2022>
15. Biancalani R., Avagyan A. Towards climate-responsible peatlands management. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 2014. 117 p.
16. Draft Ramsar Technical Report on Global Guidelines for Peatland Rewetting and Restoration. THE CONVENTION ON WETLANDS 24th Meeting of the Scientific and Technical Review Panel. Virtual meeting. 2021, 54 p.
17. Price J.S., McCarter C.P.R., Quinton W.L. Groundwater in Peat and Peatlands.

- Published by the Groundwater Project, Guelph, Ontario, Canada, 2023. 108 p.
18. FAO. Organic soils and peat. Classification and management guidelines.
 19. Lindsay R. Peatland Classification. Springer. 2018. P. 1515–1528.
 20. Roulet, N.T., et al. (2015). "Global assessment of peatlands, wetlands and carbon stocks." *Global Change Biology*, 21(3), 1258–1270. <https://doi.org/10.1111/gcb.12884>
 21. Kolka R., Bridgham S.D., Ping C.-Lu. Soils of Peatlands: Histosols and Gelisols. by Taylor & Francis Group, LLC, 2016. P. 277-309.
 22. Günther, A., et al. (2020). Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications*. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-15499-z>
 23. Drösler, M., et al. (2014). Climate relevance of peatlands – a synthesis. In: *Peatlands and Climate Change*. International Peat Society. <https://peatlands.org/publications/>
 24. Regulation - 2018/841 - EN - EUR-Lex
 25. EU Emissions Trading System (EU ETS) - European Commission
 26. Effort sharing: Member States' emission targets - European Commission
 27. Couwenberg J., Thiele A., Tanneberger F., Augustin J., Bärish S., Dubovik D., Liashchynskaya N., Michaelis D., Minke M., Skuratovich A., Joosten H. 2011. Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia*, 674: 67–89. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0729-x>
 28. Couwenberg J., Augustin J., Michaelis D., Joosten H. 2008. Emission reductions from rewetting of peatlands. Towards a field guide for the assessment of greenhouse gas emissions from Central European peatlands. 28 p. DUENE Greifswald/RSPB Sandy.
 29. Couwenberg J. 2009. Emission factors for managed peat soils (organic soils, histosols). An analysis of IPCC default values. 14 p. *Wetlands International*, Ede.
 30. Couwenberg J. 2011. Vegetation as proxy for greenhouse gas fluxes – the GEST approach. In: Tanneberger F., Wichtmann W. (eds). *Carbon credits from peatland rewetting. Climate – biodiversity – land use. Science, policy, implementation and recommendations of a pilot project in Belarus*: 37–52. Stuttgart.
 31. Joosten H., Brust K., Couwenberg J., Gerner A., Holsten B., Permien T., Schäfer A., Tanneberger F., Trepel M., Wahren A. 2015. MoorFutures®. Integration of additional ecosystem services (including biodiversity) into carbon credits – standard, methodology and transferability to other regions. 120 p. BfN-Skripten 407, Bonn. MoorFutures: Integration of additional ecosystem services (bfn.de).
 32. Emmer I., Couwenberg J. 2017. VM0036. Methodology for rewetting drained temperate peatlands. Version 1.0. 81 p. Silvestrum climate associates, University of Greifswald.
 33. Koska I., Succow M., Clausnitzer U., Timmermann T., Roth S. 2001. Vegetationskundliche Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung). In: Succow M., Joosten H. (eds), *Landschaftsökologische Moorkunde*: 112–184. Schweizerbart, Stuttgart.
 34. Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. und verbesserte Auflage. *Scripta Geobotanica*, 18: 1–258.
 35. Букша І.Ф., Пастернак В.П. Інвентаризація та моніторинг парникових газів у лісовому господарстві : Монографія. – Х. : ХНАУ, 2005. – 125 с.
 36. Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 866 p. Dritte Auflage. Wien–New York.
 37. Joosten H., Brust K., Couwenberg J., Gerner A., Holsten B., Permien T., Schäfer A., Tanneberger F., Trepel M., Wahren A. 2015. MoorFutures®. Integration of additional ecosystem services (including biodiversity) into carbon credits – standard, methodology and transferability to other regions. 120 p. BfN-Skripten 407, Bonn. MoorFutures: Integration of additional ecosystem services (bfn.de).

38. Succow M., Stegmann H. 2001. Abiotische Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung) - Nährstoffökologisch-chemische Kennzeichnung [Abiotic characterisation of peatlands (topical consideration) - nutrient ecological-chemical characterisation. In: Succow M., Joosten H. (eds) Landschaftsökologische Moorkunde, 2nd Edition, Chapter 3.3: 75–85. Schweizerbart, Greifswald.
39. Jarašius L. et al. 2022. Handbook for assessment of greenhouse gas emissions from peatlands. Applications of direct and indirect methods by LIFE Peat Restore. Lithuanian Fund for Nature, Vilnius, 201 p. https://www.researchgate.net/publication/359746229_Handbook_for_assessment_of_greenhouse_gas_emissions_from_peatlands_Applications_of_direct_and_indirect_methods_by_LIFE_Peat_Restore
40. Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E. A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., . . . Drösler, M. (2020). A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. Ecological Indicators, 109, 105838. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>
41. Bolek, A., Heimann, M., and Göckede, M.: UAV-based in situ measurements of CO₂ and CH₄ fluxes over complex natural ecosystems, Atmos. Meas. Tech., 17, 5619–5636, <https://doi.org/10.5194/amt-17-5619-2024>, 2024.
42. Pohjola et al., 2020, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114891>
43. Baldocchi, D.D. (2003) Assessing the Eddy Covariance Technique for Evaluating Carbon Dioxide Exchange Rates of Ecosystems: Past, Present and Future. Global Change Biology, 9, 479–492. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00629.x>
44. Peltola et al., 2022, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157415>
45. Beetz, S., Liebersbach, H., Glatzel, S., Jurasinski, G., Buczek, U., and Höper, H.: Effects of land use intensity on the full greenhouse gas balance in an Atlantic peat bog, Biogeosciences, 10, 1067–1082, <https://doi.org/10.5194/bg-10-1067-2013>, 2013
46. Kauffman J.B. et al. Protocols for the measurement, monitoring, and reporting of structure, biomass, carbon stocks and greenhouse gas emissions in tropical peat swamp forests. WORKING PAPER 221. 2016. <https://doi.org/10.17528/CIFOR/006429>
47. Peatland ACTION Partnership Monitoring Strategy 2024-2030. URL: <https://www.nature.scot/doc/peatland-action-monitoring-strategy>
48. Handbook for GHG Emissions from Peatlands (Global Peatlands Initiative). URL: <https://globalpeatlands.org/resource-library>
49. Peatland-ES-UK Toolkit. URL: <https://peatland-es-uk.york.ac.uk>
50. Mander Ü., Öpik M., Espenberg M. Global peatland greenhouse gas dynamics: state of the art, processes, and perspectives. New Phytologist. 2025. <https://doi.org/10.1111/nph.20436>
51. Yang T.etal.Impact of drainage on peatland soil environments and greenhouse gas emissions in Northeast China. Scientific Reports. 2025. volume 15, Article number: 8320.
52. IUCN UK Peatland Programme briefing: Peatlands and Methane. URL: <https://globalpeatlands.org/resource-library/iucn-uk-peatland-programme-briefing-peatlands-and-methane>
53. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України №113 від 15.02.2021. Про затвердження типових форм документів у сфері моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів та вимог до їх заповнення. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/495980___673498
54. Проект ДСТУ ISO 14064-3:2019 (ідентичний міжнародному стандарту ISO 14064-3:2019). Парникові гази. Частина 3. Настанови з верифікації та валідації заяв про парникові гази. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/PR-DSTU-14064-3-06.12.2023.docx>

55. Регламент Комісії (ЄС) № 601/2012 від 21 червня 2012 року. Про моніторинг та звітування про викиди парникових газів відповідно до Директиви 2003/87/ЄС. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/komisii-es-6012012.pdf>
56. ЗАКОН УКРАЇНИ Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів. 2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4187-IX#Text>
57. Накази Міндовкілля про затвердження Порядку ведення Єдиного реєстру з моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів, Від 08/06/2021 №370. URL: <https://mepr.gov.ua>.
58. Чому потрібно рятувати торфовища. 2025. URL: <https://ukraine-oss.com/chomu-potribno-ryatuvaty-torfovyyshha/>
59. Найбільш поширені питання у сфері моніторингу, звітності та верифікації щодо викидів ПГ в Україні. 2023. URL: <https://nci.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/%D0%9D%D0%B0%D0%B9%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96%D1%88%D1%96-%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B2%D1%96%D0%B4-%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2.pdf>
60. https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom_/application/pdf/non-annex_i_mrv_handbook.pdf
61. Webster K.L. et al. Data and knowledge needs for improving science and policy for peatlands in Canada in a changing world: insights from Global Peatlands Initiative Workshop, June 2023. FACETS. 2025. <https://doi.org/10.1139/facets-2024-0142>
62. Nature restoration: Parliament adopts law to restore 20% of EU's land and sea. Press Releases, Plenary session, 27-02-2024 <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240223IPR18078/nature-restoration-parliament-adopts-law-to-restore-20-of-eu-s-land-and-sea>
63. European Parliament (2024) Resolution of 27 February 2024 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration. Text adopted – Nature restoration, 27 February. Available at: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0089_EN.html
64. AP News (2024) 'Landmark EU nature restoration plan gets the green light despite months of protests by farmers', AP News, 27 February. Available at: <https://apnews.com/article/eu-environment-nature-protection-restoration-ecosystem-habitat-e108a5dfb987be413470e41328dd8caa>
65. Council of the European Union (n.d.) Nature restoration. Available at: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/nature-restoration/>

ДОДАТОК А

РЕКОМЕНДОВАНІ ПОСТАЧАЛЬНИКИ ДАНИХ ПРО ВИКИДИ ПГ З ТОРФОВИЩ

А. Наукові установи НАН України — наукове забезпечення МЗВт (Tier 2/3)

Установи НАН України забезпечують наукову складову МЗВ для торфовищ: формування національних коефіцієнтів емісій (Tier 2), валідацію методик IPCC для умов України, інтеграцію польових, лабораторних і супутникових даних, а також наукове супроводження QA/QC національної інвентаризації ПГ у секторі 333ЛГ.

1. Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук

Роль: дистанційне зондування Землі (Sentinel/Landsat), картографування торфовищ і змін землекористування, оцінка динаміки осушення/зволоження, пожеж, розробка алгоритмів просторового моніторингу для МЗВт.

2. Інститут геохімії навколишнього середовища

Роль: аналіз геохімічних процесів у торфових ґрунтах (вміст органічного вуглецю, азоту, мікроелементів), оцінка трансформації органічної речовини при осушенні та повторному зволоженні, підтримка розробки національних коефіцієнтів емісій (EF).

3. Інститут географії

Роль: просторовий аналіз та регіоналізація торфовищ, інтеграція географічних, кліматичних і землекористувальних даних, створення національних карт торфовищ і зон ризику деградації для потреб МЗВт та національної інвентаризації ПГ.

4. Український НДІ лісового господарства і агролісомеліорації імені Г.М. Висоцького (УкрНДІЛГА)

Роль: дослідження торфовищ під лісовими насадженнями, вплив лісомеліоративних заходів на вуглецевий баланс і гідрологію, участь у формуванні EF для лісових торфовищ (Tier 2).

5. Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного

Роль: геоботанічна типологія торфовищ, ідентифікація рослинних угруповань для підходу GEST (Greenhouse Gas Emission Site

Types), оцінка впливу зміни рослинного покриву на потоки CO₂ та CH₄, участь у польовій валідації типів екосистем.

6. Інститут гідробіології

Роль: дослідження гідрологічного режиму та водно-болотних екосистем, оцінка ролі поверхневих і ґрунтових вод у формуванні викидів CH₄ і CO₂, підтримка моніторингу водного режиму торфовищ як ключового драйвера викидів ПГ.

7. Інститут еволюційної екології НАН України

Роль: інтегральна оцінка екосистемних процесів на торфовищах, аналіз впливу антропогенних факторів і відновлення (rewetting) на вуглецевий баланс, методологічна підтримка оцінки екосистемних послуг і кліматичних вигод від відновлення торфовищ.

В. Наукові установи НААН України — прикладні дослідження та польовий моніторинг торфовищ

Установи НААН забезпечують прикладну та польову складову МЗВ на торфовищах: формування емпіричної бази для національних коефіцієнтів емісій (Tier 2), довгострокові серії спостережень на осушених органогенних ґрунтах, а також розробку управлінських рішень зі зниження викидів і відновлення торфовищ.

1. Інститут агроекології і природокористування НААН

Роль: методичне забезпечення МЗВт у секторі 333ЛГ, оцінка впливу землекористування на торфовища, розробка практик сталого управління деградованими торфовищами, інтеграція даних МЗВт у агроекологічні політики.

2. ННЦ Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського (ННЦ ІГА)

Роль: лабораторні аналізи торфових ґрунтів (SOC, N, pH, вологість, зольність), стандартизація відбору проб і аналітики, формування національних параметрів для розрахунку викидів CO₂ та N₂O з органогенних ґрунтів (Tier 2).

3. ННЦ Інститут землеробства НААН

Роль: польові експерименти на осушених торфових ґрунтах у сільськогосподарському використанні, оцінка впливу агротехнологій (оранка, культури, удобрення) на потоки ПГ, надання емпіричних даних для ЕФ аграрних торфовищ (Tier 2).

4. Інститут водних проблем і меліорації НААН

Роль: моніторинг гідрологічного режиму (рівні ґрунтових вод, дренаж/rewetting) як ключового драйвера викидів CO₂ та CH₄ з торфовищ, гідрологічне моделювання для інтерпретації динаміки потоків ПГ.

5. Інститут сільського господарства Полісся НААН (Житомирська обл.)

Роль: регіональна польова база Полісся для довгострокових спостережень на органогенних ґрунтах; організація пілотних ділянок МЗВт (відбір проб, гідрологічні спостереження), координація польових робіт у зоні Полісся.

6. Поліська дослідна станція імені О. М. Засухіна (у складі Інституту картоплярства НААН, Житомирська обл.)

Роль: польові дослідження аграрних практик на органічних ґрунтах Полісся, відбір та лабораторна підготовка проб торфу/ґрунту, валідація впливу землекористування на викиди ПГ для калібрування ЕФ (Tier 2).

С. Польові дослідні станції Полісся — постійні вимірювання та первинна обробка даних моніторингу

Польові дослідні станції забезпечують операційне ядро МЗВ на торфовищах: організацію постійних пунктів спостережень, регулярні натурні вимірювання та первинну обробку даних, необхідних для формування національних коефіцієнтів емісій (Tier 2) і валідації результатів дистанційного моніторингу та моделей.

1. Поліська дослідна станція ННЦ Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського (Волинська обл.)

Роль: довгострокові польові спостереження на органогенних ґрунтах Полісся; відбір і лабораторна підготовка проб торфу та ґрунту; формування емпіричних рядів для калібрування національних коефіцієнтів емісій (Tier 2).

2. Сарненська дослідна станція Інституту водних проблем і меліорації НААН (Рівненська обл., м. Сарни)

Роль: гідрологічний моніторинг торфовищ (рівні ґрунтових вод, дренажні мережі, режими зволоження); забезпечення даних про водний режим як ключовий драйвер викидів CO₂ та CH₄; первинна обробка гідрологічних даних для МЗВт.

3. Поліська дослідна станція імені О. М. Засухіна (Інститут картоплярства НААН, Житомирська обл.)

Роль: польові дослідження аграрних практик на органічних ґрунтах Полісся; відбір проб ґрунту/торфу та агрохімічні аналізи; оцінка впливу землекористування на потоки ПГ для калібрування ЕФ (Tier 2).

4. Дослідні поля та стаціонари Інституту сільського господарства Полісся НААН (Житомирська обл.)

Роль: регіональна мережа польових майданчиків на осушених торфовищах; регулярний відбір проб і спостереження за гідрологічними параметрами; масштабування результатів МЗВт на рівень центрального Полісся.

5. Чорнобильська науково-дослідна інфраструктура (зона відчуження; Київська обл.)

Роль: стаціонарні майданчики для довгострокових спостережень у великих болотних і лісо-болотних масивах Полісся; моніторинг рівнів ґрунтових вод і мікроклімату; валідація даних дистанційного зондування для МЗВт.

6. Чернігівська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН (Чернігівська обл.)

Роль: регіональна польова база для організації пілотних ділянок на органогенних ґрунтах східного Полісся; регулярний відбір проб ґрунту/торфу, спостереження за агропрактиками; первинна обробка даних для формування ЕФ (Tier 2).

Д. Установи ПЗФ Полісся — довгострокові спостереження та первинні дані для МЗВт

Установи ПЗФ Полісся доцільно використовувати як мережу референтних і пілотних майданчиків для МЗВ на торфовищах: вони забезпечують доступ до різних

типів боліт (незаймані, деградовані, відновлювані), можливість довгострокових гідрологічних спостережень, валідацію підходів Tier 2 (GEST, польові вимірювання) та калібрування супутникового моніторингу.

1. Поліський природний заповідник (Житомирська обл.)

Роль: референтні (мало порушені) масиви верхових і низинних боліт; організація постійних ділянок для гідрологічних спостережень і базових екологічних вимірювань; контрольні майданчики для калібрування EF (Tier 2).

2. Рівненський природний заповідник (масив Сира Погоня, Рівненська обл.)

Роль: великі торфовищні комплекси Полісся; пілотні ділянки для порівняння станів «незаймані/деградовані/відновлювані»; бази для встановлення гідропостів і флюкс-точок.

3. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник (Київська обл.)

Роль: масштабні болотно-лісові комплекси з мінімальним сучасним землекористуванням; референтні майданчики для довгострокового моніторингу вуглецевого балансу та впливу гідрології; тестування дистанційного моніторингу (ДЗЗ).

4. НПП «Прип'ять–Стохід» (Волинська обл.)

Роль: типові болотно-заплавні торфовища Полісся; організація польових полігонів для вимірювання рівнів ґрунтових вод, рослинності (GEST-типи) та сезонної динаміки потоків ПГ.

5. НПП «Мале Полісся» (Рівненська/Хмельницька обл.)

Роль: репрезентативні торфовищні ландшафти на межі Полісся; пілотні ділянки для валідації EF у різних типах землекористування (пасовища, ліси, водно-болотні угіддя).

6. Деснянсько-Старогутський НПП (Чернігівська обл.)

Роль: великі лісо-болотні масиви Полісся; довгострокові гідрологічні серії та майданчики для встановлення датчиків рівня води/мікроклімату; польова база для регіональної екстраполяції даних.

7. Ічнянський НПП (Чернігівська обл.)

Роль: локальні торфовищні комплекси як додаткові пілотні точки; порівняльні спо-

стереження для різних режимів зволоження та землекористування.

8. Регіональні ландшафтні парки та заказники Полісся (Житомирська, Рівненська, Волинська, Чернігівська обл.)

Роль: розширення мережі спостережень на локальному рівні; доступ до різноманітних типів торфовищ для масштабування результатів МЗВт і перевірки просторової репрезентативності.

Е. Державні кадастрові, гідрологічні, лісові та статистичні структури — просторові шари, реєстри та дані для МЗВт

Відповідні Державні служби та агентства забезпечують просторово-статистичну основу МЗВ на торфовищах: офіційні карти землекористування і меж ділянок, геологічні та водогосподарські реєстри, кліматичні ряди та державну статистику, необхідні для формування даних про діяльність і коректної просторової агрегації викидів у національній інвентаризації ПГ.

1. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр)

Роль: офіційні просторові шари земного покриву та землекористування, межі земельних ділянок і категорій угідь; геоприв'язка даних для розрахунку викидів і поглинань ПГ з торфовищ; підтримка інтеграції просторових даних МЗВт у національні кадастрові системи.

2. Державна служба геології та надр України (Держгеонадра)

Роль: дані про родовища торфу, спеціальні дозволи на користування надрами, геологічні карти та матеріали розвідки; визначення площ і статусу промислово освоєних торфовищ для коректного обліку викидів від видобутку торфу та змін землекористування.

3. Державне агентство водних ресурсів України (Держводагентство)

Роль: гідрологічні дані (рівні ґрунтових і поверхневих вод, дренажні мережі, водогосподарські системи, меліоративна інфраструктура); вхідні параметри для інтерпретації потоків CO₂ і CH₄ з торфовищ та побудови залежностей «гідрологічний режим ↔ викиди ПГ».

4. Український гідрометеорологічний центр та регіональні центри гідрометеорології (Укргідрометцентр ДСНС України)

Роль: кліматичні ряди (опадів, температура повітря, випаровування, екстремальні події), метеорологічні дані для корекції сезонності викидів ПГ, розрахунків пожежної небезпеки (FWI) та валідації моделей вуглецевого балансу торфовищ.

5. Державне агентство лісових ресурсів України (Держлісагентство)

Роль: дані лісового кадастру, межі лісових угідь на органогенних ґрунтах, інформація про лісогосподарські заходи (осушення, відновлення гідрорежиму, рубки, протипожежні заходи); дані про управління лісами на торфовищах для обліку викидів і поглинань ПГ у секторі 333ЛГ.

6. Державна служба статистики України (Держстат)

Роль: офіційна статистика щодо видобутку торфу, сільськогосподарського використання органогенних ґрунтів та змін землекористування; узгоджені дані про діяльність для національної інвентаризації ПГ та звітності за РКЗК ООН.

Г. Навчальні заклади — підготовка кадрів та залучення студентів до МЗВт

Навчальні заклади формують кадровий потенціал для впровадження МЗВт в Україні: готують фахівців із екологічного моніторингу, ґрунтознавства, лісового господарства, гідрології, ДЗЗ/ГІС та природокористування, а також забезпечують залучення студентів і молодих спеціалістів до польових практик, аналітичної обробки даних і наукових досліджень (Tier 2/3). Доцільно передбачити формати співпраці з ВНЗ: спільні польові практики, магістерські та PhD-дослідження, стажування на польових станціях (категорія С) та в установах ПЗФ (категорія D), що дозволить зменшити кадровий дефіцит і забезпечити сталість системи МЗВт у середньо- та довгостроковій перспективі.

1. Поліський національний університет (Житомир)

Роль: державний університет аграрно-екологічного напрямку, що готує фахівців із екології, ґрунтознавства, лісового господарства, агрономії та природокористуван-

ня; важливий центр підготовки кадрів для польових досліджень торфовищ і наукових програм МЗВт.

2. Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБіП, Київ)

Роль: один із провідних університетів агро-екологічного і природничого профілю України; готує фахівців із ґрунтознавства, екологічного моніторингу, гідрології, ДЗЗ/ГІС, лісового господарства та має потужну науково-дослідну базу для участі в МЗВт та валідації даних.

3. Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів)

Роль: підготовка фахівців з геоінформаційних технологій, екологічного моніторингу та обробки даних; технічна підтримка аналітичного блоку МЗВт і автоматизація первинної обробки польових вимірювань.

4. Луцький національний технічний університет (Волинь)

Роль: технічний університет із профілями, релевантними до екологічного моніторингу, ГІС-аналізу та управління природними ресурсами; сприяє локальному розвитку людського потенціалу для потреб МЗВт.

5. Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП, Рівне)

Роль: спеціалізується на водному господарстві, гідромеліорації, моніторингу водних ресурсів та природокористуванні; може забезпечувати гідрологічну підтримку даних для оцінки викидів ПГ з торфовищ.

6. Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Роль: науково-методична підтримка МЗВт (географія, гідрологія, метеорологія, біогеохімія); підготовка магістрів і аспірантів для виконання прикладних досліджень на торфовищах (Tier 2/3 підходить).

7. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Роль: розвиток методів обробки великих екологічних даних, моделювання потоків ПГ, підготовка кадрів для аналітичного блоку МЗВт та валідації результатів на національному рівні.

8. Рівненський фаховий коледж НУБіП України (Рівне)

Роль: фаховий коледж із підготовки молодших спеціалістів у напрямках, які можуть бути адаптовані під підготовку технічного персоналу для польових робіт, обробки даних та підтримки МЗВт.

9. Березнівський лісотехнічний фаховий коледж НУВГП (Березне, Рівненська обл.)

Роль: коледж спеціалізується на підготовці фахівців з лісового господарства — важлива передвища ланка для польових кадрів, які можуть виконувати вимірювання, підтримку інструментів і базові польові завдання у моніторингу.

ДОДАТОК В

ПРИКЛАДИ GEST З ВІДПОВІДНИМИ ЗНАЧЕННЯМИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ
(фото - Орлов О.О.)

№ GEST	Назва	Рівень ґрунтових вод / клас вологості	Викиди CO ₂ , т CO ₂ - екв./га/рік	Викиди CH ₄ , т CO ₂ - екв./га/рік	Потенціал глобального потепління GWP, т CO ₂ -екв./га/рік
1	Помірно вологі луки (різнотрав'я)	-54 см / 2+	20,0	–	20,0
2	Помірно вологий / сухий болотний верес	2+ / 2-	4,0	–	4,0
3	Вологий очерет і луки (різнотрав'я)	3+	4,6	7,5	12,2



1 - Помірно вологі луки (різнотрав'я)



2 - Помірно вологий / сухий болотний верес



3 - Вологий очерет і луки (різнотрав'я)

№ GEST	Назва	Рівень ґрунтових вод / клас вологості	Викиди CO ₂ , т CO ₂ - екв./га/рік	Викиди CH ₄ , т CO ₂ - екв./га/рік	Потенціал глобального потепління GWP, т CO ₂ -екв./га/рік
4	Дуже волога дернина з торф'яним мохом	-24 см / 4+, 5+	-1,1	3,4	2,3
5	Мокрі високі осоки, очерет	5+, 4+	-0,1	8,5	8,4
6	Мокрий високий очерет	5+	-2,3	6,3	4,0



4 - Дуже волога дернина з торф'яним мохом



5 - Мокрі високі осоки, очерет



6 - Мокрий високий очерет

№ GEST	Назва	Рівень ґрунтових вод / клас вологості	Викиди CO ₂ , т CO ₂ - екв./га/рік	Викиди CH ₄ , т CO ₂ - екв./га/рік	Потенціал глобального потепління GWP, т CO ₂ -екв./га/рік
7	Волога торф'яна дернина	-24 см	-0,5	0,3	-0,2
8	Волога торф'яна дернина, мох та сосни	-14 см	3,9	0,2	4,1
9	Дуже зволожені луки, різнотрав'я, дрібна осока та очерет	4+, 5+	-0,5	2,3	1,8



7 - Волога торф'яна дернина



8 - Волога торф'яна дернина, мох та сосни



9 - Дуже зволожені луки, різнотрав'я, дрібна осока та очерет

ДОДАТОК С

ОРІЄНТОВНІ ДІАПАЗОНИ ЗНАЧЕНЬ IMPLIED EMISSION FACTORS ДЛЯ ОРГАНІЧНИХ ҐРУНТІВ У КРАЇНАХ ПІВНІЧНОЇ ТА ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЄВРОПИ

У таблицях нижче наведено діапазони значень Implied Emission Factors (IEF), отримані на основі даних національних інвентаризацій парникових газів (CRF таблиці 4.A–4.C) для окремих країн Північної та Центральної Європи (Фінляндія, Німеччина, Литва, Польща) за період 1990–2024 рр.⁶⁷ Значення наведено у вигляді мінімальних та максимальних оцінок у часовому ряді для відповідних категорій землекористування та ПГ.

Ці країни мають природно-кліматичні умови, частково подібні до умов Полісся — регіону з найбільшою концентрацією торфовищ в Україні. Водночас наведені діапазони відображають не фіксовані коефіцієнти емісії, а результати застосування різних підходів до оцінювання викидів у національних інвентаризаціях, зокрема зміни методології, уточнення вхідних даних та міжрічну варіабельність природних умов.

Наведені в таблицях значення стосуються органічних ґрунтів відповідно до методології IPCC 2013 Wetlands Supplement у категоріях землекористування сектору LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry). У більшості випадків вони описують осушені органічні ґрунти (drained organic soils), які після осушення стають

значним джерелом антропогенних викидів CO₂, CH₄ та N₂O.

Важливо зазначити, що наведені діапазони:

- Включають варіації, зумовлені як природними факторами (зокрема гідрологічними умовами), так і методологічними змінами у часовому ряді;
- Не є довірчими інтервалами і не відображають статистичну невизначеність оцінок;
- Можуть містити значення, характерні для окремих років або специфічних умов, які не є типовими для всієї категорії.

У зв'язку з цим наведені діапазони не можуть використовуватися як коефіцієнти емісії для національної інвентаризації України. Вони мають виключно довідковий характер і можуть застосовуватися для ілюстрації порядку величин, аналізу підходів, що використовуються в інших країнах, та підтримки розробки національної методичної бази.

Перенесення цих значень на умови України потребує проведення національних досліджень, збору даних, валідації та розробки власних коефіцієнтів відповідно до рекомендацій IPCC та цих науково-методичних рекомендацій.

Таблиця С.1 – Ліси на органічних ґрунтах (CRF 4.A)

4A	т C-CO ₂ / га		кг CH ₄ / га		кг N ₂ O–N / га	
Країна	min	max	min	max	min	max
Фінляндія	-5,117	0,019	1,871	15,567	0,529	2,107
Німеччина	-2,910	-2,789	3,069	3,588	1,847	2,738
Литва	-2,7	-2,7	—	—	0,138	5,918
Польща	-0,68	-0,68	—	—	—	—

67 Деталізовані річні дані щодо Implied Emission Factors (IEF), сформовані на основі CRF таблиць 4.A–4.C національних інвентаризацій парникових газів Фінляндії, Німеччини, Литви та Польщі за 1990–2024 рр., наведено за посиланням: <https://surl.li/dyahdr>.

Таблиця С.2 – Орні землі на органічних ґрунтах (CRF 4.B)

4B	т С-СО ₂ / га		кг CH ₄ / га		кг N ₂ O–N / га	
Країна	min	max	min	max	min	max
Фінляндія	-6,806	-6,233	—	—	—	—
Німеччина	-10,379	-0,759	8,642	82,068	—	—
Литва	-4,9	-4,9	0,7	0,7	3,309	3,309
Польща	-5	-5	—	—	—	—

Таблиця С.3 – Лучно-пасовищні угіддя на органічних ґрунтах (CRF 4.C)

4C	т С-СО ₂ / га		кг CH ₄ / га		кг N ₂ O–N / га	
Країна	min	max	min	max	min	max
Фінляндія	-3,501	-3,500	—	—	—	—
Німеччина	-10,373	-2,648	22,87	149,14	0,79	1,50
Литва	-4,9	-4,9	0,011	0,700	0,054	3,309
Польща	-0,25	-0,25	—	—	—	—



Фото з архіву ПРООН в Україні