

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**



Co-funded by the
European Union

О. Хацевич, С. Федорченко, С. Курта, І. Микитин



**МОНІТОРИНГ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В
КОНТЕКСТІ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ІНТЕГРАЦІЇ**

Курс лекцій

Івано-Франківськ, 2024

ВСТУП

Курс лекцій “Моніторинг об’єктів навколишнього середовища в контексті європейської інтеграції” автори підготували для вивчення однойменного навчального курсу студентами освітнього ступеня магістр спеціальності 102 “Хімія”, що навчаються на кафедрі хімії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Навчальний курс розроблений у межах проекту Жан Моне Модуль “Моніторинг об’єктів навколишнього середовища в контексті Європейської інтеграції” МЕОUE за міжнародної технічної допомоги Європейського Союзу Еразмус+. При написанні лекцій автори опрацьовували оригінали нормативних документів ЄС в сфері довкілля та зміни клімату і відповідні аналітичні бази ЄС, а також аналітичні документи експертів громадських організацій України, зокрема, «Ресурсно-аналітичний центр “Суспільство і довкілля”, “Зелений Світ – Друзі Землі”, “SaveDnipro”, “EcoCity”.

Основною метою курсу є популяризація європейських екологічних принципів та права безпечного проживання, привернення суспільної уваги до проблем безпеки довкілля. Викладання курсу в межах навчального процесу, проведення відкритих лекцій та вільний доступ до його матеріалів сформує у слухачів активну екологічну позицію з стійкими європейськими цінностями, матиме важливе значення для майбутнього сталого зростання та згуртованості Європи.

Важливою метою курсу, враховуючи зближення законодавств України і Європейського Союзу, є підготовка спеціалістів, які могли б займатися екологічним моніторингом об’єктів навколишнього середовища згідно європейських нормативно-правових актів, чому сприяє наближення навчання студентів до реальних умов і сучасних викликів суспільства з врахуванням європейської інтеграції. Матеріали курсу ознайомлять з підходами Європейського Союзу щодо моніторингу об’єктів навколишнього середовища та з процесами гармонізації української системи моніторингу довкілля з європейськими системами, нададуть практичні навички, необхідні в роботі установ, що здійснюють контроль стану довкілля.

Безумовно необхідним завданням є виховання екологічно відповідальних громадян, які здатні захищати свої екологічні права, зрозуміти національну екологічну політику і практику екологічного управління з європейської точки зору та стати активним учасником обговорення та вивчення міжнародної екологічної політики. Слід пам’ятати, що законодавство і практика в сфері довкілля в ЄС і Україні дуже динамічні, і необхідно постійно звертатись до оновлених нормативних документів ЄС та України на відповідних офіційних ресурсах, щоб бути обізнаними з нововведеннями.

ЗМІСТ ЛЕКЦІЙ

Лекція 1. Моніторинг об'єктів довкілля в контексті європейської інтеграції. Роль моніторингу об'єктів довкілля у вирішенні проблем забруднення об'єктів довкілля та глобального збільшення температури планети. Глобальна співпраця у боротьбі зі змінами клімату і довкілля. Поняття “моніторингу довкілля”. Глобальний моніторинг довкілля.

Лекція 2. Порівняльний аналіз українського та європейського екологічного законодавства, політики та практики. Особливості правової підтримки екологічного моніторингу в законодавстві ЄС. Правові засади функціонування Державної системи моніторингу довкілля в Україні. Аналіз інституційного забезпечення здійснення державного моніторингу довкілля. Національні пріоритети у сфері моніторингу об'єктів довкілля.

Лекція 3. Основні джерела забруднення і забруднювачі атмосфери в Європі. Вплив забруднення повітря на якість життя в країнах ЄС. Дії ЄС щодо покращення якості атмосферного повітря. Джерела та викиди забруднювачів в Європі. Статус виконання зобов'язань та необхідні зусилля членів ЄС щодо скорочення викидів на 2020-2029 рр. відповідно до Директиви NEC. Вплив забруднення повітря на здоров'я людей в Європі.

Лекція 4. Технічне забезпечення моніторингу якості повітря в ЄС. Підходи до проведення моніторингу повітря в ЄС. Організаційні та матеріально-технічні аспекти забезпечення здійснення моніторингу атмосферного повітря. Сучасні методи і засоби контролю забруднення повітряного середовища. Рекомендації експертів ЄС для модернізації системи моніторингу якості повітря в Україні.

Лекція 5. Практика європейського супутникового дистанційного моніторингу. Система супутникового моніторингу. Супутникові спостереження за кругообігом води. Моніторинг якості повітря. Спостереження за кількістю вуглецю. Використання методів дистанційного зондування земної і водної поверхні. Забруднення повітря – погляд з космосу. Супутники Sentinel Copernicus.

Лекція 6. Кліматичні та довкілєві наслідки війни Росії проти України. Вплив російської війни в Україні на клімат. Екологічні та економічні збитки від військової агресії Росії для світу і України. Оцінювання шкоди від військового впливу на довкілля. Основні джерела надходження забруднюючих речовин у навколишнє середовище під час бойових дій. Вплив бойових дій на окремі компоненти довкілля України.

Лекція 7. Співпраця з інституціями громадянського суспільства в системі державного європейського моніторингу. Роль громадського

моніторингу. Залучення громадських організацій до екологічного управління. Роль організацій громадянського суспільства у сприянні моніторингу на рівні громади. Моніторинг та управління якістю повітря – участь громадськості у прийнятті рішень. Основні проблеми практичного застосування прав громадян.

Лекція 8. Європейський та український досвід обчислення індексів якості повітря та доступ до екологічної інформації. Використання індексів якості повітря з метою оперативного інформування населення про забруднення повітря та ризики для здоров'я. Порядок оповіщення та інформування населення про погіршення якості повітря через WEB-сервіси або соціальні мережі. Українські державні інформаційні ресурси, розроблені для відображення інформації про моніторинг об'єктів довкілля.

Лекція 9. Моніторинг води в світлі ЄС. Моніторинг води в світлі ЄС. Водогосподарська та водоохоронна політика ЄС. Рамкова водна директива, законодавчі акти ЄС. Державний моніторинг вод в Україні, його наближення до європейських стандартів. Водна стратегія України на період до 2050 р.

Лекція 10. Європейський моніторинг ґрунтів в Україні: законодавча база, методичне та технічне забезпечення для практичної реалізації. Особливості організації моніторингу ґрунтів. Моніторинг ґрунтів в Україні. Джерела і види деградації ґрунтів. Принципи організації спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів.

ВСТУП.....	2
ЗМІСТ ЛЕКЦІЙ.....	3
Лекція 1. Моніторинг об'єктів довкілля в контексті європейської інтеграції.....	5
Лекція 2. Порівняльний аналіз українського та європейського екологічного законодавства, політики та практики.....	18
Лекція 3. Основні джерела забруднення і забруднювачі атмосфери в Європі...	31
Лекція 4. Технічне забезпечення моніторингу якості повітря в ЄС.....	45
Лекція 5. Практика європейського супутникового дистанційного моніторингу.....	62
Лекція 6. Кліматичні та довкілєві наслідки війни Росії проти України.....	80
Лекція 7. Співпраця з інституціями громадянського суспільства в системі державного європейського моніторингу.....	99
Лекція 8. Європейський та український досвід обчислення індексів якості повітря та доступ до екологічної інформації.....	114
Лекція 9. Моніторинг води в світлі ЄС.....	134
Лекція 10. Європейський моніторинг ґрунтів в Україні: законодавча база, методичне та технічне забезпечення для практичної реалізації.....	146

Лекція 1. Моніторинг об'єктів довкілля в контексті європейської інтеграції.

План.

1. Роль моніторингу об'єктів довкілля у вирішенні проблем забруднення об'єктів довкілля та глобального збільшення температури планети.
2. Глобальна співпраця у боротьбі зі змінами клімату і довкілля.
3. Поняття “моніторингу довкілля”.
4. Глобальний моніторинг довкілля.

1. Роль моніторингу об'єктів довкілля у вирішенні проблем забруднення об'єктів довкілля та глобального збільшення температури планети

Існування людини безпосередньо пов'язане з довкіллям та процесами, що відбуваються в ньому. Зміни у довкіллі відбуваються під впливом природних і антропогенних (зумовлених господарською діяльністю людини) біосферних факторів.

Дві з найбільших проблем сучасного світу – глобальне збільшення температури та забруднення об'єктів довкілля.

У багатьох міжнародних документах, які стосуються захисту довкілля, проблема забруднення повітря і проблема кліматичних змін зазвичай є ланками одного ланцюга. Адже під час розробки стратегій зменшення згубного впливу людини на атмосферне повітря і клімат доводиться мати справу з тими самими джерелами походження небезпеки.

Моніторинг довкілля – спостереження за довкіллям, оцінювання його фактичного стану, прогнозування його розвитку – відіграє ключову роль у подоланні цих болючих проблем людства. Усвідомлюючи небезпеку і маючи актуальну достовірну інформацію, ми зможемо допомагати вирішувати їх доступними нам способами.

Світова кліматична криза чітко показала, наскільки ми всі взаємопов'язані: здоров'я людини залежить від здоров'я довкілля. А для кожної людини найціннішим є життя та здоров'я. Те, що забезпечує здоров'я довкілля – оптимальні кліматичні фактори, чисті та безпечні атмосферне повітря, вода, ґрунт – є суспільною цінністю та останнім безкоштовним природним ресурсом, що для більшості населення планети не має альтернативи споживання [1].

Що викликає зміну клімату? **Зміни клімату** – це глобальні зміни, коли кожного року впродовж не менш як трьох десятиліть підряд відтворюються аномальні відхилення від погодних норм природних зон.

Завдяки спалюванню викопного палива – вугілля, нафти, природного газу – промислового виробництва, вирубці лісів і розведенню худоби, середня

температура Землі підвищується. Ця діяльність призводить до викиду величезної кількості так званих парникових газів в нашу атмосферу, що посилює **парниковий ефект** і спричинює глобальне підвищення температури.

Парниковий ефект – це нагрівання поверхні землі, океанів та нижніх шарів атмосфери, спричинене деякими газами у повітрі. Вони пропускають сонячні промені у нижні шари атмосфери, але заважають їм повернутися назад у космос, ніби накриваючи Землю ковдрою. Та ці гази настільки добре вловлюють тепло від Сонця, що якщо їх рівень трохи підвищується, температура Землі також підвищується, що має значні негативні наслідки для життя на Землі.

Різноманітні природні процеси контролюють природну кількість цих парникових газів в атмосфері. Однак людська діяльність швидко збільшила кількість деяких парникових газів в атмосфері, що призвело до нагрівання Землі з великою швидкістю.

У Всесвітній метеорологічній організації (WMO) основними парниковими газами, концентрація яких зростає, називають:

- вуглекислий газ або карбон(IV) оксид CO_2 ,
- метан CH_4 ,
- нітроген оксиди,
- водяна пара,
- фторвмісні гази (F-гази): гідрохлорфторкарбони (HCFC), гідрофторкарбони (HFC), гідрофторкарбони та перфторкарбони, наприклад, CHF_3 та CF_4 відповідно, сульфур гексафторид SF_6 , нітроген трифторид NF_3 .
- озон у нижніх шарах атмосфери.

Суттєвими є викиди метану: у 2019-му році вони склали 31% від усіх викидів парникових газів в Україні. Основними джерелами у цьому випадку є сектори енергетики (66%), відходів (16%) та сільського господарства (13%).

Ці антропогенні парникові гази можуть залишатися в атмосфері роками, десятиліттями або навіть довше (залежно від газу). Для зручності розрахунків їх усі переводять у так званий “еквівалент CO_2 ”. Тому часто усі парникові гази називають спрощено “вуглець” [2].

Зміна клімату впливає на кількість опадів і середню температуру, сезонність. Якщо говорити про Європу як континент, то очікується, що в Європі стане тепліше, в деяких регіонах – сухіше, а в інших – вологіше.

Ці зміни вплинуть не лише на наше здоров'я, а й на екосистеми, від яких ми залежимо, на економіку.

Погода в Європі стає все більш екстремальною:

- більше, сильніші та триваліші хвилі спеки. Хвилі спеки є найбільш смертоносними екстремальними погодними явищами в Європі, впродовж яких

умови є небезпечними для здоров'я людини, що означає більшу кількість додаткових смертей і госпіталізацій, особливо серед людей похилого віку та хворих, якщо не вжити заходів з адаптації,

- більш часті, екстремальні повені,

- більш часті сильні посухи. Для розуміння їх впливу на економіку, використовують такі прогнози: в Європі очікується, що загальні економічні втрати в усіх секторах економіки, пов'язані з посухами, зростуть до кінця цього століття з поточних 9 мільярдів євро на рік до 25 мільярдів євро на рік при глобальному потеплінні на 1,5 градуса за Цельсієм (°C), 31 мільярд євро на рік. при потеплінні на 2°C і 45 мільярдів євро за потепління на 3°C на основі наукових сценаріїв,

- більш масштабні лісові пожежі,

- зростання захворювань, чутливих до клімату,

- впливає зміна клімату і на здатність багатьох рослин і тварин виживати в нових кліматичних умовах.

Боротьба зі зміною клімату вимагає двох взаємопов'язаних дій, які працюють разом:

- пом'якшення наслідків зміни клімату: зменшення викидів парникових газів в атмосферу та збільшення їх поглинання для уповільнення зміни клімату,

- адаптація до зміни клімату: дії щодо адаптації до наслідків зміни клімату, як-от запобігання повеням, підготовка до хвиль спеки та зменшення інших кліматичних ризиків [3].

2. Глобальна співпраця у боротьбі зі змінами клімату і довкілля

Які були перші важливі кроки світової спільноти на шляху зменшення викидів парникових газів? 197 країн у 2015 році підписали **Паризьку угоду**, зобов'язавшись утримувати зростання глобальної середньої температури значно нижче 2°C порівняно з доіндустріальним рівнем і продовжувати зусилля щодо обмеження підвищення температури до 1,5°C вище доіндустріального рівня.

Зменшення викидів вимагає переосмислення суспільства, економіки, науки та політики. Чим швидше ми будемо діяти, щоб скоротити ці викиди, тим краще нам буде в майбутньому. Розв'язання цієї проблеми вимагає від нас змінити все, що ми робимо – від того, як ми розвиваємо нашу економіку та вирощуємо продукти харчування, до того, як ми подорожуємо та живемо. Це проблема, яка відчувається як глобально, так і локально.

Глобальна співпраця має важливе значення для пом'якшення наслідків зміни клімату.

Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (РКЗК ООН) і Паризька угода забезпечують транскордонну співпрацю для боротьби зі зміною клімату та забезпечення сталого майбутнього.

Україна прагне стати частиною ЄС, то нам потрібно знати і застосовувати його досвід у боротьбі зі змінами клімату. **«Зелена угода»** або **«Зелений курс» Європейського Союзу (EGD)**, запущена в грудні 2019 року, пообіцяла зробити Європу першим кліматично нейтральним континентом до 2050 року, тобто місцем, де усі викиди парникових газів, спричинені людською діяльністю, поглинатимуться екосистемами та технологіями уловлювання і зберігання вуглецю.

Зелений Курс – це дороговказ, який включає стратегії розвитку сталої, чистої, безпечної та здорової Європи. Він складається з плану дій, спрямованих на те, щоб зробити економіку ЄС стійкою, перетворивши кліматичні та екологічні виклики на можливості в усіх сферах. **EGD** охоплює всі сектори економіки, зокрема, транспорт, енергетику, сільське господарство, будівництво та промисловість. Були розроблені Плани дій для різних секторів. Кожна частина Плану передбачає затверджені цілі ЄС до 2030 року, які важливо реалізувати для досягнення загальної мети. Впродовж останніх десятиліть ЄС вживав рішучих заходів проти зміни клімату, що призвело до скорочення викидів більш ніж на 30% у 2020 році порівняно з рівнем 1990 року. Це в основному результат зростання використання відновлюваної енергії та зменшення використання вуглецевмісного викопного палива. Підвищення енергоефективності та структурні зміни в економіці також сприяли досягненню цих цілей. Зараз поставлено більш амбітні цілі – чисте скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. **“Зелений курс”** має стати дороговказом і для України під час відновлення [4].

Наразі Україна веде війну за право на існування, і захист нашої держави, безпека наших людей і збереження наших цінностей є першочерговою задачею. Але в той же час деокуповані та постраждалі території відновлюються та відбудовуються, Україна отримує підтримку від міжнародних партнерів, включно з ЄС. Це є шансом на відновлення України після війни у сталий та зелений спосіб, що буде важливим для розвитку конкурентоспроможної економіки та комфортного життя населення. Впровадження EGD в Україні повинно мати наскрізний характер: екологічні та кліматичні питання мають розглядатись у сферах енергетики, промислової політики, сільського господарства, транспорту, фінансів тощо.

Яка політика та заходи у сфері скорочення антропогенних викидів парникових газів та адаптація до зміни клімату в Україні? Розпорядженням

Кабінету Міністрів України від 20.10.2021 № 1363-р схвалено **Стратегію екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату** на період до 2030 року та операційний план реалізації Стратегії на 2028-2030 роки. Стратегія розроблена з метою підвищення рівня екологічної безпеки, зменшення впливів та наслідків зміни клімату в Україні.

Стратегічними цілями є, зокрема:

- зменшення рівня промислового забруднення,
- досягнення “доброго” екологічного стану вод,
- підвищення ефективності державної системи оцінки впливу на довкілля та державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища,
- підвищення обізнаності представників центральних і місцевих органів державної влади та органів місцевого самоврядування, які уповноважені на прийняття рішень у сфері довкілля, громадськості з питань пом’якшення та адаптації до зміни клімату [5].

3. Поняття “моніторингу довкілля”

Упродовж десятиріч Європейський Союз бореться за підвищення якості повітря, води та ґрунту через контроль викидів шкідливих речовин та інтеграцію вимог з охорони довкілля у промисловий та енергетичний сектори. Але усі види забруднення довкілля не мають кордонів і є фактично **транскордонними**. Це хвилює багато країн, зокрема, потенційно небезпечними є екологічні проблеми України, що виникли внаслідок експлуатації родовищ корисних копалин, пов’язані, в основному, з розробкою родовищ нафти і газу, калійної солі та з веденням видобувних робіт кар’єрним способом.

На унікальному техногенному об’єкті Івано-Франківської області – **Домбровському кар’єрі** (рис. 1), – де в 60 роках ХХ ст. вперше у світі калійну сировину почали видобувати відкритим способом (як правило видобувають шахтним), під час активної експлуатації функціонувала дренажна траншея, працювали насосні станції, які відкачували поверхневі води (до 2008 року). Однак, коли зупинили експлуатацію, кар’єр почав заповнюватися водою.



Рис. 1. Домбровський кар'єр, м. Калуш, Івано-Франківська область.

Біла сіль – це тенардит (сульфат натрію), який разом з солями калію та магнію втрачається з полімінеральних покладів, розсолів, створюючи екологічні проблеми в нашому регіоні і не тільки... Родовище може стати або екологічною загрозою транскордонних масштабів, або справжнім порятунком для відновлення калійної промисловості України (склад розсолів дозволяє отримувати сульфатні калійномагнієві добрива, які в дефіциті як в Україні, так в світі).

Через Домбровський кар'єр засолюються прісні підземні води на Прикарпатті. Від бездіяльності розсоли кар'єру забруднюють річку Сівка, яка впадає у Дністер, а той, у свою чергу, прогнозують, за найнесприятливішої ситуації рознесе забруднену воду навіть в інші країни, тобто здійснюватиметься транскордонне забруднення.

Наведений приклад про можливості транскордонного забруднення свідчить, що світу дуже необхідна і важлива прозора система моніторингу та звітності про викиди [6].

За міжнародним стандартом (СТ ІСО 4225-80), **моніторинг** – це багаторазове вимірювання для спостереження за змінами будь-якого параметра в певному інтервалі часу; система довготривалих спостережень, оцінювання, контролювання і прогнозування стану і зміни об'єктів. Термін запропонували напередодні проведення Стокгольмської конференції ООН з довкілля (Стокгольм, 5-16 червня 1972 р.) як доповнення до терміну “контроль” [7].

Без ретельного **моніторингу** викидів упродовж тривалого часу неможливо зрозуміти вплив різноманітних заходів, які вживають країни для зменшення викидів забруднювачів.

Поняття “**моніторинг довкілля**” вперше було введено професором Р. Манном на Стокгольмській конференції ООН з довкілля, і в даний час отримало міжнародне поширення і визнання.

Моніторинг довкілля (МД) (від лат. monitor – той, що контролює, попереджує) – система спостереження і контролю за природними, природно-антропогенними комплексами, процесами, що відбуваються у них, навколишнім середовищем загалом з метою раціонального використання природних ресурсів і охорони довкілля, прогнозування масштабів неминучих змін.

Від звичайного контролю моніторинг відрізняється тим, що він здійснюється не одноразово, а передбачає виконання постійних систематичних спостережень за встановленим регламентом або за певний, досить тривалий проміжок часу. Крім спостережень і отримання інформації, моніторинг передбачає і елементи активних дій, таких як оцінювання, прогнозування, розроблення рекомендацій, в даному випадку природоохоронних.

Моніторинг довкілля відіграє важливу роль для природоохоронної політики всіх держав світу, яка здійснюється відповідно до екологічних прогнозів. Він є **джерелом інформації** для суспільства про стан довкілля та тенденції його розвитку. З позиції державного управління **МД** – це інструмент для оцінки стану навколишнього природного середовища, а також підготовки даних для ухвалення адекватних управлінських рішень та подальшого інформування урядових, громадських і міжнародних організацій.

Необхідність виконання цих завдань зумовлює **структуру моніторингу**, яка формується з таких блоків:

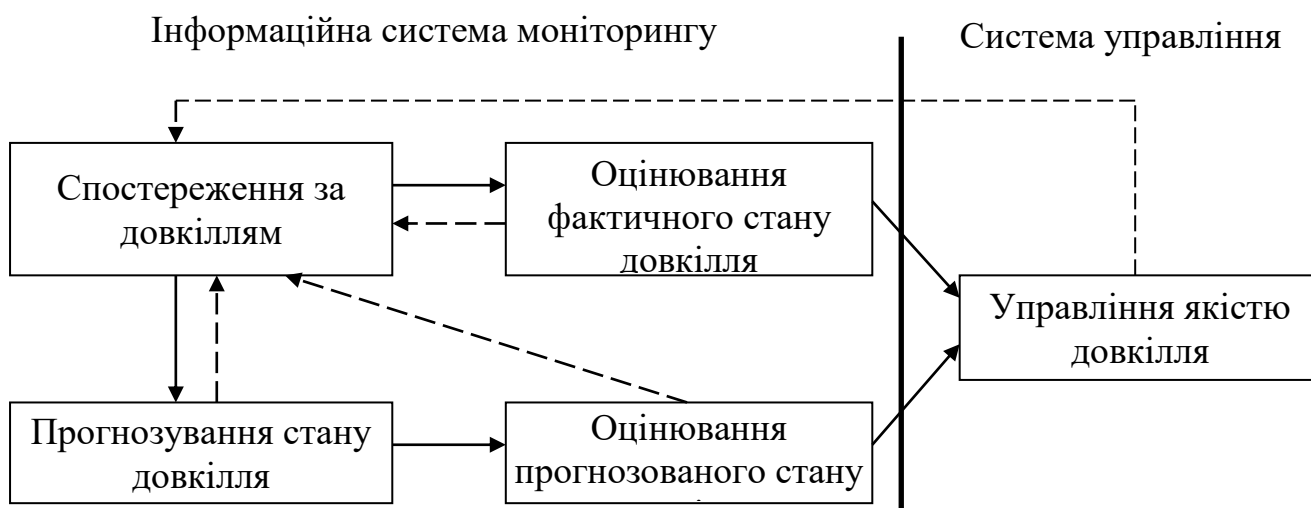


Рис.2. Блок-схема системи моніторингу

МД передбачає виконання таких загальних завдань:

- спостереження за змінами в навколишньому середовищі;
- прогнозування наслідків втручання людини;

- оцінка стану навколишнього середовища та прогнозування його змін;
- моделювання процесів змін в навколишньому середовищі.

Моніторинг довкілля ієрархічно організований за **рівнями**:

глобальний – охоплює Землю загалом, здійснюється на основі міжнародного співробітництва;

національний – охоплює окремі держави, здійснюється в межах держави спеціально створеними органами;

регіональний – здійснюється в межах великих районів, що інтенсивно освоюються людиною;

локальний – здійснюється в межах населених пунктів, промислових центрів, безпосередньо на підприємствах.

При виконанні своїх функцій моніторинг довкілля використовує різноманітні методи отримання первинної і вторинної інформації.

Для отримання **первинної інформації** використовують безпосередні спостереження на відповідних станціях, пунктах спостережень (стаціонарних, пересувних): метеорологічні, гідрологічні, океанічні, геофізичні, біологічні, фонові спостереження. Дані про стан довкілля отримують і за допомогою дистанційних засобів спостережень, зокрема внаслідок прямих спостережень із супутників Землі, вертикальних зондувань, фотографічних і геофізичних зйомок, а також геостаціонарних спостережень.

Вторинна інформація накопичується під час опрацювання даних, отриманих як первинна інформація. Результати фіксують у вигляді карт, таблиць, графіків. Для акумулювання й узагальнення інформації функціонують комп'ютерні бази даних, поєднані з певними аналітичними засобами для роботи з просторовою інформацією – **географічні інформаційні системи (ГІС)**.

Необхідним є дослідження середовища у **динаміці**, тобто оцінювання минулого, сучасного його станів, а також прогнозування змін його параметрів у майбутньому.

Інформація про стан довкілля і тенденції змін є основою розроблення заходів з охорони природи, вона враховується і при плануванні розвитку економіки.

Вивчення й оцінювання негативних наслідків антропогенних дій з метою попередження або зменшення збитків є однією із найважливіших умов організації економіки, гарантування екологічної безпеки.

Спостереження у межах системи моніторингу за дією **основних антропогенних факторів і процесів**, які вони зумовлюють, групують за такими напрямками:

спостереження за локальними джерелами забруднення і забруднюючими факторами,

- спостереження за станом навколишнього природного середовища,
- спостереження за станом біотичної (живої) складової біосфери,
- спостереження за реакцією великих систем (клімату, Світового океану, біосфери в цілому),
- спостереження за станом здоров'я та добробуту населення.

Для встановлення динаміки змін стану біосфери заміри повторюють через певні проміжки часу, а важливі показники відстежують безперервно.

Система спостережень може полягати в організації замірів у конкретних точках (на станціях) або на обширній території й отриманні інтегральних показників.

Для спостережень важливо знати початковий (**фоновий**) стан середовища, тобто стан, який підтримувався до суттєвого втручання людини.

Оцінювання змін стану навколишнього природного середовища дає змогу визначити можливі збитки, спричинені природними й антропогенними діями, з'ясувати оптимальні умови людської діяльності, а також додаткові природні можливості, якими може скористатися людина.

Унаслідок антропогенних впливів довкілля може зазнати збитків:

- екологічних,
- економічних,
- естетичних.

При **оцінюванні стану** довкілля використовують такі критерії:

гранично допустимі концентрації забруднювачів – максимальна концентрація речовини в навколишньому середовищі (НС), яка не впливає на організм людини і не зумовлює віддалених мутагенних і канцерогенних наслідків,

гранично допустимі дози (кількість шкідливої речовини, дія якої не викликає згубної дії на організм, екосистему),

гранично допустимі викиди речовин в атмосферу, гранично допустимі скиди шкідливих речовин у водні об'єкти,

гранично допустиме антропогенне навантаження (зумовлене людською діяльністю навантаження на навколишнє природне середовище, тривалий вплив якого не призведе до зміни екосистем).

Найпоширенішим критерієм оцінювання якості складових природного середовища (атмосферного повітря, прісних і морських вод, ґрунтів) є **гранично допустимі концентрації (ГДК)** шкідливих речовин.

На сучасному етапі розвитку людства охорона та раціональне використання довкілля є загальнопланетарною проблемою, для розв'язання якої необхідно об'єднати зусилля багатьох країн, а також різних наукових дисциплін

з формуванням єдиного понятійного базису, спектра науково-методичних і практичних підходів.

Предметом моніторингу довкілля як **науки** є організація і функціонування системи моніторингу, оцінювання і прогнозування стану екологічних систем, їх елементів, біосфери, характеру впливу на них природних і антропогенних факторів.

Ця галузь природничої діяльності не може розвиватися без спеціально підготовлених фахівців, потребує системного підходу в обґрунтуванні мереж та видів спостережень, систематичності їх проведення та постійного вдосконалення методичного й технічного забезпечення.

Моніторинг довкілля як комплексна галузь знань послуговується загальнонауковими методами досліджень, але розробляє і власні методи аналізу, прогнозування стану екологічних систем і процесів, що в них відбуваються.

Організація моніторингу – надзвичайно складне багатопланове завдання. Складність моніторингу навколишнього середовища полягає в тому, що воно має **двоїстий характер**: складається з природних та техногенних систем.

Основне завдання полягає в організації моніторингу на різних ділянках земної поверхні з урахуванням чергування цих різних за характером антропогенного навантаження місцевостей.

Методики спостережень за об'єктами довкілля мають бути максимально наближені до рекомендацій **Міжнародної програми співробітництва з комплексного моніторингу довкілля**, підтриманої більшістю країн Європи: визначення і прогнозування стану екосистем з урахуванням місцевих ландшафтно-геохімічних умов, змін клімату і впливу техногенних джерел забруднювачів.

Система моніторингу ґрунтується на **принципах**:

- системності спостережень за станом об'єкта,
- своєчасності отримання й обробки даних спостережень на об'єктовому й узагальнюючих (місцевому, регіональному та державному) рівнях,
- комплексності використання моніторингової інформації,
- об'єктивності первинної, вторинної, аналітичної й прогнозованої інформації,
- узгодженості нормативного, організаційного і методичного забезпечення на різних рівнях,
- оперативності доведення моніторингової інформації до зацікавлених організацій.

Об'єктами моніторингу довкілля, залежно від рівня та мети досліджень, можуть бути:

□ навколишнє середовище на різних за розміром територіальних угрупованнях (локального, регіонального, національного, глобального рівня),

□ його елементи (атмосферне повітря, поверхневі й підземні води, ґрунтовий і рослинний покриви, екосистеми, їх абіотичні і біотичні складові),

□ джерела впливу на довкілля.

Для цих об'єктів розрізняють:

□ **моніторинг хімічних параметрів довкілля** (рН, вміст кисню, окиснюваність (к-сть кисню, еквівалентна витраті окисника на окиснення всіх органічних і мінеральних речовин), грубо дисперсні домішки, загальна сума водорозчинних речовин, сухий залишок, лужність (сумарний вміст основ: сильних, анілін, карбонат-, гідрокарбонат-, дигідрофосфат-, гідрофосфат-сульфіт-, сульфід-, гідросульфід-йон), кислотність, хімічні забруднювачі – тверді, газоподібні й рідкі речовини, хімічні елементи та сполуки штучного походження, які надходять у біосферу й порушують природні процеси кругообігу речовин та енергії),

□ моніторинг фізичних параметрів довкілля (температура, тиск, гігрометричні показники, швидкість руху повітря, сонячна радіація, іонізуюча радіація, акустичне та електромагнітне випромінювання),

□ мікробіологічний моніторинг довкілля (бактерії, віруси, грибки і т.п.).

Моніторинг довкілля в усіх розвинутих країнах здійснюється по-різному, з урахуванням **національних особливостей**, але на основі рекомендацій ООН.

Метрологічне забезпечення систем державного моніторингу довкілля здійснюється в окремих країнах відповідно до чинного законодавства цих країн про забезпечення єдності вимірювань та за міжурядовими угодами.

Матеріально-технічне забезпечення систем моніторингу довкілля здійснюється органами державної виконавчої влади, підприємствами, установами й організаціями, що провадять державний моніторинг навколишнього природного середовища.

Фінансування робіт з реалізації моніторингу довкілля здійснюється відповідно до порядку фінансування природоохоронних заходів за рахунок коштів, передбачених у державному та місцевих бюджетах країн згідно із законодавством.

Суб'єктами системи моніторингу довкілля в різних країнах є міністерства та відомства, на які державними нормативно-правовими актами покладається здійснення функцій з моніторингу об'єктів навколишнього природного середовища.

Взаємовідносини суб'єктів ґрунтуються:

□ на координації дій під час планування, організації та проведення спостережень та спільних заходів з моніторингу,

взаємній інформаційній підтримці рішень у галузі охорони навколишнього природного середовища, екологічної безпеки та раціонального використання природних ресурсів,

ефективному використанні наявних організаційних структур, засобів спостережень та сучасних інформаційних технологій,

сприянні ефективному розв'язанню спільних завдань моніторингу та екологічної безпеки,

відповідальності за повноту, своєчасність і достовірність даних спостережень та інформації, що надається,

колективному використанні інформаційних ресурсів,

безкоштовному інформаційному обміні [8].

4. Глобальний моніторинг довкілля

Основне рішення Стокгольмської конференції ООН з навколишнього середовища (червень 1972 р.): екологічні проблеми довкілля мають глобальний характер.

Для їх оцінки та аналізу необхідно створення **Глобальної системи моніторингу довкілля (Global Environmental Monitoring Systems – GEMS)** шляхом об'єднання існуючих національних систем (перш за все європейської, радянської та американської). На першій міжурядовій нараді **GEMS**, яка проходила в 1974 р. в Найробі, були прийняті основи **GEMS**.

Мета GEMS – забезпечення зацікавлених національних та міжнародних організацій інформацією про стан, природних і антропогенних змінах навколишнього середовища, необхідної для управління якістю цього середовища.

Завдання програми GEMS:

1. Організація розширеної системи попереджень про загрозу здоров'ю.
2. Оцінювання глобального забруднення атмосфери і його впливу на зміни клімату.
3. Оцінювання кількості й розподіл забруднення біологічних систем і харчових ланцюгів.
4. Оцінювання критичних проблем, що виникають внаслідок сільськогосподарської діяльності й землекористування.
5. Оцінювання реакції наземних екосистем на вплив навколишнього середовища.
6. Оцінювання забруднення океану й вплив забруднень на морські екосистеми.
7. Створення вдосконаленої системи попереджень про стихійні лиха в міжнародному масштабі.

GEMS складається з п'яти підсистем:

- I. Моніторинг стану атмосфери;
- II. Моніторинг переносу забруднюючих речовин на великі відстані;
- III. Здоров'я людини;
- IV. Дослідження Світового океану;
- V. Моніторинг відновлюваних ресурсів.

Глобальна система моніторингу органічно переплітається з національними системами – вона значною мірою об'єднує **фонові станції** національних систем. Біосферні заповідники розглядаються як складова частина **GEMS**.

Література

1. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К. Управління якістю атмосферного повітря: від концепції до впровадження: Звіт за результатами досліджень / у редакції М. Сороки. Прага-Київ: Arnika, 2021. 52 с. ISBN 978-80-87651-99-5.

2. <https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ne-prirodnyj-protses.html>

3. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/climate-change-impacts-risks-and-adaptation>

4. https://ecoaction.org.ua/ievropejskyj-zelenyj-kurs.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw6oi4BhD1ARIsAL6pox0Kn2WAF1hhYshItY1zjROQeQIkTHZFfrOZZF MUWYD6QRBgPB1nQcoaArnYEALw_wcB

5. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text>

6. Моніторинг якості повітря: європейський досвід навчальний посібник: [текст] / Хацевич О.М., Микитин І.М., Федорченко С.В., Курта С.А. /Факультет природничих наук; Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2023. – 217 с.

7. М. О. Клименко, А. М. Прищеп, Н. М. Вознюк. Моніторинг довкілля: підручник. 2-ге вид., допов. та перероб. – Рівне : НУВГП, 2023. – 350 с. ISBN 978-966-327-557-4

8. Моніторинг довкілля: підручник /[Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В. Б. та ін.]; за ред. проф. В.М. Боголюбова. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. – Київ: НУБіПУ, 2018. – 435 с.

Лекція 2. Порівняльний аналіз європейського та українського екологічного законодавства, політики та практики.

План.

1. Особливості правової підтримки екологічного моніторингу в законодавстві ЄС.
2. Правові засади функціонування Державної системи моніторингу довкілля в Україні.
3. Аналіз інституційного забезпечення здійснення державного моніторингу довкілля.
4. Функціонування державної системи моніторингу довкілля.
5. Національні пріоритети у сфері моніторингу об'єктів довкілля.
6. Практичні підходи ЄС та України до моніторингу об'єктів довкілля.

1. Особливості правової підтримки моніторингу об'єктів довкілля в законодавстві ЄС

Серед актів законодавства ЄС у сфері охорони довкілля й природокористування можна відокремити Директиви ЄС що регулюють сферу моніторингу об'єктів довкілля:

- Директива Європейського парламенту та ради 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 р., яка встановлює межі для дій Співтовариства у сфері водної політики (Водна рамкова директива);
- Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість повітря та чистіше повітря для Європи;
- Директива 2004/107/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 15 грудня 2004 року про миш'як, кадмій, нікель, ртуть та поліциклічні ароматичні вуглеводні в атмосферному повітрі;
- Директива 2016/2284 Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року про встановлення національних граничних обсягів викидів окремих забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
- Директива 2010/75/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 24 листопада 2010 р. про промислові викиди (комплексне запобігання і контроль забруднень) (переглянута);
- Директива Європейського Парламенту та Ради 2008/98/ЄС від 19.11.2008 про відходи та про скасування деяких Директив;
- Директива Європейського Парламенту та Ради № 1999/31/ЄС від 26.04.1999 про захоронення відходів.

10 квітня 2024 року Європарламент ухвалив у першому читанні пропозицію Єврокомісії щодо закону про моніторинг ґрунтів, першого в історії закону ЄС про ґрунти. Загальноєвропейські підходи з визначення обов'язкового переліку

забруднюючих речовин, які є пріоритетними для державного управління з охорони земель, зараз поки відсутні.

На розвиток мереж моніторингу ґрунтів у Європі значною мірою вплинули різні директиви Європейського Союзу, зокрема:

- «Нітратна» Директива 91/676/ЄЕС,
- Директива про стале використання пестицидів (Директива 2009/128/ЄС),
- Директива 86/278/ЄЕС про захист навколишнього середовища та, зокрема, ґрунту у випадках використання у сільському господарстві осаду стічних вод,
- Регламент про добрива (Регламент ЄС 2019/1009),
- Регламент про ртуть (Регламент ЄС 2017/852)
- Регламент про засоби захисту рослин (Регламент ЄС 1107/2009), про допустимі концентрації важких металів, контроль викидів підприємств, застосування стоків і відходів виробництва на сільськогосподарських угіддях тощо.

До важливих аспектів регулювання забруднення ґрунтів також можна віднести законодавство з оцінки впливу на довкілля. Для визначення обсягів компенсації екологічної шкоди важливо враховувати положення Директиви ЄС і РЄ від 21 квітня 2004 року № 2004/35/ЄС про екологічну відповідальність за попередження та ліквідацію наслідків завданої навколишньому середовищу шкоди [1].

Останніми роками в багатьох країнах Європейського Союзу поживавлено роботу з моніторингу ґрунтів у зв'язку з ухваленням ЄС 17 листопада 2021 року нової ґрунтової стратегії до 2030 року, яка проголошує створення глобальної мережі моніторингу ґрунтів.

В контексті законодавства ЄС у сфері охорони довкілля варто відзначити Європейський Зелений Курс **EGD**. Дорожня карта його реалізації визначають амбітні цілі, зокрема, щодо зменшення забруднення повітря, вод та ґрунтів, відновлення біорізноманіття, збереження та відновлення лісів. Для України, яка прагне співпрацювати з ЄС в рамках Зеленого Курсу, це означає не лише нові виклики для досягнення амбітних цілей кліматичної політики, але й більші потреби в достовірній інформації про стан довкілля для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

21 травня 2021 року Європейська Комісія прийняла План дій ЄС «На шляху до нульового забруднення повітря, води та ґрунту» – ключовий результат EGD. У ньому викладено інтегроване бачення на 2050 рік: світ, у якому забруднення зменшено до рівнів, які більше не є шкідливими для здоров'я людини та природних екосистем, а також кроки, щоб цього

досягти. Щоб спрямувати ЄС до мети здорової планети для здорових людей до 2050 року, План дій встановлює ключові цілі до 2030 року щодо зменшення забруднення в джерелі порівняно з поточною ситуацією.

План об'єднує всі відповідні політики ЄС щодо боротьби з забрудненням і запобігання йому, з особливим наголосом на тому, як використовувати цифрові рішення для боротьби із забрудненням. Передбачено перегляд відповідного законодавства ЄС для виявлення прогалин, що залишилися в законодавстві ЄС, і тих, де необхідно краще впровадження для виконання цих юридичних зобов'язань [2].

2. Правові засади функціонування Державної системи моніторингу довкілля в Україні

Україна є стороною понад 70 міжнародних двосторонніх і багатосторонніх угод, виконання яких потребує використання інформації про стан довкілля й прогнозування його змін. У зв'язку з цим розбудова державної системи моніторингу довкілля (ДСМД) має здійснюватися як з урахуванням вимог законодавства ЄС, так і вимог дво- та багатосторонніх угод.

Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, стала основою для реформування у багатьох напрямках охорони довкілля, оскільки окрім основних положень Глави 6 «Навколишнє середовище» Розділу V Угоди, Додаток XXX до Глави V містить значний перелік актів законодавства ЄС, положення яких Україна має транспонувати.

Основою для створення та існування державної системи моніторингу довкілля є стаття 50 Конституції України, що гарантує кожному право вільного доступу до інформації про стан довкілля, а також право на її поширення.

Розроблення і впровадження власної державної системи моніторингу ґрунтувалося на основних принципах національної системи моніторингу Союзу РСР – в її основу покладено досвід гідрометеорологічних служб з врахуванням недоліків цієї системи – неузгодженості систем і методик спостереження, а також на результатах аналізу існуючої інформації про забруднення природних середовищ.

Наукова концепція Державної системи моніторингу навколишнього природного середовища України була розроблена українськими вченими в кінці 80-х на початку 90-х років 20-го століття (Примак, 1992; Адаменко, 1993).

Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачено створення державної системи моніторингу довкілля (далі – ДСМД) та проведення спостережень за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення.

Виконання цих функцій покладено на **Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України** та інші центральні органи виконавчої влади, які є суб'єктами державної системи моніторингу довкілля, а також підприємства, установи та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля.

Основні принципи функціонування ДСМД визначені у постанові Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля».

Відповідно до нього, ДСМД – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Зазначене Положення визначає порядок створення та функціонування ДСМД в Україні, закріплює об'єкти довкілля за кожним із суб'єктів моніторингу на рівні підсистем ДСМД.

На сьогодні ДСМД включає такі підсистеми:

- Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря;
- Державний моніторинг вод;
- Моніторинг земель (моніторинг земель і ґрунтів);
- Моніторинг лісів;
- Моніторинг рослинного світу;
- Моніторингу тваринного світу;
- Фоновий екологічний моніторинг (на територіях природно-заповідного фонду);
- Моніторинг місць утворення, зберігання та видалення відходів
- Моніторинг впливу генетично модифікованих організмів на довкілля.

За чинною правовою структурою, за кожною з вищеперелічених підсистем ДСМД необхідно створити притаманні їй законодавчі та нормативні інструменти з організації та здійснення моніторингу за станом об'єктів довкілля.

Зокрема:

- Закон України «Про охорону атмосферного повітря» та постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря»

визначають порядок та процедуру здійснення моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря;

- Водний кодекс України та постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод»;

- Земельний Кодекс України та Закон України «Про охорону земель» разом з постановою Кабінету Міністрів України від 20 серпня 1993 р. № 661 «Про затвердження Положення про моніторинг земель» визначають порядок здійснення моніторингу земель» [3].

На відміну від цих трьох підсистем, інші не отримали належного розвитку, адже такі законодавчі акти як:

- Лісовий кодекс України;
- Закон України «Про рослинний світ»;
- Закон України «Про тваринний світ»;
- Закон України «Про екологічну мережу України»,
- Закон України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів»;
- Закон України «Про природно-заповідний фонд України»;
- Закон України «Про відходи»

визначають відповідні підсистеми моніторингу як невід'ємну частину ДСМД і вказують на необхідність встановлення порядків здійснення відповідних напрямів моніторингу, однак, не отримали належної нормативно-правової підтримки у формі Порядків (положень) щодо здійснення такого моніторингу.

Таким чином, в Україні встановлено основні засади організації та функціонування державної системи моніторингу довкілля, а також врегульовано процедуру здійснення моніторингу за окремими підсистемами.

ДСМД базується на використанні існуючих організаційних структур суб'єктів моніторингу і функціонує на основі єдиного нормативного, організаційного, методологічного і метрологічного забезпечення, об'єднання складових частин та уніфікованих компонентів цієї системи.

Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» покладає організаційну інтеграцію суб'єктів системи моніторингу на Міндовкілля, обласні, Київську та Севастопольську міські держадміністрації, орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища на

основі загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм моніторингу довкілля, що складаються з програм відповідних рівнів, поданих суб'єктами системи моніторингу. У свою чергу, програми моніторингу довкілля відповідних рівнів формуються на основі укладених угод про спільну діяльність під час здійснення моніторингу довкілля на відповідному рівні.

Відповідно до законодавства України основними завданнями суб'єктів системи моніторингу є:

- довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля;
- аналіз екологічного стану довкілля та прогнозування його змін;
- інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;
- інформаційне обслуговування органів державної влади, органів місцевого самоврядування, а також забезпечення екологічною інформацією населення країни і міжнародних організацій [4].

3. Аналіз інституційного забезпечення здійснення державного моніторингу довкілля

Положенням про державну систему моніторингу довкілля, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 із змінами (далі – Положення про моніторинг довкілля) визначені суб'єкти ДСМД:

- Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля)
- Міністерством охорони здоров'я
- Міністерство внутрішніх справ України (МВС)
- Міністерство аграрної політики та продовольства України (Мінагрополітики)
- Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України (Мінінфраструктури)
- Міністерство економіки України (Мінекономіки)

ЦОВВ, що підпорядковані Міндовкілля:

- Державне агентство лісових ресурсів України (Держлісагентство)
- Державне агентство водних ресурсів України (Держводагентство)
- Державна служба геології та надр України (Держгеонадра)

- Державне агентство України з управління зоною відчуження (ДАЗВ)

ЦОВВ, що підпорядковані МВС:

- Державна служба з надзвичайних ситуацій України (ДСНС)

ЦОВВ, що підпорядковані Мінагрополітики:

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

- Державне агентство меліорації та рибного господарства України (Держрибагентство)

Інші ЦОВВ, органи влади, установи та організації:

- Державне космічне агентство України (ДКА)

- Орган виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань екології та природних ресурсів (на території Автономної Республіки Крим), а також підрозділи з охорони довкілля обласних та міських державних адміністрацій

- Органи акредитації, стандартизації та метрології

- Окрім ЦОВВ та установ вказаних вище, у проведенні заходів з моніторингу довкілля беруть участь **наукові установи**, зокрема структури Національної Академії Наук України, та їх територіальні органи, підприємства, установи та організації, що належать до сфери їх управління, обласні, Київська та Севастопольська міські держадміністрації, а також органи виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища [4].

4. Функціонування державної системи моніторингу довкілля

Система моніторингу ґрунтується на використанні існуючих організаційних структур суб'єктів моніторингу і функціонує на основі єдиного нормативного, організаційного, методологічного і метрологічного забезпечення, об'єднання складових частин та уніфікованих компонентів цієї системи. ДСМД функціонує за державною програмою моніторингу, яка визначає пріоритетні завдання та заходи для реалізації цілей моніторингу в масштабах країни на найближчі 5 років. У ній враховуються вимоги міжнародних та міждержавних зобов'язань України, а також положень державних і спеціальних програм, які набули чинності згідно з постановами ВРУ та КМУ. До виконання залучені всі суб'єкти ДСМД, а також наукові установи, природокористувачі та громадські організації.

Існуюча система моніторингу довкілля базується на виконанні розподілених функцій її суб'єктами і складається з підпорядкованих їм підсистем. Кожна підсистема на рівні окремих суб'єктів системи моніторингу має свою структурно-організаційну, науково-методичну та технічну бази.

Функціонування ДСМД здійснюється на рівнях, що розподіляються за **територіальним принципом**:

- загальнодержавний рівень, що охоплює пріоритетні напрямки та завдання моніторингу в масштабах всієї країни;
- регіональний рівень, що охоплює пріоритетні напрямки та завдання в масштабах територіального регіону;
- локальний рівень, що охоплює пріоритетні напрямки та завдання моніторингу в масштабах окремих територій з підвищеним антропогенним навантаженням.

На локальному рівні процюють пункти спостережень, звідки інформація передається в локальні центри збору та переробки. У випадку автоматизованої системи – це локальна система, що обслуговує окремий район (місто) і складається із 2-х частин – контрольно-вимірювальних станцій та інформаційно-аналітичного центру, де отримані дані обробляються, сортуються і передаються на другий рівень.

Регіональний рівень – це рівень відомчих та регіональних інформаційно-аналітичних центрів. З таких центрів інформація про рівні забруднення навколишнього природного середовища передається відповідним зацікавленим організаціям різних відомств і міністерств.

Державний рівень системи включає державний інформаційно-аналітичний центр моніторингу довкілля і головні інформаційно-аналітичні центри відповідних міністерств і відомств, де збирається та обробляється інформація про забруднення природного середовища в масштабі всієї країни.

На основі отриманої щомісячної та щоквартальної інформації Мінприроди **видається інформаційно-аналітичний огляд „Стан довкілля в Україні”**, який розповсюджується серед заінтересованих користувачів. Окрім національного, регіонального і локального рівнів моніторинг довкілля організовується також в межах адміністративних підрозділів (областей, районів, міст, сіл), рекреаційних зон, або в межах галузей нафтогазового, агропромислового, лісогосподарського та інших комплексів.

Науково-методичні розробки в галузі моніторингу та їх супровід здійснюють наукові організації суб'єктів моніторингу, а також Національної академії наук України, Української аграрної академії наук, Національного космічного агентства України. Фінансування робіт зі створення і забезпечення постійного функціонування системи моніторингу та її складових частин

здійснюється відповідно до порядку фінансування природоохоронних заходів за рахунок коштів, передбачених у державному та місцевих бюджетах згідно з законодавством [4].

5. Національні пріоритети у сфері моніторингу об'єктів довкілля

Сфера законодавства про охорону довкілля України є дуже широкою та всеосяжною (понад 300 нормативно-правових актів). Та воно застаріле та має низький рівень адаптації до вимог Директив ЄС.

Усі дані моніторингу довкілля з різних джерел не зібрані на одному ресурсі. На сьогодні функціонування системи спостережень за станом довкілля регламентується застарілими документами 20-річної давності. А більшість обладнання, яке, приміром, використовує Укргідрометцентр, придбане ще в 80-90-ті роки. Робота на такому обладнанні не дозволяє порівнювати дані моніторингу української системи з даними інших країн. Деякі показники узагалі неможливо вимірювати в зв'язку з виходом обладнання з ладу або його відсутністю. Така система моніторингу забезпечує лише констатацію факту перевищення показника забруднення без аналізу причин та наслідків. Така система не може бути основою для прийняття ефективних управлінських рішень.

Закон України «Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» визначає незадовільний стан системи державного моніторингу навколишнього природного середовища однією з першопричин екологічних проблем в Україні, а Стратегією національної безпеки України, введеною в дію Указом Президента України від 26 травня 2015 року № 287/2015, незадовільний стан системи моніторингу довкілля віднесено до основних загроз екологічній та національній безпеці України.

Рішенням Ради національної безпеки і оборони України від 23 березня 2021 року «Про виклики і загрози національній безпеці України в екологічній сфері та першочергові заходи щодо їх нейтралізації» передбачено завдання зі створення ефективної системи державного моніторингу навколишнього природного середовища з використанням технологій дистанційного зондування Землі, контролю космічного простору, геофізичних, геоінформаційних технологій шляхом розробки та затвердження проєктів нормативно-правових актів, стратегій та концепцій, що регулюють питання функціонування державної системи моніторингу довкілля, національного реєстру викидів і перенесення забруднювачів, розвитку гідрометеорологічної діяльності, радіаційного моніторингу [4].

В останні роки нормативно-правова база у галузі охорони та моніторингу стану об'єктів довкілля активно розвивається та оновлюється. Активний

поштовх відбувся завдяки ратифікації Україною Угоди про асоціацію з Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами 2014 року. Відповідно до статті 361 цієї Угоди, співробітництво має на меті збереження, захист, поліпшення і відтворення якості навколишнього середовища, захист громадського здоров'я, розсудливе та раціональне використання природних ресурсів та заохочення заходів на міжнародному рівні, спрямованих на вирішення регіональних і глобальних проблем навколишнього середовища, у тому числі у сферах вирішення проблем зміни клімату та управління якістю атмосферного повітря.

Угода про асоціацію між Україною та ЄС вимагає від України реформувати національну систему екологічного нагляду та контролю і забезпечити дотримання вимог екологічного законодавства. Законодавчі та регуляторні зміни мають відповідати міжнародним правовим документам, які є обов'язковим для виконання в Україні (включно з відповідним законодавством ЄС), та національному законодавству. Угода про асоціацію між Україною та ЄС містить вичерпний перелік законодавства ЄС, якого потрібно дотримуватися Україні

Відповідно до Угоди про асоціацію, Україна зобов'язана виконувати низку директив ЄС у сфері охорони навколишнього природного середовища, включно з Директивою 2010/75/ЄС про промислові викиди (комплексне запобігання та контроль забруднення). Цей процес передбачає та вимагає низки змін:

- законодавчих (зокрема, підготовки та впровадження найкращих доступних технологій – НДТ);
- технічних (наприклад, визначення об'єктів, що потребують інтегрованого дозволу та створення реєстру викидів і перенесення забруднювачів (РВПЗ));
- організаційних (зокрема, забезпечення доступу громадськості до інформації та участі у прийнятті екологічних рішень) [5].

Верховна Рада України 20 березня 2023 року прийняла в цілому урядовий законопроект №7327 “Про державну систему моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля”. Документ покликаний реформувати систему моніторингу довкілля, цей законопроект можна віднести до євроінтеграційних. Документ має створити ефективну державну систему моніторингу довкілля, що забезпечує інформаційні потреби управління в галузі охорони навколишнього природного середовища. Закон наскрізно пронизує 18 законодавчих актів України принципами моніторингу довкілля, задає певну рамку, розпочне важливу реформу у сфері моніторингу усіх компонентів

довкілля: води, повітря, ґрунтів, лісів, рослин, тварин, поводження з відходами та геологічних процесів тощо. Нова система моніторингу відповідатиме міжнародним стандартам екологічного менеджменту, зокрема вимогам та директивам, передбаченим Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Система екологічного моніторингу в Україні буде інтегрована з аналогічними системами інших держав та стане частиною європейської мережі моніторингу всіх компонентів довкілля, координованої Європейською агенцією довкілля.

Як це допоможе громадянам України?

- уся актуальна та достовірна екологічна інформація 24/7 буде доступна на єдиній екологічній платформі «Екосистема» – національній онлайн-платформі, яка містить актуальну інформацію про стан довкілля;

- дані про стан довкілля в Україні стануть доступними на ресурсах країн ЄС. Українська система моніторингу буде інтегрована з SEIS – мережею екологічних даних, що адмініструється Європейською Екологічною Агенцією [6].

Отже, питання удосконалення законодавства у сфері моніторингу довкілля на різних рівнях визначено одним із необхідних передумов для екологічної та національної безпеки України, для цього розробляються відповідні законодавчі ініціативи для створення необхідних передумов існування ефективної системи моніторингу довкілля в Україні.

6. Практичні підходи ЄС та України до моніторингу об'єктів довкілля

Практичні підходи ЄС до моніторингу повітря й вод в Україні вже враховують Постанова Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» та постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод».

Новий Порядок здійснення державного моніторингу повітря було розроблено Мінприроди у рамках виконання Україною зобов'язань в екологічній частині Угоди про асоціацію з ЄС, а саме Директиви №2008/50/ЄС. Нововведення передбачають низку елементів згідно норм ЄС, зокрема:

- передбачено здійснення моніторингу та управління якістю повітря за принципом розподілу території України на зони та агломерації, утворено відповідні зони та агломерації (буде утворено 25 зон та 24 агломерації),

- у кожній із зон та агломерації визначено відповідальний орган управління якістю повітря, що здійснюватиме координацію реалізації моніторингу, а також заходів з управління якістю повітря, зокрема підготовку

та виконання планів поліпшення якості повітря, короткострокових планів дій тощо,

- врегульовано порядок визначення режимів оцінювання для кожної зони та агломерації залежно від рівня забруднення території,
- передбачено створення інформаційно-аналітичної системи даних про якість повітря та своєчасного інформування населення,
- визначено показники рівнів забруднення атмосферного повітря, перевищення яких вимагає впровадження заходів для поліпшення стану повітря або мінімізації шкідливого впливу забруднення на здоров'я населення,
- включено до переліку забруднюючих речовин, моніторинг яких здійснюється обов'язково, $PM_{2,5}$, PM_{10} та озон, які мають значний негативний вплив на здоров'я людини, та рекомендовані для вимірювання ВООЗ,
- передбачено створення нової мережі постів спостережень, які відповідають мінімальним європейським вимогам до моніторингу,
- передбачено розроблення програми моніторингу для зон та агломерацій на кожні 5 років [7].

Нова система моніторингу поверхневих, підземних та морських вод згідно нового Порядку здійснення державного моніторингу вод, що набрав чинності 1 січня 2019 року, передбачає:

- чіткий розподіл обов'язків між організаціями, які вимірюють показники, без дублювання повноважень,
- розширений список біологічних, гідроморфологічних, хімічних і фізико-хімічних показників для моніторингу,
- запроваджений шестирічний цикл моніторингу,
- введена класифікація стану вод: 5 класів екологічного стану і 2 класи хімічного стану,
- збільшення кількості пунктів моніторингу вод з сотень до декількох тисяч [8].

Щодо вимог законодавства ЄС до системи моніторингу земель (грунтів), загальноєвропейські стандарти щодо визначення обов'язкового переліку забруднюючих речовин, які є пріоритетними для державного регулювання в сфері охорони земель, наразі відсутні. У квітні цього року Європарламент у першому читанні схвалив пропозицію Єврокомісії щодо ухвалення Закону про моніторинг ґрунтів, першого в історії ЄС законодавчого акта, що регулює ґрунтові питання. Водночас організаційні та методичні основи моніторингу земель у ЄС загалом є добре розвиненими.

В Україні об'єктом моніторингу є всі землі незалежно від форми власності на них, моніторинг на яких проводиться, зокрема, згідно Положення про

моніторинг земель, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 20 серпня 1993 р. № 661, та Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, затверджене наказом Міністерства аграрної політики від 26.02.2004 р. № 51. У процесі впровадження ринку землі в Україні, Положення про моніторинг земель зазнає суттєвих змін, оскільки його функціональне призначення, окрім оцінки стану земель сільськогосподарського призначення, розшириться для охоплення підходів до оцінки ринкової вартості всіх категорій земель [1].

Література

1. “Моніторинг довкілля”. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. Команда підтримки реформ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (2023). https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf.

2. Національна стратегія наближення (апроксимації) законодавства України до права ЄС у сфері охорони довкілля. – К.: «Додаткова підтримка Міністерства екології та природних ресурсів України у впровадженні Секторальної бюджетної підтримки», 2015. – 112 с.

3. <https://research.rada.gov.ua/uploads/documents/32831.pdf>

4. <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

5. “Брудне небо над головою: законодавство у сфері охорони атмосферного повітря в Україні та ЄС. Порівняльний аналіз законодавства, політики та практики Київ (Україна)/ Прага (Чеська республіка)”, 2020, 42 с. <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2020/12/dirty-skies-above-ua.pdf>.

6. <https://www.kmu.gov.ua/news/na-krok-blizhche-do-yes-parlament-shvaliv-u-pershomu-chitanni-zakonoproekt-pro-reformuvannya-sistemi-monitoringu-dovkillya>

7. <http://ecoprostir.com/2019/08/15/monitoryng-povitrya-vidteper-bude-zdijsnyuvatysya-za-normamy-yes/>

8. <https://davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1>

Лекція 3. Основні джерела забруднення і забруднювачі атмосфери в Європі.

План.

1. Вступ. Вплив забруднення повітря на якість життя в країнах ЄС.
2. Дії ЄС щодо покращення якості атмосферного повітря.
3. Джерела та викиди забруднювачів повітря в Європі.
4. Статус виконання зобов'язань та необхідні зусилля членів ЄС щодо скорочення викидів на 2020-2029 рр. відповідно до Директиви NEC.
5. Вплив забруднення повітря на здоров'я в Європі.

1. Вступ. Вплив забруднення повітря на якість життя в країнах ЄС

Забруднення повітря в Європі продовжує завдавати значної шкоди навколишньому середовищу, клімату та здоров'ю людей. Більшість жителів європейських міст зазнають небезпечного рівня забруднення повітря. Фінансові витрати на вирішення проблем забруднення повітря, спричиненого найбільшими промисловими підприємствами Європи, значні й становлять у середньому від 268 до 428 мільярдів євро на рік, показує аналіз ЄЕА (Європейське агентство з довкілля). Однак, витрати європейської промисловості на навколишнє середовище та здоров'я зменшилися на третину (-33%) з 2012 по 2021 рік. На енергетичний сектор ЄС припадає переважна більшість – близько 80% – загального зниження, в основному завдяки застосуванню найкращих доступних технологій (НДТ) і переходу на відновлювані джерела енергії та менш забруднююче паливо. У 2021 році ці витрати відповідали приблизно 2% ВВП ЄС.

Протягом кількох десятиліть Європейський Союз (ЄС) має стандарти якості повітря для основних забруднювачів повітря в директивах щодо якості атмосферного повітря. Якщо рівні перевищують ці обов'язкові стандарти, держави-члени повинні підготувати плани щодо покращення якості повітря і забезпечення відповідності. Хоча ці значення базувалися на рекомендаціях ВООЗ щодо якості повітря 2005 року, вони також відображали технічну та економічну доцільність їх досягнення в державах-членах ЄС. Тому стандарти якості повітря ЄС є менш вимогливими, ніж рекомендації ВООЗ щодо якості повітря 2005 року.

У 2021 році Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) вперше з 2005 року оновила свої рекомендації щодо якості повітря. Це оновлення базується на систематичному огляді останніх наукових даних про те, як забруднення повітря впливає на здоров'я людини. Поліпшення якості повітря до рівнів, рекомендованих Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ), може

запобігти більш ніж половині передчасних смертей, спричинених впливом дрібних твердих частинок.

Європейська зелена угода сприяла тому, щоб промисловість Європи стала більш екологічною та цифровою. Останнім часом перегляд Директиви про промислові викиди та новий Регламент порталу промислових викидів (IEPR) спрямований на те, щоб підштовхнути велику європейську промисловість до декарбонізації, нульового забруднення, циклічної економіки та інновацій. Очікується, що і посилення Директиви ЄС щодо якості повітря сприятиме цьому розвитку шляхом наближення обмежень забруднення до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо здоров'я.

Окрім проблем зі здоров'ям, забруднення повітря може значно вплинути на економіку Європи через збільшення витрат на охорону здоров'я, скорочення тривалості життя та втрату робочих днів у різних секторах.

Це також завдає шкоди рослинності та екосистемам, якості води та ґрунту та місцевим екосистемам.

Існує потенціал для боротьби із забрудненням повітря в синергії із зусиллями щодо пом'якшення викидів парникових газів у рамках кліматичної та енергетичної політики ЄС. Заходи, вжиті для зменшення викидів забруднювачів повітря та парникових газів, часто стосуються одних і тих самих економічних секторів, але звітуються окремо відповідно до різних законів ЄС – щодо боротьби із забрудненням повітря відповідно до вимог Директиви щодо національних зобов'язань щодо скорочення викидів (NEC) і згідно з Регламентом про механізм моніторингу та звітності про викиди парникових газів (Регламент про механізм моніторингу). Сприяння узгодженості політики звітності та заходів щодо забруднення повітря, енергії та зміни клімату може зменшити бюрократичну тяганину, сприяти узгодженості політики [1].

2. Дії ЄС щодо покращення якості атмосферного повітря

З 1980-х років ЄС прийняв сувору політику щодо якості повітря, ввів в дію законодавство щодо скорочення викидів забруднювачів повітря. Відповідні директиви визначають також загальні методи моніторингу, оцінки та інформування громадськості про якість атмосферного повітря в ЄС. Мережа з понад 4000 станцій моніторингу якості повітря створює надійну, об'єктивну, порівнянну інформацію про якість повітря.

Директива щодо національних зобов'язань щодо скорочення викидів (NEC) (2016/2284/EU) є одним із законодавчих інструментів у рамках Європейської зеленої угоди, що підтримує амбіції нульового забруднення для досягнення чистого довкілля. Директива NEC набула чинності 31 грудня 2016 року. Вона спрямована на забезпечення рівня якості повітря, який не шкодить

здоров'ю людини чи навколишньому середовищу. Директива встановлює національні зобов'язання щодо скорочення викидів на 2020-2030 роки п'яти основних забруднювачів повітря: оксидів азоту (NO_x), неметанових летких органічних сполук (НМЛОС), сульфур (IV) оксиду (SO_2), амоніаку (NH_3) і дрібних твердих частинок ($\text{PM}_{2,5}$). Ці забруднювачі погіршують якість повітря, що призводить до значного негативного впливу на здоров'я людини та навколишнє середовище [2].

З 2020 по 2029 рік зобов'язання щодо скорочення викидів, передбачені директивою, віддзеркалюють зобов'язання для держав-членів ЄС в рамках Гетеборзького протоколу 2012 року з поправками. З 2030 року діятимуть більш амбітні зобов'язання, спрямовані на зменшення впливу забруднення повітря на здоров'я вдвічі порівняно з 2005 роком. Особливо важливо досягти цілей до 2030 року щодо забруднення повітря в рамках Плану дій щодо нульового забруднення. Для досягнення цих цілей надзвичайно важливо, щоб країни-члени ЄС виконали свої відповідні зобов'язання щодо скорочення викидів, встановлені на 2020-2029 роки та на 2030 рік і далі відповідно до Директиви NEC.

Згідно з Директивою NEC, держави-члени зобов'язані розробити та впровадити національні програми контролю забруднення повітря (NAPCR), які мають сприяти успішній реалізації планів щодо якості повітря, розроблених відповідно до Директиви ЄС щодо якості повітря, включаючи заходи щодо скорочення викидів у відповідних секторах для виконання національних зобов'язань. Ці програми повинні працювати у зв'язку з іншими політиками, такими як пом'якшення наслідків зміни клімату. Забезпечення узгодженості між політиками посилює вплив державного втручання.

Директива вводить низку нових вимог до звітності для держав-членів. Вони визначені в Додатку I Директиви та включають щорічну інформацію про викиди ряду забруднюючих речовин:

- п'ять основних забруднювачів повітря: NO_x , НМЛОС, SO_2 , NH_3 і $\text{PM}_{2,5}$;
- інший забруднювач: карбон (II) оксид CO ;
- на додаток до $\text{PM}_{2,5}$, також тверді частинки PM_{10} і, якщо є, сажа (BC) та загальна кількість зважених частинок (TSP);
- важкі метали кадмій (Cd), плюмбум (Pb) і ртуть (Hg) і, за наявності, додаткові важкі метали арсен, хром, мідь, нікель, селен і цинк;
- стійкі органічні забруднювачі (COЗ), включаючи вибрані поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), діоксини та фурани, поліхлоровані біфеніли (ПХБ) і гексахлорбензол (ГХБ).

Директива NEC підкреслює важливість того, щоб держави-члени регулярно звітували про кадастри викидів забруднювачів повітря для оцінки

прогресу в зменшенні забруднення повітря в ЄС і для визначення того, чи дотримуються країни-члени своїх зобов'язань. Згідно з Директивою NEC, держави-члени повинні щорічно звітувати про інвентаризацію викидів, починаючи з 1990 року, у випадку $PM_{2,5}$ – з 2000 року. ЄЕА проводить щорічні брифінги щодо статусу звітності відповідно до Директиви NEC, які оцінюють прогрес у виконанні цих правових зобов'язань. Щоб гарантувати, що інформація про викиди, надані державами-членами, є узгодженою в межах ЄС та узгодженою з міжнародними вимогами, Директива NEC вимагає від держав-членів дотримуватися методологій, узгоджених Конвенцією Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) про транскордонне забруднення повітря на великі відстані LRTAP (Конвенція про повітря). Директива також вимагає, щоб держави-члени використовували посібник ЕМЕР/ЕЕА з інвентаризації викидів забруднюючих речовин у повітря при підготовці своїх кадастрів.

У жовтні 2022 року Європейська комісія запропонувала оновлену Директиву 2008/50/ЄС щодо якості атмосферного повітря та чистішого повітря для Європи, головною метою якої є наближення стандартів ЄС до рекомендацій ВООЗ. Перегляд також спрямований на посилення положень щодо моніторингу та моделювання якості повітря, а також щодо розробки планів якості повітря, щоб допомогти місцевій владі досягти чистішого повітря. Європейська комісія опублікувала пропозицію щодо перегляду Директиви щодо якості атмосферного повітря, з такими основними змінами:

- більш суворі порогові значення для забруднення, більш узгоджені з новими обмеженнями, встановленими Всесвітньою організацією охорони здоров'я,
- посилення права на чисте повітря, покращення доступу до правосуддя,
- чинне законодавство не містить положень, які б дозволяли громадянам вимагати компенсацію за шкоду, завдану здоров'ю внаслідок забруднення повітря; нові правила принесуть більш ефективні покарання та можливості компенсації за порушення правил якості повітря,
- посилені правила моніторингу якості повітря для підтримки превентивних дій і цілеспрямованих заходів,
- вимоги до покращення моделювання якості повітря, особливо якщо якість повітря погана,
- краща публічна інформація.

Вищезазначені заходи узгоджені з іншими законодавчими пропозиціями, такими як перегляд Директиви про промислові викиди та нещодавні пропозиції щодо стандартів викидів Євро-7 для дорожніх транспортних засобів, які сприятимуть досягненню більш суворих стандартів якості повітря.

Пропозицію щодо переглянутої Директиви щодо якості атмосферного повітря було прийнято 26 жовтня 2022 року. Паралельно в рамках Європейської зеленої угоди також передбачені більш суворі вимоги щодо боротьби із забрудненням повітря в джерелі, наприклад, через сільське господарство, промисловість, транспорт, будівлі та енергетику. У Європейській зеленій угоді Європейська комісія взяла на себе зобов'язання щодо подальшого покращення якості повітря та більшого узгодження стандартів якості повітря ЄС із рекомендаціями ВООЗ. Це зобов'язання було відображено в Плані дій щодо нульового забруднення, який визначає бачення до 2050 року зменшення забруднення повітря, води та ґрунту до рівнів, які більше не вважаються шкідливими для здоров'я та природних екосистем. Крім того, план дій щодо нульового забруднення ввів цілі на 2030 рік, дві з яких зосереджені на повітрі та мають на меті:

- зменшити вплив забруднення повітря на здоров'я (передчасну смерть) більш ніж на 55% порівняно з 2005 роком,
- зменшити частку екосистем ЄС, де забруднення повітря загрожує біорізноманіттю, на 25% порівняно з 2005 роком.

Суворіші стандарти якості повітря також сприятимуть досягненню цілей Європейського плану боротьби з раком. Забруднення повітря є відомою причиною раку в Європі, зокрема, раку легенів (ЕЕА, 2022) [3].

На загальноєвропейському рівні викиди в повітря регулюються Конвенцією про повітря LRTAP. Сторони Конвенції про повітря повинні скоротити свої викиди до рівнів, встановлених у Протоколах Конвенції, учасниками яких вони є (Гетеборзький протокол, Протокол про важкі метали, Протокол про стійкі органічні забруднювачі та попередні протоколи щодо конкретних забруднювачів), і звітувати на їх викиди. ЄЕА складає щорічний звіт про інвентаризацію викидів ЄС відповідно до Конвенції про повітря у співпраці з державами-членами ЄС та Європейською Комісією. Політика та заходи щодо скорочення викидів в країнах ЄС зосереджені на трьох важливих забруднювачах повітря – дрібних твердих частинках, оксидах нітрогену та амоніаку, про які держави-члени повідомляють відповідно до Директиви про національні зобов'язання щодо скорочення викидів. Очікуються відповідні дії в трьох секторах, які роблять значний внесок у забруднення повітря, а саме транспорті, енергетиці та сільському господарстві [4].

3. Джерела та викиди забруднювачів повітря в Європі

Забруднювачі повітря можуть мати природне, антропогенне або змішане походження, залежно від їх джерел або джерел їх прекурсорів. Крім того, забруднювачі повітря можна класифікувати як первинні та вторинні. Первинні

забруднювачі викидаються безпосередньо в атмосферу, тоді як вторинні забруднювачі утворюються в атмосфері з попередників забруднюючих речовин через хімічні реакції та мікрофізичні процеси.

До основних первинних забруднювачів повітря належать: тверді частки (ТЧ) діаметром 10 мкм і 2,5 мкм та менше (PM_{10} і $PM_{2,5}$), сажа (BC), оксиди сульфуру (SO_x), оксиди нітрогену (NO_x), амоніак (NH_3), чадний газ (CO), метан (CH_4), неметанові леткі органічні сполуки, включаючи бензол (НМЛОС) і певні метали та поліциклічні ароматичні вуглеводні, включаючи бензопірен (BaP).

До основних вторинних забруднювачів повітря відносяться: РМ, озон (O_3), діоксид азоту (NO_2) і кілька окиснених летких органічних сполук (ЛОС). Ключовими газами-попередниками для вторинних ТЧ є: діоксид сульфуру (SO_2), NO_x , NH_3 і ЛОС.

Тверді частинки діаметром 10 мкм PM_{10} або менше в повітря викидаються в основному в результаті спалювання твердого палива для опалення будинку, хоча промислова діяльність, сільське господарство та автомобільний транспорт також є важливими джерелами. Деякі також походять із природних джерел, таких як морська сіль, пил Сахари або вулкани, а деякі (вторинні ТЧ) утворюються в атмосфері у вигляді комбінації різних газів (наприклад, амоніаку та діоксиду азоту). Концентрації, що перевищують добове граничне значення ЄС для PM_{10} , спостерігаються в основному в Італії та деяких країнах Східної Європи. У більшості країн Центральної та Східної Європи тверде паливо, таке як вугілля та дрова, широко використовується для опалення домогосподарств і на деяких промислових об'єктах і електростанціях.

$PM_{2,5}$ викидаються в основному в результаті спалювання твердого палива для домашнього опалення, промислової діяльності та автомобільного транспорту. Як і PM_{10} , вони також можуть надходити з природних джерел і утворюватися в атмосфері. Сільськогосподарські викиди амоніаку значно сприяють утворенню дрібних твердих часток в атмосфері. Використання твердого палива є основною причиною виділення PM_{10} в Центральній та Східній Європі разом із викидами старого автопарку.

Озон (O_3) є забруднювачем, який утворюється в атмосфері в результаті хімічних реакцій у присутності сонячного світла між оксидами нітрогену, CO та леткими органічними сполуками (ЛОС), включаючи метан (який також є потужним парниковим газом). Викиди цих газів відбуваються з антропогенних джерел, а у випадку ЛОС також з біогенних джерел. Озон також переноситься до Європи з інших частин північної півкулі та верхніх шарів атмосфери. Найвищі концентрації у 2022 році були виявлені в деяких країнах Середземномор'я та Центральної Європи.

Основним джерелом діоксиду азоту (NO_2) є автомобільний транспорт, який викидає NO_2 поблизу землі, переважно в густонаселених районах, що сприяє впливу на населення. Іншими важливими джерелами є процеси горіння в промисловості та енергозабезпеченні. Концентрації, що перевищують річне граничне значення, були виявлені в багатьох турецьких містах і деяких великих містах з великим інтенсивним рухом.

Бензо(а)пірен (BaP) є канцерогенним забруднювачем, який виділяється в основному під час спалювання вугілля та деревини для опалення та, меншою мірою, від промислових установок і спалювання сільськогосподарських відходів. Найвищі концентрації були виявлені в Італії та Східній Європі, де широко поширене використання вугілля та іншого твердого палива для опалення житлових будинків.

Сектори економіки, відповідальні за викиди в повітря, залежать від забруднювачів. Відмінності між державами-членами також існують через різні економічні структури. Загальні викиди забруднювачів повітря в державах-членах ЄС дещо знизилися в 2022 році, зберігаючи загальну тенденцію до зниження, яка спостерігається з 2005 року.

З 2005 по 2022 рік викиди $\text{PM}_{2.5}$ і PM_{10} скоротилися на 33% і 32% відповідно. З 2005 по 2022 рік викиди SO_2 значно скоротилися на 74%. Значні скорочення також спостерігалися для оксидів азоту (44%), сажі (43%), карбон(II) оксиду (41%) і НМЛОС (20%). Примітно, що викиди NH_3 скоротилися лише на 16% – це найменший показник серед забруднюючих речовин. Викиди нікелю (Ni) і миш'яку (As) скоротилися на 63% і 60% відповідно, тоді як викиди ртуті (Hg), свинцю (Pb) і кадмію (Cd) скоротилися на 52%, 43% і 39% відповідно. Викиди BaP впали лише на 20%. Викиди показали значне абсолютне відокремлення від економічної діяльності між 2005 і 2022 роками. Абсолютне відокремлення відбувається, коли змінна впливу на навколишнє середовище, наприклад, викиди забруднювачів повітря, залишається стабільною або зменшується в той час як ВВП зростає. Це призводить до менших викидів основних забруднювачів повітря на кожну одиницю ВВП, виробленого щорічно. Викиди забруднюючих речовин у країнах-членах ЄС зменшилися між 2005 і 2022 роками, навіть якщо ВВП зріс на 61%. Найбільше відокремлення спостерігається для SO_2 , потім NO_x , BC, CO та деяких металів (Ni, As і Hg). Відокремлення викидів від економічної діяльності може бути результатом комбінації факторів, таких як посилене регулювання та реалізація політики, перехід на інший вид палива, технологічні вдосконалення та покращення енергоефективності процесу [5].

4. Статус виконання зобов'язань та необхідні зусилля членів ЄС щодо скорочення викидів на 2020-2029 рр. відповідно до Директиви NEC

Викиди основних забруднювачів повітря продовжували скорочуватися, зберігаючи тенденцію, яка спостерігається з 2005 року. Це відбувається незважаючи на збільшення валового внутрішнього продукту за той самий період. Цей аналіз базується на останніх даних. Згідно з оцінкою ЄЕА останні дані (дані кадастру викидів забруднюючих речовин у повітря, наданих державами-членами у 2024 році, які стосуються викидів до 2022 року) свідчать про те, що 16 держав-членів виконали відповідні національні зобов'язання щодо скорочення викидів згідно з Директивою NEC ЄС щодо національних зобов'язань щодо скорочення викидів, встановлені на 2020-2029 роки для всіх п'яти основних забруднювачів повітря (таблиця 1). Одинадцять держав-членів не зробили цього принаймні щодо одного з п'яти основних забруднювачів повітря.

Зменшення викидів амоніаку продовжує залишатися найважливішою проблемою для третини країн-членів ЄС. З 2005 року в багатьох державах-членах ЄС викиди NH_3 зменшилися лише незначно або в деяких випадках зросли. Сільське господарство є основним джерелом, відповідальним за 93% загальних викидів амоніаку згідно з оцінкою ЄЕА. Це підкреслює потребу в більш ефективній політиці, орієнтованій на сільськогосподарський сектор, щоб застосовувати добре налагоджену сільськогосподарську практику, яка знижує викиди NH_3 . Це включає практики, пов'язані з внесенням добрив і гною, а також збалансування кормів для худоби. Викиди NH_3 впливають на біорізноманіття та сприяють утворенню вторинних $\text{PM}_{2.5}$, основного забруднювача повітря, що спричиняє передчасну смерть у країнах-членах ЄС. Зменшення викидів NH_3 має вирішальне значення для досягнення цілі Плану дій щодо нульового забруднення щодо скорочення на 25% кількості екосистем в ЄС, де забруднення повітря загрожує біорізноманіттю.

Дев'ять держав-членів уже виконали свої зобов'язання щодо скорочення викидів NH_3 до 2030 року в 2022 році. Проте проблеми залишаються, оскільки двом третинам держав-членів все ще потрібно скоротити викиди NH_3 , щоб досягти своїх цілей до 2030 року. У третьому звіті Європейської комісії про перспективи чистого повітря зроблено висновок, що поточних заходів, особливо в сільськогосподарському секторі, недостатньо для скорочення викидів NH_3 до необхідної міри для виконання зобов'язань щодо скорочення викидів. Він рекомендував вжити подальших заходів у кількох державах-членах. Дев'ять держав-членів повинні будуть ще більше скоротити викиди NH_3 , щоб виконати свої національні зобов'язання щодо скорочення викидів на 2020-2029 роки.

Таблиця 1.

Відсоток скорочення викидів, необхідний державам-членам ЄС для виконання своїх зобов'язань щодо скорочення викидів на 2020-2029 рр.

Country Name	2020-2029				
	NH ₃	NMVOС	NO _x	PM _{2.5}	SO ₂
Austria	●	✓	✓	✓	✓
Belgium	✓	✓	✓	✓	✓
Bulgaria	●	✓	✓	✓	✓
Croatia	✓	✓	✓	✓	✓
Cyprus	✓	✓	✓	✓	●
Czechia	●	✓	✓	✓	✓
Denmark	✓	✓	✓	✓	✓
Estonia	✓	✓	✓	✓	✓
Finland	✓	✓	✓	✓	✓
France	✓	✓	✓	✓	✓
Germany	✓	✓	✓	✓	✓
Greece	✓	✓	✓	✓	✓
Hungary	●	✓	✓	●	✓
Ireland	●	✓	✓	✓	✓
Italy	✓	✓	✓	✓	✓
Latvia	●	✓	●	✓	✓
Lithuania	●	●	●	✓	✓
Luxembourg	✓	✓	✓	✓	✓
Malta	✓	✓	✓	✓	✓
Netherlands	✓	✓	✓	✓	✓
Poland	✓	✓	✓	✓	✓
Portugal	●	✓	✓	✓	✓
Romania	✓	✓	●	●	✓
Slovakia	✓	✓	✓	✓	✓
Slovenia	✓	✓	✓	✓	✓
Spain	✓	✓	✓	✓	✓
Sweden	●	✓	✓	✓	✓

Current emission levels below the emission reduction commitment ✓
 Emission reduction needed by less than 10% from current levels ●
 Emission reduction needed by 10% to 30% from current levels ●
 Emission reduction needed by 30% to 50% from current levels ●
 Emission reduction needed by 50% or more from current levels ●

У 2022 році шість держав-членів виконали свої зобов'язання щодо скорочення викидів NO_x до 2030 року. Проте 21 державі-члену потрібно буде ще більше скоротити викиди NO_x. Згідно з даними про викиди 2022 року, Литва та Румунія не виконали національних зобов'язань щодо скорочення викидів NO_x на 2020-2029 роки. Зусилля щодо скорочення викидів NO_x мають бути зосереджені на секторі автомобільного транспорту. Це основне джерело зареєстрованих викидів NO_x, за ним йде сектор енергопостачання.

PM_{2.5} спричиняє серйозні проблеми зі здоров'ям і сприяє передчасній смертності, тому скорочення викидів є критично важливим для досягнення мети скорочення кількості передчасних смертей на 55% до 2030 року, як зазначено в Плані дій щодо нульового забруднення. Сім держав-членів уже виконали свої зобов'язання щодо скорочення викидів PM_{2.5} до 2030 року до 2022 року. Румунія та Угорщина повинні скоротити свої викиди PM_{2.5}, щоб виконати свої національні зобов'язання щодо скорочення викидів на 2020-2029 роки. Ефективні заходи зі скорочення викидів в енергетичному секторі будуть мати вирішальне значення для виконання зобов'язань щодо скорочення викидів PM_{2.5}: спалювання твердої біомаси та викопного палива для житлового опалення все ще сприяє цьому. Заходи щодо зменшення викидів включають покращення ізоляції та модернізацію систем опалення, встановлення котлів із

низьким рівнем викидів або перехід на види палива. Значні викиди твердих частинок також є результатом обробної та добувної промисловості та автомобільного транспорту, в тому числі від двигунів внутрішнього згорання та зносу шин і гальм транспортних засобів.

Усі держави-члени, крім однієї, виконують національні зобов'язання щодо скорочення викидів НМЛОС на 2020-2029 роки. Оскільки обробна промисловість і добувна промисловість є основним джерелом викидів, заходи щодо скорочення викидів цього забруднювача мають бути зосереджені на промислових секторах. Нові технології та вдосконалені виробничі процеси в основних секторах викидів НМЛОС можуть ще більше зменшити викиди забруднювачів повітря.

Картина щодо викидів SO_2 загалом більш позитивна. Усі країни-члени, крім однієї, виконали свої національні зобов'язання щодо скорочення викидів SO_2 на 2020-2029 роки. П'ять держав-членів зіткнулися з проблемами щодо виконання зобов'язань щодо скорочення викидів у 2030 році. Постачання енергії є основним джерелом викидів SO_2 в ЄС, а промисловість і добувна промисловість є другим за величиною джерелом викидів. Кіпру все ще потрібно скоротити викиди SO_2 ще на 43%, щоб виконати свої зобов'язання. Основними джерелами викидів цього забруднювача в країні є енергопостачання та виробництво.

Нові, суворіші зобов'язання набудуть чинності в 2030 році. З огляду на цю віху, усі держави-члени, крім Бельгії та Фінляндії, повинні скоротити викиди принаймні одного забруднювача, щоб виконати свої зобов'язання до 2030 року. Найбільшою проблемою буде скорочення викидів NH_3 , NO_x і $PM_{2.5}$. Навіть якщо певна країна вже досягла цілі щодо конкретних забруднювачів до 2030 року, поточні рівні викидів і тенденції свідчать про необхідність вжиття додаткових заходів, щоб уникнути зростання, яке поставило б під загрозу ці досягнення. Держави-члени повинні зробити більше для досягнення національних зобов'язань щодо скорочення викидів, встановлених з 2030 року та пізніше. У деяких випадках відстань до цілі дуже значна і вимагає значно сильніших дій.

Досягнення подальшого скорочення до 2030 року та надалі стане серйозним викликом майже для всіх країн ЄС і майже для всіх забруднювачів повітря (таблиця 2). Рівень скорочення викидів деяких забруднюючих речовин зараз вирівнюється. Єдиним винятком є діоксид сульфуру: 22 країни-члени вже виконали зобов'язання щодо скорочення до 2030 року.

Забруднювачі повітря амоніак (NH_3), неметанові леткі органічні сполуки, оксиди азоту (NO_x), дрібні тверді частинки ($PM_{2.5}$) і оксиди сірки (SO_x) завдають шкоди здоров'ю людини та навколишньому середовищу, таким чином

зменшення їх антропогенних викидів є пріоритетом як законодавства ЄС, так і міжнародного законодавства щодо якості повітря.

Таблиця 2.

Скорочення викидів у відсотках, необхідні державам-членам ЄС для виконання своїх зобов'язань щодо скорочення викидів до 2030 р. і надалі.

Country Name	2030				
	NH ₃	NM VOC	NO _x	PM _{2.5}	SO ₂
Austria	●	✓	●	●	✓
Belgium	✓	✓	✓	✓	✓
Bulgaria	●	●	●	●	✓
Croatia	✓	●	●	●	✓
Cyprus	●	✓	●	●	●
Czechia	●	●	●	●	✓
Denmark	✓	✓	●	●	✓
Estonia	✓	●	✓	●	✓
Finland	✓	✓	✓	✓	✓
France	✓	✓	●	●	✓
Germany	●	✓	●	●	●
Greece	✓	●	●	●	✓
Hungary	●	●	●	●	●
Ireland	●	✓	●	●	●
Italy	✓	●	●	●	✓
Latvia	●	✓	✓	●	✓
Lithuania	●	●	●	●	●
Luxembourg	●	✓	●	✓	✓
Malta	●	✓	●	●	✓
Netherlands	✓	✓	●	●	✓
Poland	●	✓	✓	●	✓
Portugal	●	●	●	●	✓
Romania	●	●	●	●	✓
Slovakia	●	✓	✓	✓	✓
Slovenia	●	●	✓	✓	✓
Spain	●	●	●	●	●
Sweden	●	✓	●	✓	✓

Current emission levels below the emission reduction commitment ✓
 Emission reduction needed by less than 10% from current levels ●
 Emission reduction needed by 10% to 30% from current levels ●
 Emission reduction needed by 30% to 50% from current levels ●
 Emission reduction needed by 50% or more from current levels ●

З 2005 року викиди всіх п'яти забруднюючих речовин зменшилися: викиди SO_x значно зменшилися на 80%, а викиди NH₃ – лише на 13%. Виходячи з досягнутого прогресу, стає очевидним, що для виконання довгострокових зобов'язань щодо скорочення викидів ЄС необхідно докласти більше зусиль, особливо в секторах сільського господарства, транспорту та енергетики [5].

5. Вплив забруднення повітря на здоров'я людей в Європі

За останні два десятиліття викиди забруднюючих речовин у атмосферу зменшилися, що призвело до покращення якості повітря. Незважаючи на це покращення, забруднення повітря залишається найбільшою екологічною небезпекою для здоров'я в Європі, спричиняючи серцево-судинні та респіраторні захворювання, які негативно впливають на здоров'я, знижують якість життя та спричиняють смерть, якій можна запобігти. Вплив дрібних твердих частинок і діоксиду нітрогену на рівні, що перевищують рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я, призвели до приблизно 253 000 і 52

000 передчасних смертей відповідно у 2021 році. Ці забруднюючі речовини пов'язані з астмою, хворобами серця та інсультом.

Найбільш вразливі верстви суспільства більш сприйнятливі до впливу забруднення повітря. Нижчі соціально-економічні групи, як правило, піддаються впливу вищих рівнів забруднення повітря, тоді як люди похилого віку, діти та люди з уже існуючими захворюваннями більш сприйнятливі. За оцінками, щороку в країнах-членах ЄС та країнах, що співпрацюють, через забруднення повітря спричиняється понад 1200 смертей серед людей віком до 18 років. Незважаючи на поточне загальне покращення якості повітря, поточним стандартам ЄС повітря у всіх країнах ЄС досі не відповідає. Нові стандарти якості повітря ЄС, запроваджені в переглянутій Директиві щодо якості навколишнього повітря, яка має набути чинності в 2030 році, є більш амбітними, ніж поточні.

Відповідно до плану дій щодо нульового забруднення Європейської зеленої угоди (EGD), Європейська комісія поставила проміжну мету до 2030 року зменшити кількість передчасних смертей, спричинених дрібними твердими частинками (PM_{2,5}, ключовим забруднювачем повітря), принаймні на 55% у порівнянні з рівнем 2005 року. Кінцева мета полягає в тому, щоб до 2050 року забруднення повітря не мало суттєвого впливу на здоров'я. Співзаконодавці погодилися з більш амбітними стандартами якості повітря ЄС у лютому 2024 року. Однак вони все ще менш суворі для всіх забруднюючих речовин, ніж те, що ВООЗ визначає у своїх рекомендаціях щодо рівнів якості повітря.

У 2022 році, незважаючи на постійне скорочення викидів, більшість міського населення ЄС продовжувала зазнавати впливу ключових забруднювачів повітря, які завдають шкоди здоров'ю (рис. 1). Зокрема, майже все міське населення (96%) ЄС піддається впливу небезпечних концентрацій дрібних твердих часток (PM_{2,5}), що перевищували щорічний нормативний рівень ВООЗ на 2021 рік у 5 мкг/м³ і концентрації озону (O₃) вище короткострокового нормативного рівня 100 мкг/м³.

Аналіз на рисунку 1 висвітлює забруднювачі, які вважаються найбільш шкідливими для здоров'я людини, і ті, які найчастіше перевищують поточні стандарти якості повітря ЄС і рівні ВООЗ. Концентрації отримані за результатами вимірювань на станції моніторингу та офіційно повідомляються до ЄЕА її членами та іншими країнами, що співпрацюють

Окрім передчасної смерті, забруднене повітря також є причиною захворюваності. Люди, які страждають на захворювання, пов'язані з впливом забрудненого повітря, це тягар з точки зору особистих страждань, а також значні витрати для сектору охорони здоров'я.

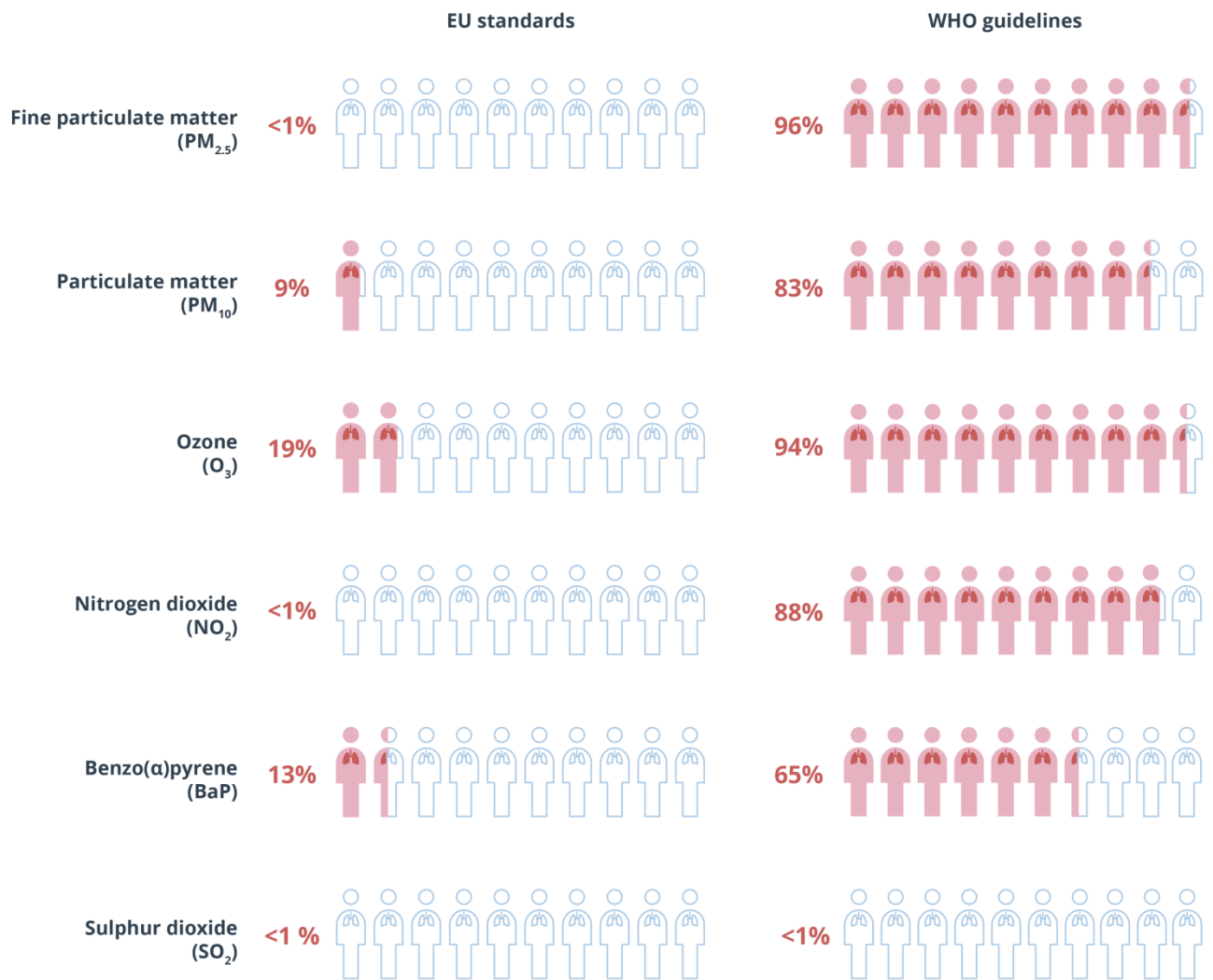


Рис. 1. Частка міського населення ЄС, яке зазнало впливу концентрацій забруднювачів повітря, що перевищують певні стандарти ЄС і рекомендації ВООЗ у 2022 році.

У 2019 році вплив PM_{2.5} призвів до 175 702 років життя з інвалідністю (YLD) через хронічне обструктивне захворювання легень у 30 країнах Європи. У той же час вплив NO₂ призвів до 175 070 YLD через цукровий діабет (також відомий як діабет 2 типу) у 31 європейській країні. Того ж року 12 253 людини в 23 європейських країнах потрапили до лікарні з інфекціями нижніх дихальних шляхів, спричиненими гострим впливом озону. YLD – показник, що оцінює час здорового життя, втрачений через інвалідність чи хворобу, був вперше розроблений Гарвардським університетом для Світового Банку і в даний час все частіше використовується у сфері охорони здоров'я, у тому числі ВООЗ. Будуть потрібні подальші зусилля, щоб досягти бачення нульового забруднення до 2050 року щодо зменшення забруднення повітря до рівнів, які більше не вважаються шкідливими для здоров'я [5].

Література

1. Європейське агентство з навколишнього середовища (30 липня 2024 року), «Стан якості повітря в Європі 2024», <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2024>
2. Директива (ЄС) 2016/2284 Європейського Парламенту та Ради від 14 грудня 2016 року про скорочення національних викидів в атмосферне повітря певних забруднювачів, про внесення змін до Директиви 2003/35/ЄС та скасування Директиви 2001/81/ЄС.
3. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_886
4. <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/geneva-convention-on-long-range-transboundary-air-pollution.html>
5. Європейське агентство з навколишнього середовища (28 червня 2024 року), «Забруднення повітря в Європі: статус звітності за 2024 рік відповідно до Директиви 2016/2284 про скорочення національних викидів в атмосферне повітря певних забруднювачів», <https://www.eea.europa.eu/publications/national-emission-reduction-commitments-directive-2024>

Лекція 4. Технічне забезпечення моніторингу якості повітря в ЄС.

План.

1. Підходи до проведення моніторингу повітря в ЄС.
2. Організаційні та матеріально-технічні аспекти забезпечення здійснення моніторингу атмосферного повітря.
3. Сучасні методи і засоби контролю забруднення повітряного середовища.
4. Рекомендації експертів ЄС для модернізації системи моніторингу якості повітря в Україні.

1. Підходи до ведення моніторингу повітря в ЄС

Основними структурними елементами міжнародного та європейського моніторингу якості атмосферного повітря є:

- наявність розгалуженої системи моніторингових станцій,
- наявність методології вимірювання основних показників якості повітря разом з моніторингом метеорологічного стану,
- наявність системи збору, аналізу та передачі даних про стан якості атмосферного повітря,
- наявність стратегії підтримки та розвитку системи моніторингу,
- наявність комунікаційних інструментів щодо стану якості атмосферного повітря [1].

Підходи до ведення моніторингу включають широкий спектр організаційних, кадрових, технічних, матеріальних та інших логістичних рішень, що передбачають значні фінансові витрати.

Умовно, такі підходи можна розподілити за такими групами:

1) наземні та надводні методи ведення моніторингу, які включають як автоматичні і напівавтоматичні датчики для забезпечення постійного спостереження за станом атмосферного повітря та водних ресурсів, так і методи, що передбачають виїзд та проведення досліджень безпосередньо на станціях моніторингу (точках спостереження). Ця група також включає фото і відеофіксацію за допомогою БПЛА та організацію стаціонарних фото і відеоспостережень;

2) використання методів дистанційного зондування земної або ж водної поверхні передбачає отримання космічних знімків необхідної роздільної здатності з подальшим їх дешифруванням та інтерпретацією. Ця група методів також передбачає використання фото- і відеофіксації за допомогою БПЛА.

Моніторинг якості повітря на стаціонарних майданчиках є основним інструментом, передбаченим Директивою про якість атмосферного повітря

(AAQD) для перевірки дотримання граничних або цільових значень для певних забруднювачів повітря, які були встановлені для захисту здоров'я людини. Існує два основних типи місць моніторингу: ті, де вимірюється найвища концентрація з ризиком загального впливу на населення протягом певного періоду, і локації, де вимірюється більш загальний вплив. Для забезпечення порівнянності в Європі AAQD визначає критерії для розташування та кількості місць моніторингу. Крім того, ці критерії повинні забезпечувати певну репрезентативність результатів, оскільки їх кількість обмежена, в тому числі через фінансові обмеження [2].

2. Організаційні та матеріально-технічні аспекти забезпечення здійснення моніторингу атмосферного повітря

Держави-члени ЄС на всіх відповідних рівнях призначають компетентні органи і установи, що несуть відповідальність за:

- оцінку якості атмосферного повітря;
- ухвалення систем вимірювань (методів, обладнання, мережі та лабораторій);
- забезпечення точності вимірювань;
- аналіз методів оцінювання;
- координацію на своїй території, якщо програми контролю якості на рівні Співтовариства організуються Комісією;
- співпрацю з іншими державами-членами та Комісією.

За необхідності компетентні органи і установи дотримуються положень секції С Додатка I Директиви 2008/50/ЄС. Оцінку якості атмосферного повітря проводять стосовно діоксиду сірки, оксидів азоту, озону, твердих часток, свинцю, бензолу і оксиду вуглецю [3].

2.1. Критерії оцінювання

1. Держави-члени оцінюють якість атмосферного повітря відносно вище зазначених забрудників у всіх їх зонах і агломераціях відповідно до критеріїв, визначених у Додатку III Директиви 2008/50/ЄС.

2. У всіх зонах та агломераціях, в яких рівень забрудників перевищує верхній поріг оцінювання, встановлений для цих забрудників, для оцінки якості атмосферного повітря використовується метод фіксованих вимірювань. Такі фіксовані вимірювання можуть бути доповнені методами моделювання або індикативними вимірюваннями, щоб забезпечити отримання адекватної інформації про територіальне розподілення якості атмосферного повітря.

3. У всіх зонах та агломераціях, в яких рівень забрудників є нижчим верхнього порогу оцінювання, встановленого для цих забрудників, для оцінки

якості атмосферного повітря можна використовувати комбінацію фіксованих вимірювань та методів моделювання або індикативних вимірювань.

4. У всіх зонах та агломераціях, в яких рівень забрудників є нижчим нижнього порогу оцінювання, встановленого для цих забрудників, для оцінки якості атмосферного повітря буде достатнім використання методів моделювання або об'єктивного оцінювання, або їх обох.

5. Додатково до оцінювання повинні проводитися вимірювання на ділянках у сільських околицях, подалі від значних джерел забруднення повітря, з метою отримання, як мінімум, інформації про загальну масову концентрацію і концентрації окремих хімічних компонентів дрібних твердих часток (PM_{2,5}). Такі вимірювання проводяться щорічно і повинні враховувати такі критерії:

(а) один пункт відбору встановлюється на кожні 100000 квадратних кілометрів;

(б) кожна держава-член встановлює принаймні одну вимірювальну станцію, або може, по домовленості з сусідніми державами-членами, встановити одну або декілька спільних вимірювальних станцій, що охоплюють відповідні сусідні зони, для досягнення необхідного просторового розподілення;

(с) у разі необхідності, моніторинг координується за допомогою стратегії моніторингу і програми вимірювань Спільної програми контролю та оцінки перенесення речовин, що забруднюють повітря, на великі відстані в Європі (EMEP);

Держави-члени інформують Комісію про методи вимірювання, які використовуються при вимірюванні хімічного складу дрібних твердих часток (PM_{2,5}) [3].

2.2. Мережа та пости спостережень

Держави-члени встановлюють зони та агломерації по всій своїй території. Управління оцінкою якості повітря виконується в усіх зонах та агломераціях [3].

2.2.1. Пункти відбору проб

1. Розміщення пунктів відбору проб для вимірювання діоксиду сірки, діоксиду азоту і окисів азоту, твердих часток (PM₁₀, PM_{2,5}), свинцю, бензолу і окису вуглецю в атмосферному повітрі визначається, використовуючи критерії, вказані в Додатку III.

2. У кожній зоні чи агломерації, де фіксовані вимірювання є єдиним джерелом інформації для оцінювання якості повітря, кількість пунктів відбору

проб для кожного відповідного забрудника не повинна бути нижчою мінімальної кількості пунктів відбору проб, визначеної в Секції А Додатка V.

3. Для зон та агломерацій, в яких інформація від пунктів відбору проб для фіксованих вимірювань доповнена інформацією від моделювання або індикативних вимірювань, загальна кількість пунктів відбору проб, визначених в Секції А Додатка V, може бути зменшена до 50%, за умови, що дотримані такі вимоги:

(а) додаткові методи надають достатньо інформації для оцінки якості повітря по відношенню до граничних величин та порогу небезпеки, а також для адекватного інформування громадськості;

(б) кількість пунктів відбору проб, які потрібно встановити, і територіальне розподілення інших методів є достатніми для встановлення концентрації відповідного забрудника згідно з цілями щодо якості даних, визначених у Секції А Додатка I, і дозволяють результатам оцінювання задовольняти критерії, визначені у Секції В Додатка I.

Результати моделювання або індикативних вимірювань враховуються при оцінюванні якості повітря по відношенню до граничних величин.

4. Застосування в державах-членах критеріїв для вибору пунктів відбору проб контролюється Комісією з метою сприяння гармонізації застосування цих критеріїв на всій території Європейського Союзу [3].

2.2.2. Еталонні методи вимірювання

Для гарантування того, що зібрана інформація щодо забруднення повітря є достатньо показовою та порівнянною між державами Співтовариства, важливо щоб для оцінки якості атмосферного повітря використовувались стандартизовані методи вимірювання та загальні критерії щодо кількості та розташування пунктів вимірювання. Для оцінки якості атмосферного повітря також можуть використовуватись інші методи, окрім вимірювання, і тому необхідно визначити критерії для застосування та потрібної точності таких методів. В системі моніторингу ЄС застосовують еталонні методи вимірювання та критерії, визначені в Секції А та Секції С Додатка VI Директиви 2008/50/ЄС, інші методи вимірювання можуть бути використані за умов, встановлених у Секції В Додатка VI.

Еталонні методи оцінки концентрацій забрудників.

1. Еталонний метод вимірювання сірчистого газу.

Еталонний метод вимірювання сірчистого газу описаний у стандарті EN 14212:2005 "Якість атмосферного повітря – Стандартний метод вимірювання концентрації сірчистого газу шляхом ультрафіолетової флюоресценції".

2. Еталонний метод вимірювання діоксиду азоту та окисів азоту.

Еталонний метод вимірювання діоксиду азоту і окисів азоту описаний у стандарті EN 14211:2005 "Якість атмосферного повітря – Стандартний метод вимірювання концентрації діоксиду азоту і окису азоту шляхом хемілюмінесценції".

3. Еталонний метод відбору проб та вимірювання свинцю.

Еталонний метод для відбору проб свинцю описаний у частині 4 Секції А цього Додатка. Еталонний метод вимірювання свинцю описаний у стандарті EN 14902:2005 "Стандартний метод вимірювання Pb/Cd/As/Ni у фракції PM₁₀ зважених твердих часток".

4. Еталонний метод відбору проб та вимірювання PM₁₀.

Еталонний метод для відбору проб і вимірювання PM₁₀ описаний у стандарті EN 12341:1999 "Якість повітря – Визначення фракції PM₁₀ зважених твердих часток – Еталонний метод і процедура польового дослідження для підтвердження еквівалентності еталонних методів вимірювання".

5. Еталонний метод відбору проб та вимірювання PM_{2,5}.

Еталонний метод для відбору проб і вимірювання PM_{2,5} описаний у стандарті EN 14907:2005 "Стандартний метод гравіметричного вимірювання для визначення масової фракції PM_{2,5} зважених твердих часток".

6. Еталонний метод відбору проб та вимірювання бензолу.

Еталонний метод вимірювання бензолу описаний у частинах 1, 2 і 3 стандарту EN 14662:2005 "Якість атмосферного повітря – Стандартний метод для вимірювання концентрацій бензолу".

7. Еталонний метод вимірювання окису вуглецю.

Еталонний метод вимірювання окису вуглецю описаний у стандарті EN 14626:2005 "Якість атмосферного повітря – Стандартний метод вимірювання концентрації окису вуглецю шляхом недисперсійної інфрачервоної спектроскопії".

8. Еталонний метод вимірювання озону.

Еталонний метод вимірювання озону описаний у стандарті EN 14625:2005 "Якість атмосферного повітря – Стандартний метод вимірювання концентрації озону шляхом ультрафіолетової фотометрії".

Еталонні методи вимірювання для основних забруднюючих речовин (діоксид сірки, діоксид азоту та оксиди азоту, бензол, оксид вуглецю, тверді частки (ТЧ₁₀, ТЧ_{2,5}), озон) передбачають можливість вимірювання їх рівнів у автоматичному режимі. Для інших забруднюючих речовин зі списку основних (арсен, кадмій, нікель, бензо(а)пірен) відповідно до Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря визначено еталонні методи, що передбачають відбір проб та їх подальший аналіз

хімічними лабораторіями. Окрім того, відповідно до вимог Директив ЄС про якість атмосферного повітря, там, де є можливість, повинні застосовуватись методи моделювання для надання змоги інтерпретації координатних даних залежно від географічного розміщення концентрації. Використання даних вимірювань у поєднанні з даними про викиди забруднюючих речовин, географічними та метеорологічними показниками може послужити основою для розрахунку колективної ризикової ураженості населення, яке проживає у відповідному районі [3].

Для контролю якості оцінки якості атмосферного повітря, для гарантії точності вимірювань і відповідності цілям щодо якості даних, відповідні компетентні органи і структури країн ЄС, гарантують що:

- усі вимірювання, проведені у зв'язку з оцінкою якості атмосферного повітря повинні прослідковуватися відповідно до вимог, встановлених у Секції 5.6.2.2. ISO/IEC 17025:2005,

- установи, які експлуатують мережі та окремі станції, встановлюють системи забезпечення і контролю якості, які передбачають регулярну підтримку з метою забезпечення точності вимірювальних пристроїв,

- встановлена процедура забезпечення/контролю якості для процесів збору даних і звітування, і що установи, призначені для виконання цього завдання, активно беруть участь у відповідних програмах оцінки якості на рівні Співтовариства,

- національні лабораторії, якщо вони призначені відповідним компетентним органом чи організацією, які на рівні Співтовариства беруть участь у взаємопорівнянні забрудників, які регулюють положення цієї Директиви, акредитовані відповідно до EN/ISO 17025 до 2010 року для еталонних методів, визначених у Додатку VI. Такі лабораторії залучаються на території держав-членів до координації програм з оцінки якості, організованих Комісією на рівні Співтовариства, і координують на національному рівні відповідну реалізацію еталонних методів та підтвердження еквівалентності нееталонних методів [3].

Підтвердження еквівалентності.

1. Держава-член може використовувати будь-який інший метод, який, як вона може підтвердити, надає результати, еквівалентні будь-якому з методів, зазначених у Секції А або, у випадку твердих часток, будь-який інший метод, який, як відповідна держава-член може підтвердити, є сумісним з еталонним методом. У такому випадку результати, отримані за допомогою цього методу, повинні бути відкориговані, щоб отримати результати, еквівалентні тим, які були б досягнуті при використанні еталонного методу.

2. Комісія може вимагати від держав-членів підготовки і надання звіту щодо підтвердження еквівалентності.

3. При оцінці прийнятності звіту Комісія робитиме посилання на її керівні принципи стосовно підтвердження еквівалентності (які мають бути опубліковані). Якщо держави-члени використовували проміжні фактори для наближення еквівалентності, то останній повинні бути підтверджені чи змінені з посиланням на керівні принципи Комісії.

4. Держави-члени гарантують, якщо це доцільно, що коригування також застосовуватиметься до даних від минулих вимірювань з метою досягнення кращої порівняності даних.

Стандартизація.

Для газоподібних забрудників об'єм повинен бути стандартизований за температури 293 К і атмосферного тиску 101,3 кПа. Для твердих речовин і речовин, які мають аналізуватись у твердих домішках (наприклад, свинець), об'єм зразка виражає умови атмосферного середовища по відношенню до температури і атмосферного тиску на момент вимірювання.

Введення нового обладнання.

Усе нове обладнання, куплене для імплементації положень цієї Директиви, повинне бути приведенне у відповідність з еталонним методом або еквівалентним йому до 11 червня 2010 року. Усе обладнання, яке використовується у фіксованих вимірюваннях, повинне бути приведенне у відповідність з еталонним методом або еквівалентним йому до 11 червня 2013 року.

Взаємне визнання даних.

При проведенні затвердження типового зразка для підтвердження того, що обладнання відповідає вимогам до ефективності еталонних методів, зазначених у Секції А, компетентні органи і установи, призначені відповідно до статті 3, приймають протоколи випробувань, видані в інших державах-членах лабораторіями, акредитованими відповідно до стандарту EN ISO 17025 для проведення такого тестування [3].

3. Сучасні методи і засоби контролю забруднення повітряного середовища

3.1. Дистанційне зондування Землі

Одним із підходів до моніторингу довкілля є спостереження за допомогою дистанційного зондування Землі. Застосування ДЗЗ дозволяє отримувати інформацію про стан довкілля та його компонентів на міжнародному, регіональному та локальному рівнях. Дані, отримані за допомогою ДЗЗ можуть компонуватися з даними наземних

методів спостережень, а також з методом моделювання, що дозволяє комплексно визначати стан довкілля, прогнозувати його, та простежувати зміни в динаміці. Серед найкращих зразків міжнародних систем спостереження та прийняття рішень із використанням дистанційного зондування Землі є програма Європейського Союзу Copernicus, яка забезпечує всі сторони (країни) своєчасною та точною геопросторовою інформацією, яку отримують із супутників ДЗЗ та інших джерел, необхідною для ефективної ліквідації наслідків стихійних лих, техногенних надзвичайних ситуацій і гуманітарних криз [2].

Програму Copernicus було створено у 2011 році, а повноцінно функціонувати програма почала у 2014 році. Космічна частина інформаційної системи Copernicus обслуговується набором спеціальних супутників сімейства Sentinel та місій, що надають допомогу (дієві комерційні та громадські супутники). Супутники Sentinel спеціально розроблені для задоволення потреб служб Copernicus та їхніх користувачів. З моменту запуску Sentinel-1. А у 2014 році Європейський Союз розпочав програму з розміщення сімейства з майже 20 супутників на орбіті на період до 2030 року.

У рамках цієї програми пропонуються інформаційні послуги щодо даних супутникового спостереження за Землею та локальних даних (не з космосу). Програма координується та управляється Європейською Комісією. Copernicus упроваджується у партнерстві з країнами-членами ЄС, Європейською космічною агенцією (ESA), Європейською організацією з експлуатації метеорологічних супутників (EUMETSAT), Європейським центром з середньострокового прогнозу погоди (ECMWF), агенціями ЄС, Mercator Océan та країнами, з якими підписано міжнародні угоди. У світлі політики поширення інформації у рамках Програми доступу до даних, Copernicus викликає підвищений інтерес, тому у даному контексті ЄС шукає можливості щодо обміну даними на користь програми Copernicus. Таким чином, найшвидший спосіб отримати доступ до даних програми Copernicus у частині даних, для доступу до яких потрібна автентифікація, це пропозиція обміну даними локальних спостережень з України. Державне космічне агентство України та Європейська Комісія підписали Угоду про співробітництво в галузі доступу до даних і використання даних супутників «Sentinel» програми «Copernicus» 25 травня 2018 року. В обмін на це ДКА України надає вільний відкритий доступ до даних власних супутників для використання у програмі Copernicus. Інформаційні послуги авторизованим користувачам Програми Copernicus надаються безкоштовно з відкритим доступом. Це

стосується тільки даних з низькою та середньою просторовою роздільною здатністю [2].

Користувач у залежності від рівня доступу має можливість працювати як з необробленими даними прямих спостережень, так і використовувати результати обробки та прогностичних розрахунків у зручному для сприйняття вигляді. Для роботи з потоками необроблених даних прямих спостережень надаються докладні інструкції користувачів, в яких наведено структуру даних та їх формат. Copernicus також збирає інформацію з insitu систем (локальні дані), таких як наземні станції, які доставляють дані, отримані безліччю датчиків на землі, на морі або у повітрі. У результаті для моделювання процесів в атмосфері, океанах та на поверхні землі використовуються не тільки дані супутникових спостережень, а й дані локальних наземних, атмосферних та морських систем вимірювання. Головне призначення даних локальних спостережень полягає в уточненні даних супутникових спостережень та для періодичного калібрування систем супутникового спостереження. В результаті обробки даних спостережень та моделювання створюються різноманітні поточні та прогностичні тематичні карти, виявляються особливості та аномалії, є можливість перегляду та уточнення статистичних даних.

Інформація, яка отримується системою, оптимізується через шість тематичних потоків послуг Copernicus:

1. Служба моніторингу атмосфери (CAMS).
2. Служба моніторингу морського середовища (CMEMS).
3. Служба моніторингу землі (CLMS).
4. Служба зміни клімату (C3S).
5. Служба безпеки Copernicus.
6. Служба надзвичайних ситуацій Copernicus EMS.

Система космічних спостережень програми Copernicus базується на використанні даних спостережень шести сімейств супутників: Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-4, Sentinel-5, Sentinel-6. Кожне сімейство супутників складається із двох або чотирьох супутників. Частину супутників вже виведено на орбіту, а частина ще знаходиться на етапі розробки чи підготовки до запуску. CAMS є однією з шести служб, які формують Copernicus, програму спостереження Землі Європейського Союзу. Основна концепція роботи Copernicus – надання інформації про якість повітря і склад атмосфери в межах і за межами Європи на основі супутникових і наземних спостережень в комбінації з моделями прогнозування. Copernicus надає користувачам дані через різні сервіси. Вони включають Службу зміни клімату (C3S) та Службу моніторингу атмосфер (CAMS), обидва керуються

Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF). The Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) забезпечує безперервні дані та інформацію про склад атмосфери. Головними завданнями моніторингу атмосфери Copernicus є: опис поточної ситуації; прогноз ситуації на кілька днів попереду; аналіз послідовних ретроспективних даних за останні роки. Служба підтримує багато застосувань у різних областях, включаючи охорону здоров'я, моніторинг навколишнього середовища, поновлювані джерела енергії, метеорологію та кліматологію [2].

Надання послуг CAMS зосереджено на п'яти основних напрямках:

1. Якість повітря і склад атмосфери;
2. Озоновий шар і ультрафіолетове випромінювання;
3. Хвилі та поверхневі течії;
4. Сонячна радіація;
5. Вплив на клімат.

Сервіс забезпечує щоденну інформацію про загальний склад атмосфери за допомогою компонентів моніторингу і прогнозування, таких як парникові гази (вуглекислий газ і метан), реактивні гази (наприклад, оксид вуглецю, окислені сполуки азоту, діоксид сірки), озон і аерозолі; забезпечує практичний аналіз в реальному часі та 4-денні прогнози, а також повторний аналіз якості європейського повітря, що дозволяє постійно оцінювати повітря, яким ми дихаємо; надає громадським та приватним організаціям, що займаються використанням сонячної енергії, відповідну і точну інформацію про ресурси сонячної радіації на поверхні Землі, що має важливе значення в областях, таких як охорона здоров'я, сільське господарство та відновлювані джерела енергії. Всі інформаційні дані надані безкоштовно і без обмежень з метою підвищити рівень обізнаності про стан навколишнього атмосферного середовища серед політиків, бізнесменів і громадян [2].

Сервіс CAMS базується на семи сучасних моделях якості повітря, розроблених у Європі:

- 1) CHIMERE від INERIS (Франція),
- 2) EMEP від MET Norway (Норвегія),
- 3) EURAD-IM з Кельнського університету (Німеччина),
- 4) LOTOS- EUROS з KNMI і TNO (Нідерланди),
- 5) MATCH з SMHI (Швеція),
- 6) MOCAGE з METEO-FRANCE (Франція),
- 7) SILAM з FMI (Фінляндія) [4].

Окрім них є ще ENSEMBLE модель, що є поєднанням усіх вищезгаданих моделей. Дані з цієї моделі доступні для території всієї Європи (25°W-45°E, 30°N-70°N).

CAMS впроваджується Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF) від імені Європейської Комісії. ECMWF є міжнародною незалежною організацією, що підтримується 34 країнами. Це як науково-дослідний інститут, так і цілодобова оперативний сервіс, що виробляє та поширює чисельні погодні прогнози для своїх країн-членів. Для забезпечення та подальшого розвитку CAMS, ECMWF працює з багатьма постачальниками послуг по всій Європі. Роблячи це, CAMS поєднує досвід та інфраструктуру, які існують в Європі, щоб забезпечити цілий ряд послуг, які не мають собі рівних серед інших організацій у світі. CAMS реалізується за допомогою Європейського центру середньорічних прогнозів погоди (ECMWF) і за підтримки понад 30 організацій, розташованих по всій Європі. CAMS може надавати прогнозовані дані. Так само, як і прогноз погоди, ця інформація заснована на передових математичних моделях і відображає закони фізики в комбінації з минулими спостереженнями. Внаслідок цього не виключена ймовірність неточного прогнозу. Однак оцінка за останні шість місяців 2017 року показала, що прогнози були коректними в межах одного значення індексу (були точними, більше або менше на одне значення) в більш ніж 98% випадків. Дані які він надає, отримані методом розрахункової сітки з осередками розміром приблизно 10 км на 10 км по горизонталі, це означає, що вони не можуть відображати локальні ефекти (такі, як дорога з інтенсивним рухом в межах декількох сотень метрів і т. д.). У великих містах значення, надані CAMS також відображають концентрації так званого «міського фону», відповідно до районів міста, які не перебувають під впливом місцевих джерел, таких, як автомобільний рух безпосередньо (наприклад, в середині великого парку або в спальному районі). Очікується, що райони, що знаходяться під впливом місцевих джерел, можуть мати більш високу концентрацію NO₂, PM_{2,5}, PM₁₀ і SO₂ і більш низьку концентрацію O₃ [2].

3.2. Застосування датчиків для моніторингу якості повітря

Розширення комерційної доступності технології мікродатчиків сприяє швидкому застосуванню недорогих датчиків для моніторингу якості повітря як громадськими науковими ініціативами, так і державними органами. Однією з переваг використання недорогих датчиків для моніторингу є збільшення просторового охоплення під час моніторингу якості повітря в містах і

віддалених місцях. Загалом державні органи хочуть збільшити щільність моніторингових вимірювань і часто хочуть покладатися на недорогі датчики, оскільки вони не можуть дозволити собі достатньо еталонних станцій моніторингу якості повітря (AQMS). Недорогі датчики можуть забезпечувати вимірювання в реальному часі за нижчою ціною, дозволяючи ширше просторове охоплення, ніж поточні еталонні методи вимірювання забруднювачів повітря. Крім того, моніторинг забруднення повітря за допомогою еталонних методів вимірювання потребує кваліфікованих операторів для обслуговування та калібрування вимірювальних пристроїв. І навпаки, очікується, що недорогими датчиками можна буде керувати без втручання людини, що дозволить некваліфікованим користувачам контролювати забруднення повітря без потреби в додаткових технічних знаннях [5].

Багато інститутів, які відповідають за моніторинг якості повітря для регулятивних цілей, а також місцеві органи влади розглядають можливість включення недорогих датчиків серед своїх звичайних методів вимірювання, щоб доповнити моніторинг еталонних вимірювань. Однак відсутність вичерпної та доступної інформації для порівняння продуктивності недорогих датчиків і широкі комерційні пропозиції ускладнюють вибір найбільш відповідних недорогих датчиків для цілей моніторингу.

Для класифікації та розуміння розгортання датчиків, слід розрізнити єдиний сенсорний детектор, вироблений виробником оригінального обладнання (надалі такі датчики називаються OEM, або OEM-сенсори), і сенсорні системи (SSys), які включають OEM-сенсори разом із захисною коробкою, вибіркою система, система живлення, електронне обладнання та програмне забезпечення для збору даних, аналого-цифрового перетворення, обробки та передачі даних. Надалі OEM та SSys називаються недорогими датчиками (LCS). З точки зору користувача, SSys готові до використання готових систем, тоді як користувачам OEM потрібно додати компоненти апаратного/програмного забезпечення для захисту від метеорологічних умов, зберігання даних, надсилання даних, сумісності даних і загалом калібрування LCS. Використання LCS становить великий інтерес для громадських наукових ініціатив. Таким чином, малі та середні підприємства пропонують SSys, які можуть використовувати громадяни, які хочуть контролювати якість повітря у вибраному середовищі [5].

Сьогодні на ринку комерційно доступні сотні LCS, вартість яких коливається від кількох сотень до кількох тисяч євро. У той же час наукова література наразі містить незалежну інформацію про продуктивність сенсорних систем щодо еталонних вимірювань для близько 110 сенсорних систем. Насправді якість даних недорогих датчиків часто викликає сумніви. На нього

впливають атмосферні умови, рівні концентрації забруднюючих речовин і, отже, місце, де проводяться вимірювання. Є лише кілька доступних комерційних сенсорних систем, які, згідно проведених досліджень, які показують хорошу узгодженість з еталонними вимірюваннями (коефіцієнт детермінації, R^2 , вище 0,75 і нахил лінії регресії в межах $1 \pm 0,5$) і загальна ціна нижча, ніж 3 тисячі євро. Інформація про такі дослідження отримана від дослідницьких інститутів, які мають програму тестування LCS, напр. Каліфорнійська рада – Центр оцінки ефективності датчиків якості повітря (AQ-SPEC), Спільний дослідницький центр Європейського Союзу (EUJRC) та Агентство з охорони навколишнього середовища США (USEPA). Іншу інформацію було взято з рецензованих журналів, які тестували різні типи датчиків у дослідженнях. Висновок із цього аналізу ринку полягає в тому, що єдина сенсорна система, яка задовольняє вимогам мультиполютанта, доступності вихідних даних, прозорості всієї застосованої обробки даних, наявності оцінки продуктивності сенсорної системи з високим коефіцієнтом детермінації ($>0,85$), це AirSensEURv.2.

Ці LCS для моніторингу газоподібних забруднювачів повітря згруповано в чотири категорії на основі принципів роботи та технологій, які базуються на:

- металоксидних датчиках,
- електрохімічних або амперометричних датчиках,
- недисперсійному інфрачервоному поглинанні (NDIR),
- фотоіонізаційних детекторах.

Зокрема, металоксидні датчики складаються з оксиду металу (резистивного або напівпровідникового MeO), чий опір або провідність змінюються під впливом окисного газу(ів). Реакція таких газів з нагрітим MeO призводить до захоплення та накопичення електронів на поверхні датчика, що створює негативний заряд, діючи як бар'єр для електронів, таким чином змінюється провідність. Зміни провідності зазвичай пропорційні концентраціям окисних газів у повітрі, і їх можна контролювати за допомогою зовнішнього контуру. MeO-LCS можуть вимірювати неметанові вуглеводні, CO, вуглекислий газ (CO_2), NO, NO_2 та O_3 [5].

4. Рекомендації експертів ЄС для модернізації системи моніторингу якості повітря

Україна та країни ЄС посилюють співпрацю задля розбудови сучасної системи моніторингу якості повітря, що дозволить Україні наблизитися до впровадження стандартів ЄС у сфері якості атмосферного повітря та збільшить спроможність державних органів у визначенні впливу війни на його якість [6].

Згідно з рекомендаціями європейських фахівців щодо адаптації національної системи спостережень України до вимог законодавства ЄС, у рамках запропонованої експертами схеми зонування (25 зон і 25 агломерацій) виникає необхідність створення мережі, яка включатиме приблизно 160 стаціонарних (еталонних) пунктів моніторингу в межах зон та агломерацій, а також 12 стаціонарних пунктів спостережень у сільській місцевості на всій території України [7].

Фіксовані вимірювання відповідно до Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря передбачають застосування еталонних методів вимірювання, які вже застосовуються в системі моніторингу ЄС. Еталонні методи вимірювання для основних забруднюючих речовин (діоксид сірки, діоксид азоту та оксиди азоту, бензол, оксид вуглецю, тверді частки (ТЧ10, ТЧ2,5), озон) передбачають можливість вимірювання їх рівнів у автоматичному режимі. Для інших забруднюючих речовин зі списку основних (арсен, кадмій, нікель, бензо(а)пірен) відповідно до Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря визначено еталонні методи, що передбачають відбір проб та їх подальший аналіз хімічними лабораторіями. Окрім того, відповідно до вимог Директив ЄС про якість атмосферного повітря, в державній системі моніторингу атмосферного повітря запроваджуються нові для цієї системи методи спостереження за якістю атмосферного повітря – моделювання та об'єктивного оцінювання, що передбачають використання даних вимірювань у поєднанні з даними про викиди забруднюючих речовин, географічними та метеорологічними показниками [2].

Таким чином, за умови створення мережі фіксованих пунктів спостереження з автоматичним аналізом рівнів забруднюючих речовин у відповідності до законодавства ЄС, у державній системі моніторингу атмосферного повітря виникає потреба у нових її елементах:

- Національній референс-лабораторії, що забезпечує єдність, точність, та простежуваність вимірювань у всій системі моніторингу атмосферного повітря шляхом калібрування, перевірки вимірювального обладнання, визначення відповідності обладнання та мереж спостережень вимогам законодавства;

- Системі збору, аналізу, обміну, та оприлюднення даних про якість атмосферного повітря, що здатна забезпечувати такі функції для всієї державної мережі спостережень – автоматичних, лабораторно-аналітичних, моделювання та об'єктивного оцінювання.

При цьому через зменшення кількості вимірювань, що здійснюються шляхом відбору проб та лабораторного аналізу, є потреба в оптимізації системи лабораторій у сфері аналізу якості атмосферного повітря. Згідно зі звітом

міжнародних експертів модернізацію системи моніторингу атмосферного повітря рекомендується здійснювати поетапно. На першому етапі, в рамках пілотного проекту, рекомендується розпочати роботу з вимірювань вибраних пріоритетних забруднюючих речовин у різних типах територій залежно від пріоритетного джерела забруднення (фон міста, дорожній рух, промисловість). Однією з причин для застосування поетапного підходу відповідно до звіту є створення умов для ознайомлення персоналу суб'єктів моніторингу з новими методиками та технологіями вимірювання, а також набуття навичок, необхідних для роботи з автоматизованими пунктами спостережень, започаткування процедур забезпечення та контролю якості даних у новостворених мережах спостережень. Забруднюючі речовини зі списків А та Б додатку 2 до Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря, що можуть вимірюватися в автоматичному режимі на першому етапі модернізації, включають: SO₂, H₂S, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, O₃, CO, ЛОС, мікроелементи та ПАВ. Після ознайомлення з новими автоматичними вимірюваннями рекомендовано розпочати розширення мережі автоматичних спостережень, що надалі триватиме впродовж другого та третього етапів модернізації. Відповідно до попередньої оцінки міжнародних експертів, хімічні лабораторії аналізу якості повітря (лабораторії УГМЦ) потребують значної модернізації, зокрема оновлення їх приміщень, закупівлі обладнання для аналізу рівнів забруднюючих речовин, допоміжного лабораторного устаткування. Модернізацію хімічних лабораторій рекомендовано розпочинати на першому або другому етапах модернізації, коли вже буде створено мережу автоматичних пунктів спостережень, на яких здійснюватиметься зокрема безперервний відбір проб для подальшого хімічного аналізу. Вартість модернізації однієї хімічної лабораторії оцінюється приблизно в 0,5-2 млн євро.

Ще одним елементом системи моніторингу атмосферного повітря відповідно до законодавства ЄС є функціонування національної референс-лабораторії, як частини системи забезпечення та контролю якості даних. Як зазначено у звіті міжнародних експертів за результатами аналізу відповідності наявної системи моніторингу повітря вимогам Директив ЄС про якість повітря, якість даних про забруднення повітря має вирішальне значення для достовірного аналізу рівнів забруднення повітря, впливу на здоров'я та планування заходів щодо зниження рівня забруднення. Створення національної референс-лабораторії є складним завданням і рекомендується лише після отримання певного досвіду використання автоматичних приладів і методів вимірювання, які

відповідають вимогам директив ЄС щодо якості повітря. У звіті міжнародних експертів рекомендується створити референс-лабораторію на другому етапі модернізації. Вартість створення національної референс-лабораторії відповідно до Директив ЄС оцінюється в 1,5 млн євро [2].

Окрім наведених вище, важливим елементом сучасної системи моніторингу атмосферного повітря є система збору та обробки даних моніторингу, що включає базу даних про якість повітря у всій країні. Згідно зі звітом за результатами аналізу відповідності наявної системи моніторингу повітря вимогам Директив ЄС про якість повітря, національна база даних повинна містити усі перевірені (верифіковані) дані про якість повітря. Звітом пропонується створення процедури в Україні, що полягає в тому, що мережі спостережень (локальні, промислові) відповідатимуть за перевірку даних у своїй власній мережі та за надсилання перевірених автоматичних даних до центральної бази даних. Результати, отримані вручну, періодично надсилатимуться до бази даних із хімічної лабораторії/лабораторій. База даних якості повітря має бути підключена до програмного забезпечення, що включає інструменти для публікації даних про якість повітря в режимі реального часу в мережі Інтернет. Орган, відповідальний за адміністрування національною базою даних, повинен також забезпечувати щорічну оцінку якості повітря (щодо перевищення граничних значень на основі перевірених даних), звітність про якість повітря та поширення відповідної інформації державним органам влади, органам управління зон або агломерацій та іншим зацікавленим сторонам для подальших дій [2].

Література

1. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. [Аналітична записка] / Кольцов М., Шевченко Л. – Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. – 13 с.

2. “Моніторинг довкілля”. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. Команда підтримки реформ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (2023), https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf

3. Директива 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text

4. Кращі практики ЄС у сфері моніторингу та управління якістю повітря, приклад Фінляндії. Круглий стіл “Впровадження законодавства ЄС у сфері

якості повітря: досвід ЄС та український вимір”, 28.03.2019, Мінприроди, Київ, Україна, https://ecolog-ua.com/sites/default/files/banners/2019/docs/AQ%20and%20Europe_Pietarila_round%20table_28032019_UKR.pdf

5. Karagulian, F., Gerboles, M., Barbieri, M., Kotsev, A., Lagler, F., Borowiak, A., Review of sensors for air quality monitoring, EUR 29826 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-09255-1, doi:10.2760/568261, JRC116534.

6. <https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-i-finliandiia-obhovoryly-rozbudovu-systemy-monitorynhu-atmosferneho-povitria-za-ievropeiskymy-standartamy>

7. Support for determination of zones and agglomeration for air quality monitoring and management in Ukraine / Harri Pietarila. // Support for the Implementation of EU-Ukraine Association Agreement (EuropeAid/137074/DH/SER/UA). – 2019.

Лекція 5. Практика європейського супутникового дистанційного моніторингу.

План.

1. Система супутникового моніторингу.
2. Супутникові спостереження за кругообігом води.
3. Моніторинг якості повітря.
4. Моніторинг життя під водою.
5. Спостереження Землі для обліку екосистем.
6. Спостереження за кількістю вуглецю.
7. Використання методів дистанційного зондування земної і водної поверхні.
8. Забруднення повітря – погляд з космосу.
9. Супутники Sentinel Copernicus.

1. Система супутникового моніторингу

Супутниковий дистанційний моніторинг являє собою систему одержання інформації про об'єкт або явище за вимірюваннями, які проведені на значній відстані від об'єкту спостереження.

В даний час є два методи супутникового дистанційного моніторингу.

Перший заснований на одержанні зображення поверхні Землі. Даний метод зосереджується на аналізі зображень. Використання цього методу здійснюється для багатьох прикладних завдань, оскільки він є достатньо досконалим і економічно виправданим.

Другий напрям збирає дані, які можна трактувати в кількісному вираженні. Розвиток цього напрямку почався в 50-60-их роках 20 століття, коли вдалося одержувати дані з використанням сенсорних систем, в першу чергу це стосується реєстрації енергії в інфрачервоній ділянці спектру. В цьому методі головним є багатоспектральний сканер, який реєструє дані у ширшій частині електромагнітного спектру, в порівнянні з апаратурою першого методу.

В Європейському Союзі використання системи дистанційного супутникового моніторингу також передбачено регламентом Спільної сільськогосподарської політики (CAP). CAP має довгу історію використання супутникових або аерофотознімків. Хоча ці зображення зазвичай мають дуже високу роздільну здатність, до 2017 року вони були недоступні з достатньою періодичністю, щоб дозволити перевірку діяльності, яка проводиться на сільськогосподарських землях протягом року. З березня 2017 року супутники Copernicus Sentinel 1 і 2, що належать ЄС, почали надавати зображення високої роздільної здатності у вільний доступ, що

ознаменувалозміну гри в технології спостереження Землі для моніторингу сільськогосподарської діяльності. [1]

Європейський парламент 13 вересня 2022 року прийняв резолюцію щодо нової лісової стратегії ЄС на 2030 рік – Стале управління лісами в Європі, в якій наголошується на посиленні моніторингу європейських лісів. У Стратегії зазначено, що для забезпечення наявності надійних, прозорих і високоякісних даних нові інноваційні підходи, такі як технології дистанційного зондування, повинні бути перевірені та поєднані з даними, отриманими шляхом наземного моніторингу. Зазначається, що збір і підтримка надійних високоякісних даних, обмін знаннями та найкращими практиками, а також належним чином фінансовані та добре скоординовані дослідження мають центральне значення для вирішення проблем, враховуючи, що дані про ліси, доступні на рівні ЄС, є неповними та мають різну якість, що перешкоджає координації ЄС та держав-членів щодо управління та збереження лісів; оскільки, зокрема, існує потреба у кращому моніторингу стану лісової екосистеми, а також впливу лісгосподарських заходів на біорізноманіття та клімат. Також рекомендується використовувати продукти Copernicus. [2]

2. Супутникові спостереження за кругообігом води

Вода є основою сталого розвитку і має вирішальне значення для виживання людей і планети. Вона знаходиться в основі багатьох сфер, включаючи продукти харчування та сільське господарство, клімат, охорону здоров'я, освіту та систему зусиль по скороченню бідності. Це означає, що напрямок стратегії САР «Чиста вода» «вирішує питання не лише питної води, санітарії та гігієни, а й якості та стійкості водних ресурсів у всьому світі». Супутники забезпечують повторювані та об'єктивні спостереження кругообігу води з узгодженістю в регіонах і в усьому світі, підтримуючи впровадження та масштабованість систем моніторингу. [3]

Супутникові спостереження за кругообігом води охоплюють широкий спектр параметрів, і в даний час гідрометеорологічні та космічні агентства по всьому світу використовують інструменти для моніторингу всіх фаз циклу води. [3]

Можливості супутника включають моніторинг хмар, опадів (дощу та снігу), вологості ґрунту, запасів ґрунтових вод, внутрішніх водойм, рівнів поверхні річок та озер, кріосфери (наприклад, снігу, льоду, льодовиків) і ряду параметрів океану. Ці спостереження підтримують цілісні підходи до управління, включаючи гідрологічне моделювання та впровадження інтегрованого управління водними ресурсами (ІУВР), визначеного як ключовий аспект сталого управління водними ресурсами в Йоганнесбурзькому плані

реалізації 2002 року. Розвиток стратегії є основним напрямом виділення допомоги на розвиток за межами ЄС, пов'язаної з водними ресурсами, причому проекти управління водними ресурсами становлять 5% від загальної суми. [3]

Одним із прикладів підтримки спостереження Землі для розвитку ІУВР є Система спостереження та інформації про воду (WOIS). WOIS допомагає вирішити проблеми, що виникають під час збору, аналізу та використання геоінформації, пов'язаної з водою, причому програмне забезпечення доступне безкоштовно. [3]

Глобальний моніторинг поверхневих вод

Наявність внутрішніх і прибережних поверхневих вод впливає на добробут людей і екосистем у всьому світі. Хоча національні та регіональні кадастри, статистична екстраполяція та супутникові зображення використовуються для отримання знімків поверхневих вод, систематичний моніторинг довгострокових змін із високою роздільною здатністю залишається проблемою. Було вжито багато зусиль з використанням довгих часових рядів зображень (Landsat) (з 1984 року), щоб спробувати вирішити цю проблему, включаючи залучення Об'єднаного дослідницького центру Європейської комісії (JRC) Global Surface Water Explorer (GSWE). [3]

Використовуючи величезні можливості паралельного обчислення, надані Google Earth Engine, GSWE наносить на карту розташування та часовий розподіл водних поверхонь, використовуючи 3 мільйони зображень, кількісно оцінюючи обсяг і зміни глобальної поверхні води щомісяця з роздільною здатністю 30 метрів. Наприклад карти показують, що між 1984 і 2015 роками постійні поверхневі води зникли з площі майже 90 000 квадратних кілометрів, що еквівалентно трохи більше, ніж площі всіх поверхневих вод Європи, хоча з'явилися нові постійні поверхневі водойми площею 184 000 квадратних кілометрів, сформовані в іншому місці. Понад 70% глобальних чистих постійних втрат води припало на Близький Схід і Центральну Азію, що пов'язано з посухою та людськими діями, включаючи відведення річок або будівництво дамб і нерегульований забір. [3]

GSWE надає набір даних у вільному доступі для громадськості, вчених і політиків, щоб допомогти країнам покращити моделювання поверхневих вод, надати докази змін в екосистемах, пов'язаних з водою, і інформувати для прийняття рішень щодо управління водними ресурсами, включно з підтримкою індикатора 6.1.1. [3]

3. Моніторинг якості повітря

Стійкі міста та громади

Все більше стає можливим супутниковий моніторинг із просторовою та часовою роздільною здатністю, придатною для міських забудов. Доступ до даних можна отримати на безкоштовній та відкритій основі, створюючи продукти, розроблені спеціально для міських планувальників, а також допоміжні інструменти та платформи, які значно підвищують доступність і зручність використання спостережень. Двома важливими темами управління містом, де супутники роблять все більший внесок, є зростання міст і якість повітря. [3]

Модель інтеграції даних Всесвітньої організації охорони здоров'я для моніторингу якості повітря

Забруднення повітря становить значний екологічний ризик для здоров'я, а також пов'язане зі зміною клімату та пошкодженням екосистеми (наприклад, через кислотні дощі) через виділення CO₂, сажі, діоксиду сірки, оксидів азоту та інших парникових газів. Моніторинг викидів цих забруднень та їх впливу на якість повітря в міському середовищі є ключем до більш обґрунтованої політики та оцінки стійкості рішень щодо розвитку екологічної безпеки. [3]

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) є агенцією, яка використовує різноманітні спостереження, включаючи наземні та супутникові вимірювання, як вхідні дані для моделей для оцінки впливу на людину шкідливих твердих частинок діаметром менше 2,5 мікрометрів, відомих як PM_{2,5}. ВООЗ підтримує базу даних про якість повітря для підтримки звітності та розробила модель інтеграції даних для якості повітря (DIMAQ), яка включає дані з різних джерел, щоб забезпечити оцінку впливу PM_{2,5} на рівні 0,1° × 0,1° у всьому світі. [3]

На рівні країни американська система AirNow надає громадськості дані про якість повітря в режимі реального часу, прогнози та інформацію про здоров'я. Система була створена в 1998 році, коли доступ до даних про якість повітря був нелегким, а національний набір даних у режимі реального часу був недоступним, і з тих пір вона заохочувала та підтримувала зусилля з моніторингу якості повітря в усьому світі. Система оперативно використовує дані багатьох супутникових приладів для доповнення вимірювань наземних моніторів, що підвищує точність прогнозів якості повітря. [3]

4. Моніторинг життя під водою

Супутникові зображення можуть сприяти моніторингу та підтримці морських ресурсів. Це включає моніторинг прибережної евтрофікації та щільності плаваючого пластикового сміття, а також регулювання та моніторинг

незаконної рибальської діяльності. Супутники можуть допомогти вирішити проблеми величезного масштабу та труднощі доступу до багатьох районів Світового океану. [3]

Район Всесвітньої спадщини Великого Бар'єрного рифу

Інформаційна панель якості морської води eReefs надає оперативну інформацію про якість води Великого Бар'єрного рифу Австралії майже в режимі реального часу. Дистанційне зондування забезпечує вимірювання морських індикаторів (наприклад, рівня хлорофілу, відкладень і розчиненої органічної речовини), які можуть допомогти керівництву морського парку оцінити стан екосистеми та якість прибережної води. Спостереження із супутника NASA Aqua надали точну, регіонально налаштовану інформацію про якість води, дозволяючи менеджерам і політикам інформувати, оцінювати та покращувати результати своїх управлінських рішень. [3]

Супутники регулярно і систематично забезпечують спостереження хлорофілу-а на поверхні океану. Хлорофіл-а є ключовим індикатором мікроскопічних зелених водоростей (фітопланктону), і хоча фітопланктон є природною частиною рифової екосистеми, підвищений рівень сигналізує про підвищений рівень поживних речовин, особливо азоту. Ці підвищені рівні поживних речовин можуть порушити баланс екосистеми та призвести до відбілювання та відмирання коралів. Типовими джерелами азоту є стоки від надлишку добрив, що вносяться під посіви, і забруднення стічними водами з міських територій. [3]

Супутники сприяють прийняттю обґрунтованих рішень щодо управління та регулювання використання добрив і управління стічними водами, що означає, що загальний стан Рифу можна контролювати для збереження та оцінювати на систематичній, кількісній та прозорій основі. [3]

5. Спостереження Землі для обліку екосистем

Облікові записи екосистеми

Облікові записи екосистеми впорядковують інформацію про протяжність або площу різних типів екосистем, які існують у країні чи регіоні. Дані про земний покрив, класифіковані відповідно до стандартної класифікації SEEA Central Framework і доповнені додатковими характеристиками, такими як землекористування, висота та надані екосистемні послуги, допомагають у подальшому класифікувати землю відповідно до типів екосистем. Дані ґрунтового покриття безпосередньо пов'язані з кількома індикаторами, включаючи індикатор 15.3.1 щодо деградації земель, індикатор 6.6.1. щодо прісноводних екосистем або індикаторів 11.3 та 11.7 щодо використання землі. Дані про масштаби екосистеми, що підтримують ці індикатори, зазвичай

складаються з використання даних ЕО (екологічного обліку) у поєднанні зі статистичними спостереженнями та наземними перевітками. [3]

SEEA EEA включає екологічні показники для води, вуглецю та біорізноманіття. Тематичні облікові записи складаються для різних типів екосистем для підтримки оцінок конкретних цілей управління, включаючи землеустрій і планування, а також управління водними ресурсами. [3]

Екосистемні послуги, пов'язані безпосередньо з водою, включають забезпечення водою з точки зору обсягу води, що використовується для різних цілей (наприклад, для пиття, зрошення, охолодження, виробництва гідроенергії тощо); регулювання води (наприклад, фільтрація забруднюючих речовин або регулювання потоку води); і культурні послуги, такі як для відпочинку (наприклад, плавання, катання на човні). Ця інформація має вирішальне значення для моніторингу щодо наявності води та сталого управління водою. [3]

Приклад: моніторинг води у Нідерландах

Індикатори, зосереджені на ефективності використання води – 6.4.1 і дефіциті води – 6.4.2. Дані для цих двох індикаторів можна отримати з різних джерел, серед яких статистичні джерела, дані на основі моделювання та дані ЕО. Зокрема, оцінка фактичної евапотранспірації (АЕТ) є досить важливою для вимірювання пов'язаних з водою індикаторів, включаючи вимірювання використання води в сільському господарстві та доступності води. АЕТ визначається як сума випаровування та транспірації рослин від поверхні Землі до атмосфери, і його можна розрахувати за допомогою алгоритмів, які використовують як джерело дані ЕО. [3]

Щоб оцінити АЕТ, у вільному доступі є ряд даних дистанційного зондування (наприклад, MODIS, Landsat, Proba-V і Sentinel-2), а також розроблено кілька баз даних АЕТ, таких як MOD16 (NASA) і Land Surface Analysis Satellite Applications Facility (LSA SAF). Статистичне управління Нідерландів у партнерстві з eLEAF, компанією з аналізу ЕО, створило карту АЕТ для Нідерландів, щоб отримати просторову та часову роздільну здатність, яка перевершує джерела даних у відкритому доступі. Отримана карта показана на рисунку 1. [3]

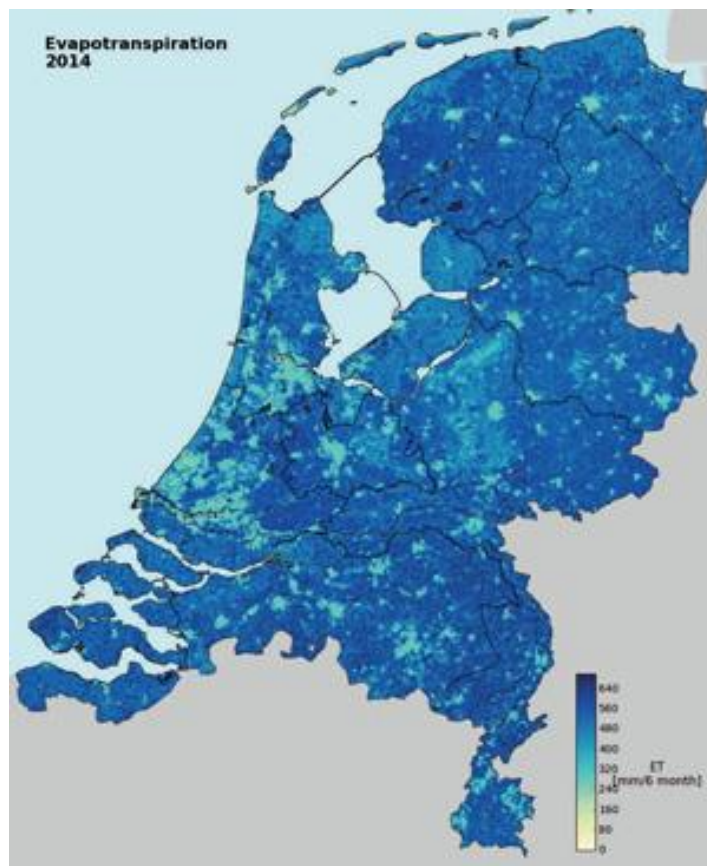


Рис. 1. Фактична евапотранспірація (в мм) для Нідерландів з роздільною здатністю 250 м. Джерело: Graveland et al., 2016 [4]

6. Спостереження за кількістю вуглецю

У SEEA EEA обсяг обліку вуглецю включає вимірювання запасів і потоків вуглецю для всіх частин вуглецевого циклу та вуглецевих пулів. Вимірювання запасів і потоків вуглецю може підтримати обговорення багатьох політичних питань, включаючи аналіз викидів парникових газів, використання енергії та масштаби вирубки лісів.

Таким чином, облік вуглецю підтримує вимірювання кількох індикаторів, включаючи індикатор 15.3.1, який визначає запаси вуглецю як один із аспектів деградації землі.

Вуглецеві розрахунки можна скласти, використовуючи існуючі карти ґрунтового покриття, а також безпосередньо використовуючи дані EO за допомогою нормалізованого індексу різниці рослинності (NDVI) або інших методів. [3]

Останні методологічні розробки в області методів дистанційного зондування дозволяють вимірювати запаси вуглецю, а також зміни в запасах вуглецю безпосередньо з достатньою точністю (див. рисунок 2). Такі підходи можуть бути важливими, коли альтернативних джерел правдивих даних на землі мало. [3]

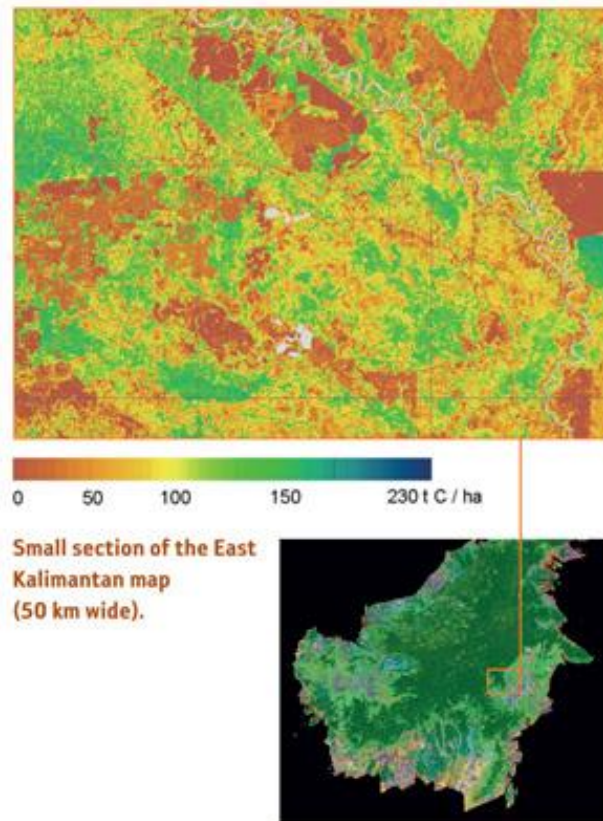


Рис. 2. Моніторинг біомаси та вуглецю з використанням даних ЕО.
 Джерело: http://eohandbook.com/sdg/part2_3.html [5]

7. Використання методів дистанційного зондування земної і водної поверхні

Одним із підходів до моніторингу довкілля є спостереження за допомогою дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Застосування ДЗЗ дозволяє отримувати інформацію про стан довкілля та його компонентів на міжнародному, регіональному та локальному рівнях. Дані, отримані за допомогою ДЗЗ можуть компонуватися з даними наземних методів спостережень, а також з методом моделювання, що дозволяє комплексно визначати стан довкілля, прогнозувати його, та простежувати зміни в динаміці. Серед найкращих зразків міжнародних систем спостереження та прийняття рішень із використанням дистанційного зондування Землі є програма Європейського Союзу Copernicus, яка забезпечує всі сторони (країни) своєчасною та точною геопросторовою інформацією, яку отримують із супутників ДЗЗ та інших джерел, необхідною для ефективної ліквідації наслідків стихійних лих, техногенних надзвичайних ситуацій і гуманітарних криз. Програму Copernicus було створено у 2011 році, а повноцінно функціонувати програма почала у 2014 році. Космічна частина інформаційної системи Copernicus обслуговується набором спеціальних

супутників сімейства Sentinel та місій, що надають допомогу (дієві комерційні та громадські супутники). Супутники Sentinel спеціально розроблені для задоволення потреб служб Copernicus та їхніх користувачів. З моменту запуску Sentinel-1A у 2014 році Європейський Союз розпочав програму з розміщення сімейства з майже 20 супутників на орбіті на період до 2030 року. [6]

У рамках цієї програми пропонуються інформаційні послуги щодо даних супутникового спостереження за Землею та локальних даних (не з космосу). Програма координується та управляється Європейською Комісією. Copernicus упроваджується у партнерстві з країнами-членами ЄС, Європейською космічною агенцією (ESA), Європейською організацією з експлуатації метеорологічних супутників (EUMETSAT), Європейським центром з середньострокового прогнозу погоди (ECMWF), агенціями ЄС, Mercator Ocean та країнами, з якими підписано міжнародні угоди. У світлі політики поширення інформації у рамках Програми доступу до даних, Copernicus викликають підвищений інтерес, тому у даному контексті ЄС шукає можливості щодо обміну даними на користь програми Copernicus. Таким чином, найшвидший спосіб отримати доступ до даних програми Copernicus у частині даних, для доступу до яких потрібна автентифікація, це пропозиція обміну даними локальних спостережень з України. Державне космічне агентство України та Європейська Комісія підписали Угоду про співробітництво в галузі доступу до даних і використання даних супутників «Sentinel» програми «Copernicus» 25 травня 2018 року. В обмін на це ДКА України надає вільний відкритий доступ до даних власних супутників для використання у програмі Copernicus. Інформаційні послуги авторизованим користувачам Програми Copernicus надаються безкоштовно з відкритим доступом. Це стосується тільки даних з низькою та середньою просторовою роздільною здатністю. [6]

Обробка інформаційних потоків у Copernicus представлена на рисунку 3. Користувач у залежності від рівня доступу має можливість працювати як з необробленими даними прямих спостережень, так і використовувати результати обробки та прогнозних розрахунків у зручному для сприйняття вигляді. Для роботи з потоками необроблених даних прямих спостережень надаються докладні інструкції користувачів, в яких наведено структуру даних та їх формат. [6]

Copernicus також збирає інформацію з insitu систем (локальні дані), таких як наземні станції, які доставляють дані, отримані безліччю датчиків на землі, на морі або у повітрі. У результаті для моделювання процесів в атмосфері, океанах та на поверхні землі використовуються не тільки дані супутникових спостережень, а й дані локальних наземних, атмосферних та морських систем вимірювання. Головне призначення даних локальних спостережень полягає в

уточненні даних супутникових спостережень та для періодичного калібрування систем супутникового спостереження. В результаті обробки даних спостережень та моделювання створюються різноманітні поточні та прогнозні тематичні карти, виявляються особливості та аномалії, є можливість перегляду та уточнення статистичних даних. [6]

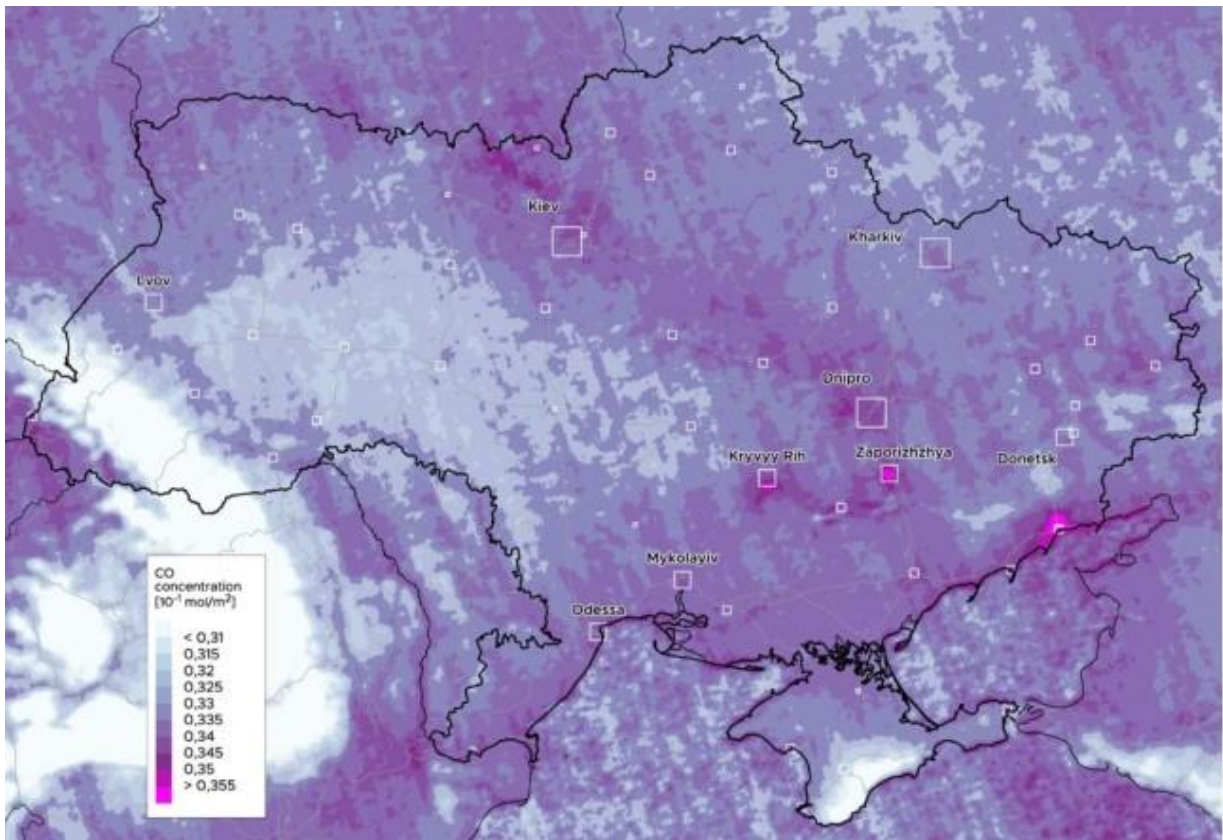


Рис. 3. Середні концентрації СО на території України у період з травня 2018 року по квітень 2020 року. Джерело: Бочкова, Симона, et al. "Забруднення повітря в Україні з космосу." (2020).[7]

Обробка інформаційних потоків у Copernicus

Система даних у Copernicus включає супутникові дані, дані БПЛА, локальні дані. [6]

Інформація, яка отримується системою, оптимізується через шість тематичних потоків послуг Copernicus: [6]

1. Служба моніторингу атмосфери (CAMS).
2. Служба моніторингу морського середовища (CMEMS).
3. Служба моніторингу землі (CLMS).
4. Служба зміни клімату (C3S).
5. Служба безпеки Copernicus.
6. Служба надзвичайних ситуацій Copernicus EMS.

Наприклад, кінцеві оброблені дані моніторингу щодо складу атмосфери, отримані на основі даних супутника Sentinel-5P (Precursor) для Києва, наведені на малюнку 4, де наводяться концентрації озону та діоксиду азоту у $\mu\text{кг}/\text{м}^3$, у той же час первинні необроблені дані супутникового спостереження – це виміряні спектри випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 270 нм до 2385 нм. Тобто величини концентрацій розраховуються на основі даних щодо поглинання електромагнітного випромінювання при проходженні через атмосферу. [6]

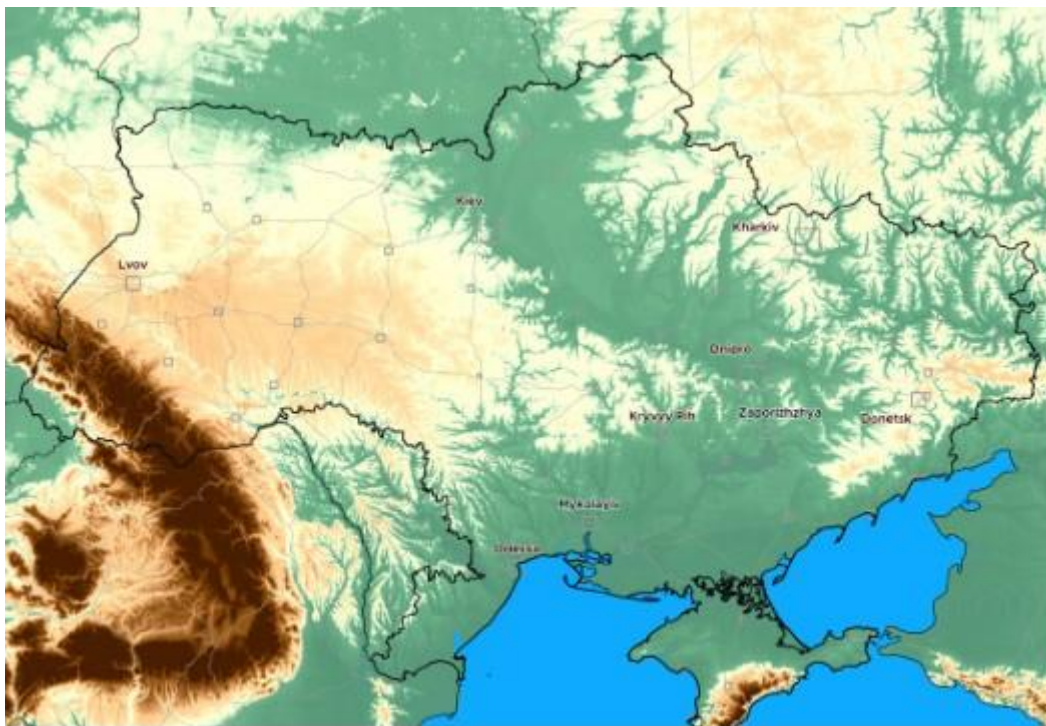


Рис. 4. Фізична карта України. Джерело: Бочкова, Симона, et al. "Забруднення повітря в Україні з космосу." (2020). [7]

8. Забруднення повітря – погляд з космосу

Місія Sentinel-5P (S5P) – супутник моніторингу атмосфери, запущений на орбіту Землі у жовтні 2017 року в рамках програми ЄС Copernicus. Цей супутник несе спектрометр TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument) із селективним охопленням довжин хвиль між ультрафіолетовим та короткохвильовим інфрачервоним діапазонами. SP5 щодня здійснює дистанційне вимірювання таких газів, як NO_2 , O_3 , HCOH , SO_2 , CH_4 , CO та аерозолів PM з просторовою роздільною здатністю близько $5,5 \text{ км} \times 3,5 \text{ км}$ (від 7 км до 5,5 км до серпня 2019 року).[7]

Дані із супутника Sentinel-5P завантажуються через Sentinel Хаб (SH), керований «Sinergise». Sentinel Хаб підтримує пакети даних Sentinel-5P рівня

2 (L2), які геолокуються, переважно попередньо обробляються і містять мітку «qa_value». Мітка «qa_value» позначає «значення забезпечення якості» і

вказує на стан та якість кожного наземного пікселя. Це безперервна змінна в діапазоні від 0 (помилка) до 1 (помилки немає). Для більшості пакетів даних Sentinel-5P пікселі менше 0,5 відфільтровуються (для NO₂ це 0,75). Значення «qa_value» є важливим параметром, який обмежує суцільне охоплення потрібних територій даними S5P, і пропонується методологія врахування його. Пакети даних про вміст NO₂, SO₂, HCHO та CO (з травня 2018 року по квітень 2020 року) завантажені через SH. [7]

Пакети супутникових даних SP5 здебільшого обчислені та надаються в спеціальних одиницях вимірювання - моль на квадратний метр (моль/м²). [7]

Пакети даних NO₂ надані за загальною атмосферною шкалою NO₂ між земною поверхнею і верхньою межею тропосфери (тропосферна колона). Спостереження TROPOMI щодо вмісту CO надані за загальною шкалою CO з чутливістю до крайнього шару тропосфери. Спостереження вмісту HCHO та SO₂ надані за загальною шкалою між земною поверхнею та тропопаузою. [7]

Через кілька виявлених супутникових знімків з помилками, замість середніх значень для спостережень SO₂ використовувались середні концентрації. [7]

При використанні супутникових даних SP5 важливо враховувати різницю у способі вимірювання значень. Гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин зазвичай подаються в одиницях, що використовуються для наземних вимірювальних приладів (мкг/м³). Тому перерахунок значень із супутникових зображень (моль/м²) у наземні одиниці вимірювання (мкг/м³) не рекомендується. [7]

Ознаки якості та частота спостереження

Важливо враховувати, що якість доступних пікселів сильно залежить від погодних умов (включно із хмарністю), помилок сенсора спектрометра та інших параметрів. В цілому це, як правило, визначається на рівні «qa_value». Частота перегляду S5P для Європи (включно з територію України) становить більше одного разу на день. У більш високих широтах спостерігаються накладання сканування через майже полярну, сонце-синхронну орбіту супутника. Таким чином, оброблені дані включають усі доступні супутникові вимірювання. Використання всіх доступних даних означає поєднання даних з декількох супутникових орбіт з різними розмірами сітки та її орієнтацією. Для вирішення цієї проблеми всі супутникові спостереження S5P були зменшені для отримання регулярної сітки з роздільною здатністю 1x1 км через SH. Попередньо дані були автоматично оброблені та завантажені у хмарний простір з використанням власних скриптів Python за допомогою служби SH. Заключні етапи обробки виконані на екранах GIS з обчисленням середньомісячних та вибіркового сезонних середніх значень на піксель по всій площі. Сезон

визначався як 3-місячний період зими (грудень-лютий) та літа (червень-серпень) для спрощення даних про якість повітря, спричиненого погодними умовами. Для кожної окремої забруднювальної речовини додатково обчислене загальне середнє значення на піксель за весь зазначений період. [7]

Служба моніторингу атмосфери Copernicus (CAMS)

Оскільки Sentinel-5P не забезпечує моніторинг концентрацій дисперсних частинок (PM_{2,5} та PM₁₀), дані про їх вміст отримують через Службу моніторингу атмосфери Коперника (CAMS). [7]

CAMS – частина програми Copernicus, що реалізується Європейським центром прогнозування погоди середньої дальності (ECMWF). CAMS надає глобальну, контрольовану якість інформацію, пов'язану із забрудненням повітря, сонячною енергією. [7]

У Європі CAMS щодня виконує спеціалізований аналіз та прогноз якості повітря з просторовою роздільною здатністю 0,1 × 0,1 градусів (приблизно 10 × 10 км). У процесі моніторингу використовують дев'ять європейських систем прогнозування якості повітря формуючи медіану розподілу окремих результатів. Крім цього, аналіз поєднує дані моделі з реальними наземними спостереженнями, наданими ЕЕА, у повний та послідовний набір. [7]

9. Супутники Sentinel Copernicus

Sentinel-1. Місія Sentinel-1 складається з двох сонячно-синхронних супутників на полярній орбіті, які мають одну площину орбіти з різницею фаз орбіти 180°, працюють вдень і вночі, виконуючи радіолокаційні зображення з синтетичною апертурою С-діапазону, що дозволяє їм отримувати зображення незалежно від погоди. Супутник працює в чотирьох ексклюзивних режимах зйомки з різною роздільною здатністю (до 5 м) і покриттям (до 400 км). Він забезпечує подвійну поляризацію, дуже короткий час повторного перегляду та швидко передачу зображення. Для кожного спостереження доступні точні вимірювання положення. [8]

Sentinel-1 працює в попередньо запрограмованому режимі роботи, щоб уникнути конфліктів і створити послідовний довгостроковий архів даних, створений для програм на основі довгих часових рядів. [8]

Sentinel-1 є першою з п'яти місій, розроблених ESA для ініціативи Copernicus. Його можливості вимірювання охоплюють рельєф ландшафту, багатоцільові зображення (земля і океан), вітри на поверхні океану, рельєф/течії океану, висоту та спектр океанських хвиль, морський льодовий покрив, сніговий покрив, вологість ґрунту та рослинність. [8]

Основні цілі та застосування Sentinel-1: [8]

- Глобальний моніторинг суші

- Моніторинг морського льоду
- Моніторинг суші та льоду
- Моніторинг океану та моря
- Морське спостереження
- Реагування на надзвичайні ситуації.



Рис. 5. Sentinel-. Джерело: <https://www.esa.int/>

Хронологія запуску [8]

Sentinel-1A був запущений 3 квітня 2014 року.

Sentinel-1B був запущений 25 квітня 2016 року. Космічний корабель потрапив в аварійну ситуацію, пов'язану з живленням електроніки приладів, яке забезпечувалося супутниковою платформою, через що він не міг надавати радіолокаційні дані з 23 грудня 2021 року, і як наслідок, ESA та ЕС оголосили про завершення місії Sentinel-1B 3 серпня 2022 року.

Запуск Sentinel-1C заплановано на початок 2024 року.

Орбіта [8]

Sentinel-1 знаходиться на близькополярній сонячно-синхронній орбіті з 12-денним циклом і 175 обертами на цикл для одного супутника. І Sentinel-1A, і Sentinel-1B мають однакову площину орбіти з різницею орбітальних фаз у 180°. Коли обидва супутники працюють, цикл повторення становить шість днів.

Під час нормальної роботи опорна орбіта підтримуватиметься в межах орбітальної труби, закріпленої навколо Землі, діаметром 120 м (RMS).

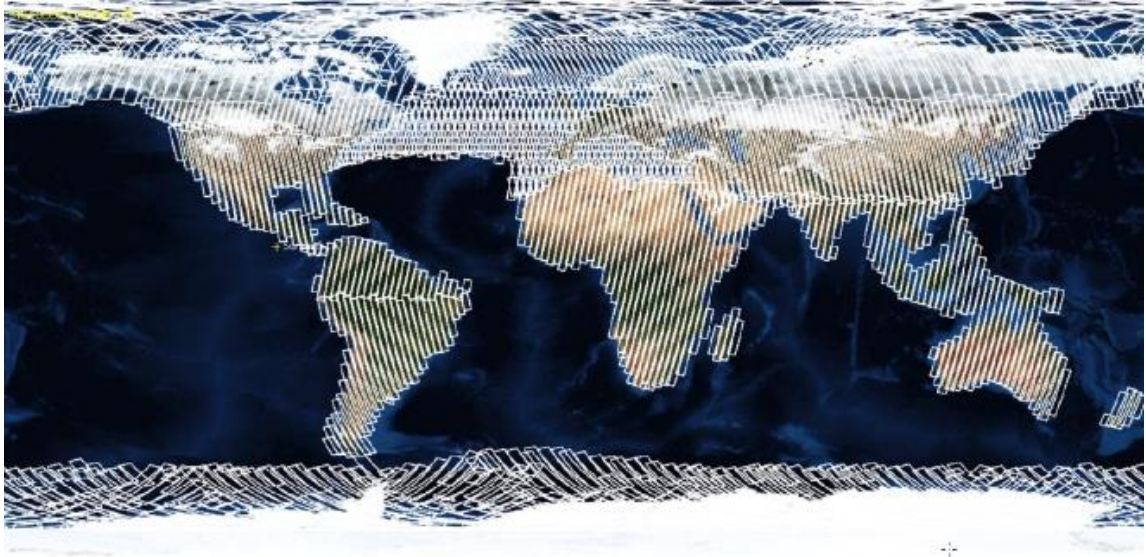


Рис. 6. Потенційне покриття світу Sentinel-1. [8]

Геофізичні вимірювання

Активний датчик SAR С-діапазону Copernicus Sentinel-1 може спостерігати за поверхнею Землі в будь-який час дня чи ночі, незалежно від погоди та умов навколишнього середовища. SAR має перевагу в тому, що працює на довжинах хвиль, яким не заважає хмарний покрив або відсутність освітлення. [8]

На відміну від пасивних оптичних датчиків, яким потрібне сонячне освітлення, активний прилад SAR передає власний мікрохвильовий сигнал, щоб освітлювати поверхню Землі під кутом. SAR активно передає мікрохвильові сигнали на Землю та отримує частину переданої енергії у вигляді зворотного розсіювання від землі. Відлуння зворотного розсіювання сцени приймається антеною приладу через деякий час у дещо іншому місці, коли супутник рухається по своїй орбіті. Амплітуда яскравості поверненого сигналу разом із інформацією про його фазу записується для створення зображення. [8]

Sentinel-2. Sentinel-2 – це європейська широкозонна місія з високою роздільною здатністю, багатоспектральним зображенням. Повна специфікація місії супутників-близнюків, що летять на одній орбіті, але з фазою 180°, розроблена для забезпечення високої частоти повторного відвідування екватора 5 днів. [8]

Sentinel-2 несе корисне навантаження оптичного приладу, який знімає 13 спектральних смуг: чотири смуги на 10 м, шість смуг на 20 м і три смуги на 60 м. Ширина орбітальної смуги становить 290 км. [8]

Місія Sentinel-2 складається з двох ідентичних супутників Sentinel-2A і Sentinel-2B, які були запуснені за допомогою європейської ракети-носія VEGA. Кожен із цих супутників важить приблизно 1,2 тонни. [8]



Рис. 7. Sentinel-2. Джерело: <https://www.esa.int/>

Sentinel-3. Sentinel-3 – це європейська супутникова місія спостереження за Землею, розроблена для спостереження за океаном, землею, атмосферою, для контролю за надзвичайними ситуаціями, для безпеки та кріосферних програм Copernicus. [8] Він спільно управляється ESA та EUMETSAT для надання оперативних послуг зі спостереження за океаном і сушею. [8]



Рис. 8. Sentinel-3. Джерело: <https://www.esa.int/>

Основною метою є вимірювання топографії поверхні моря, температури поверхні моря та суші, а також кольору поверхні океану та суші з високою точністю та надійністю для підтримки системи прогнозування океану, екологічного моніторингу та моніторингу клімату. Sentinel-3 також дозволяє спостерігати за рослинністю, пожежами, внутрішніми водами (висота поверхні

води в річках і озерах), кріосферою (тобто товщиною наземного льоду та морського льоду) та атмосферою. [8]

Sentinel-5p. Місія Copernicus Sentinel-5 Precursor є першою місією Copernicus, присвяченою моніторингу нашої атмосфери. Copernicus Sentinel-5P є результатом тісної співпраці між ESA, Європейською комісією, Космічним офісом Нідерландів, промисловістю, користувачами даних і вченими. [8]

Місія складається з одного супутника з інструментом моніторингу TROPospheric Monitoring Instrument (TROPOMI). Інструмент TROPOMI спільно фінансували ESA та Нідерланди. [8]

Основною метою місії Copernicus Sentinel-5P є проведення атмосферних вимірювань з високою просторово-часовою роздільною здатністю, які використовуватимуться для визначення якості повітря, озонового шару та УФ-випромінювання, а також моніторингу та прогнозування клімату. [8]

Супутник був успішно запущений 13 жовтня 2017. [8]

Місцевий час перетину висхідного вузла супутника 13:30 було обрано для полегшення так званої операції вільного обміну інформацією з космічним кораблем NASA Suomi-NPP. Ця концепція дозволить використовувати дані хмарної технології. [8]



Рис. 9. Sentinel-5. Джерело: <https://www.esa.int/>

Література

1. https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/sr20_04/sr_new_technologies_in_agri-monitoring_en.pdf
2. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2022-0310_EN.html
3. Paganini, M., Petiteville, I., Ward, S., Dyke, G., Steventon, M., Harry, J., & Kerblat, F. (2018). Satellite earth observations in support of the sustainable development goals. *The CEOS Earth Observation Handbook*.
4. Graveland, C., et al. "Sustainable Development Goals for water-SDG 6.4- Three step approach for monitoring." Statistics Netherlands (2016).

5. http://eohandbook.com/sdg/part2_3.html
6. <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoring/analychna-zapyska-shhodo-stanu-ta-perspektyv-rozvytku-derzhavnoyi-systemy-monitoringu-dovkillya/>
7. Бочкова, Симона, et al. "Забруднення повітря в Україні з космосу." (2020).
8. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/>

Лекція 6. Кліматичні та довкілєві наслідки війни Росії проти України.

План.

1. Вплив російської війни в Україні на клімат.
2. Екологічні та економічні збитки від військової агресії Росії для світу і України.
3. Оцінювання шкоди від військового впливу на довкілля.
4. Основні джерела надходження забруднюючих речовин у навколишнє середовище під час бойових дій.
5. Вплив бойових дій на окремі компоненти довкілля України.

Світова кліматична криза чітко показала, наскільки ми всі взаємопов'язані: здоров'я людини залежить від здоров'я довкілля. Те, що відбувається в одній країні, впливає на навколишнє середовище всюди.

Часто згадувана всесвітня потрійна загроза – зростання забруднення, навантаження на клімат і втрати біорізноманіття – трагічно відбувається в Україні: бойові дії, і особливо манера російських атак, мають руйнівний вплив у всіх трьох сферах.

1. Вплив російської війни в Україні на клімат

Вторгнення Росії в Україну стало людською трагедією з незліченними втратами життів і здоров'я, мільйонами переміщених осіб, спричинивши гуманітарну кризу. Війна пошкодила та зруйнувала цивільну інфраструктуру та інші важливі громадські об'єкти, підприємства та дороги, позбавила громадян необхідних ресурсів – води, електроенергії та медичного обслуговування.

Російська збройна агресія проти України завдає значної шкоди не лише економіці та культурній спадщині, а й довкіллю нашої країни. Вона зруйнувала природні екосистеми та забруднила довкілля. Численні випадки цілеспрямованого знищення природних ресурсів та інфраструктурних об'єктів мають риси екоциду проти українського народу.

Окрім забруднення об'єктів довкілля, прямий вплив війни охоплює значні викиди парникових газів (ПГ).

Тоді як світ бореться за суттєве скорочення викидів парникових газів, щоб обмежити зростання середньої температури на планеті в межах 1,5°C, додаткові викиди вуглекислого газу та інших ПГ через війну ще більше ускладнюють глобальні спроби зупинити кліматичну кризу.

Згідно із останнім звітом Ініціативи з обліку парникових газів внаслідок війни IGGAW (створеним завдяки підтримці дослідницької групи експертів Європейським кліматичним фондом (ECF) та «Ініціативою з розвитку

екологічної політики й адвокації в Україні» (ЕРАІU)), за останні 2 роки збитки, нанесені світовому клімату, оцінюються у 32 мільярди доларів США. Звіт опубліковано 13 червня 2024 року Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України у співпраці з групами захисту клімату [1].

Війна Росії в Україні за 24 місяці спричинила викиди приблизно 175 млн. тонн вуглекислого газу CO₂ або так званого «конфліктного вуглецю». Для зручності розрахунків усі парникові гази (ПГ) переводять у так званий «еквівалент CO₂», тому часто усі парникові гази називають спрощено «вуглець».

175 млн тонн CO₂ – це більше, ніж щорічні викиди ПГ такої високоіндустріалізованої країни, як Нідерланди, чи викиди від розміщення 90 млн. нових бензинових автомобілів на дорогах або будівництва 260 вугільних енергоблоків потужністю 200 МВт кожен (рис. 1).

Оскільки війна триває, викиди ПГ продовжують зростати. Сьогодні, після двох років війни, найбільшу частку викидів спричиняють бойові дії, ландшафтні пожежі та пошкодження енергетичної інфраструктури.

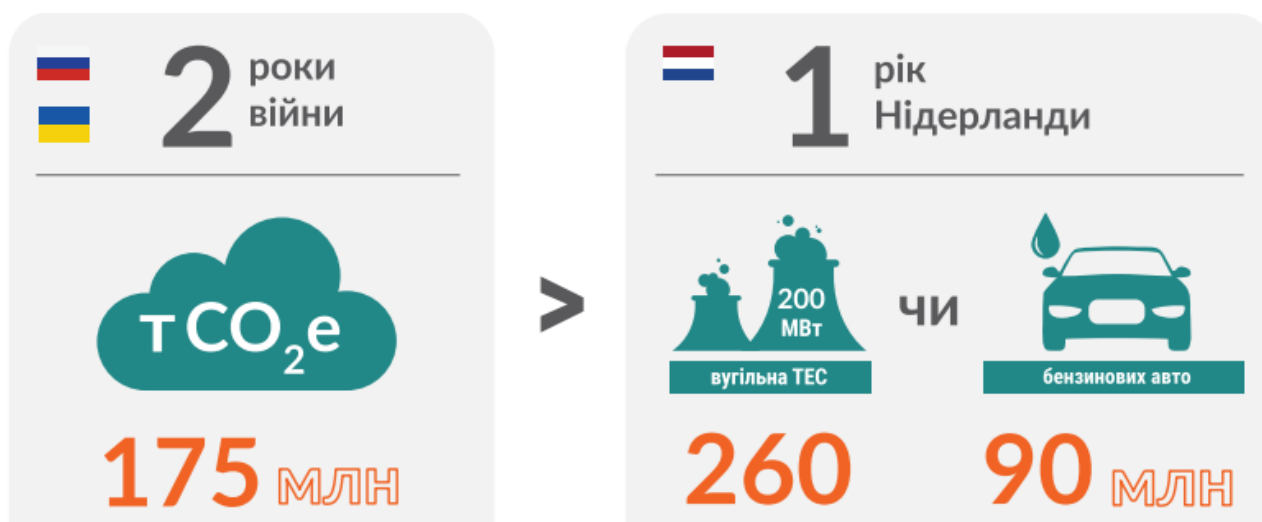


Рис. 1. Інфографіка еквівалентів 175 млн. тонн викидів CO₂

Основні джерела викидів, визначені у звіті, включають:

1) військові дії: найбільша частка викидів, приблизно 51,6 млн т CO₂, припадає на експлуатацію й постачання (спалювання палива) та виробництво військової техніки й зброї, будівництво фортифікаційних споруд;

2) енергетична інфраструктура: цілеспрямовані атаки на енергетичні об'єкти значною мірою сприяли викидам, за оцінками, 17,2 мільйона тонн CO₂ в результаті руйнування нафтобаз, нафтопереробних заводів і неконтрольованих витоків парникових газів, зокрема, SF₆ від електрообладнання, який є найпотужнішим ПГ; пошкодження газопроводів «Північний потік-1» і «Північний потік-2» призвело до тижневого підводного

виверження метану, ще одного потужного ПГ, з впливом на клімат, еквівалентним 14 млн тонн CO₂;

3) ландшафтні пожежі: військові удари спричинили масштабні лісові пожежі, що додало 22,9 мільйонів тонн CO₂ до загального обсягу викидів; супутникові знімки надали інформацію про 27 тис. пожеж на площі майже 1 млн гектарів;

4) перенаправлення авіації: комерційні літаки змінили маршрути через обмеження та проблеми з безпекою, які стосуються 18 млн км² неба над Росією та Україною; перенаправлення між Європою та Азією призвело до додаткового використання палива, збільшивши викиди додатково на 24 мільйони тонн CO₂;

5) реконструкція: очікується, що післявоєнна відбудова пошкодженої та зруйнованої цивільної інфраструктури становитиме суттєве джерело викидів, бо відбудова будівель та іншої інфраструктури є дуже вуглецевозною через використання великих обсягів бетону та сталі, що потенційно призведе до збільшення на 56,0 мільйонів тонн CO₂,

б) переміщення майже 7 мільйонів українців та росіян; загальні викиди, пов'язані з біженцями та ВПО, складають 3,27 млн. т CO₂ [1].

Асоціація експертів з обліку вуглецю, що фінансується західними урядами та фондами IGGAW розробляє нові методики для вимірювання «конфліктного вуглецю». Використовуючи новітню методологію, дослідники визначили вартість кожної тонни викиду вуглецю. Нещодавнє дослідження, опубліковане в журналі «Nature», робить висновок, що бажаний середній показник соціальної вартості у 185 дол. США за тонну викинутого CO₂ є найкращою доступною оцінкою на цей час [2].

Оцінка IGGAW щодо викидів від війни Росії в Україні значною мірою спирається на супутникові дані, урядову інформацію, наукові дослідження та розвідку з відкритих джерел, інтерв'ю з експертами та галузеві звіти, серед іншої інформації. Даних про викиди вуглецю під час конфлікту часто бракує. Перешкодами для оцінювання «конфліктного вуглецю» є неповна доступність даних, секретність військового часу, фізична небезпека для експертів.

У звіті наголошується на необхідності притягнути Російську Федерацію до відповідальності за ці екологічні та кліматичні збитки, а також рекомендується використовувати соціальну вартість вуглецю для кількісного визначення грошової вартості викидів. Він також закликає до міжнародної співпраці для подолання цих наслідків, що має вирішальне значення для досягнення глобальних цілей скорочення викидів згідно з Паризькою угодою. Український уряд привітав звіт, заявивши, що він стане важливою складовою репараційної справи проти Росії. У 2022 році резолюція Генасамблеї ООН закликала Росію

компенсувати Україні за війну, а Рада Європи створила реєстр збитків. Звіт про кліматичні викиди має стати частиною цього реєстру.

Провідний експерт IGGAW і автор звіту автор Ленард де Клерк на представленні звіту сказав, що Росія завдає шкоди і Україні, і клімату – значна кількість “конфліктного вуглецю” буде відчутною у всьому світі. Російську Федерацію слід змусити заплатити за це борг, який вона має перед Україною та країнами глобального півдня, які найбільше постраждають від шкоди клімату. Це коштуватиме Росії на сьогодні майже 30 млрд. євро репарацій [2].

Україна зараз потребує дієвих механізмів стягнення компенсацій з агресора за злочини проти довкілля. Одним з таких механізмів може стати криміналізація екоциду в національному та міжнародному праві. Щоправда, не слід нехтувати й іншими механізмами стягнення компенсацій з агресора [3].

2. Екологічні та економічні збитки від російської агресії для України і світу

Війна – трагедія не лише людська. Це також завжди загибель природи – екологічна катастрофа. Станом на жовтень 2023 року Росія вчинила в Україні понад 2500 екологічних злочинів.

З початку війни на Донбасі у 2014 році майже 40% екологічно цінних територій України зазнали окупації, більшість з них з лютого 2022 року. Станом на кінець 2023 року, за оцінками експертів, близько 10% території України зазнали помірної або дуже значної шкоди. Російська армія проводить екоцид та навмисне завдає шкоди довкіллю, і часто ця шкода непоправна. Одним із таких злочинів був підриг Каховської ГЕС влітку 2023-го [4].

Екологічні збитки від військової агресії РФ:

- небезпечні хімічні викиди та забруднення з пошкоджених промислових об’єктів;
- вплив на якість повітря через руйнування міст і населених пунктів та спалення лісів;
- економічні та екологічні наслідки пошкодження сільськогосподарських територій, лісів і природних заповідників;
- забруднення води та руйнування водної інфраструктури;
- забруднення чутливих екосистем, зокрема, в прибережних і морських районах.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України збирає дані про екологічні загрози, спричинені окупантами РФ, розробляє план для їхньої подальшої ліквідації та працює над відновленням екологічних об’єктів після окупації. На офіційному ресурсі Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «ЕкоЗагроза» <https://ecozagroza.gov.ua/> оприлюднюються

розрахунки збитків, нараховані Державною екологічною інспекцією (ДЕІ) відповідно до затверджених методик, і статистику зафіксованих випадків горіння нафтопродуктів, лісових пожеж, загоряння інших об'єктів, забруднення ґрунтів, засмічення земель, порушення об'єктів природно-заповідного фонду, та інше в режимі реального часу, з географічною прив'язкою до місцевості.

На вересень 2024 року завдані збитків:

- атмосферному повітрю на 730,43 млрд. гривень,
- земельним ресурсам на 1,15 трлн. гривень,
- водним ресурсам на 84,65 млрд. гривень.

Інформація, яка розміщується на офіційних сторінках Державної екологічної інспекції України та Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України в соціальних мережах, де оперативно висвітлюють останні новини, дає можливість підтримувати активність громадян України, а також громадян інших країн, у даному інфополі [5].

Екологічні ризики та збитки також поширюються за межі України, так що світ загалом зазнає прямого впливу від цієї війни.

Війна збільшила викиди парникових газів, відволікаючи увагу від критично важливих кліматичних цілей в Європі та інших регіонах. Сусіди України потерпають від забруднення повітря через війну, ті, що межують з Чорним морем, борються з мінуванням і шкодою, завданою дикій природі моря. Загроза ядерної катастрофи має привернути особливу увагу, тому необхідно терміново припинити цілеспрямовані обстріли та військову окупацію атомних електростанцій.

Російські агресори знищують українські землі, зокрема й унікальні чорноземи. Чим не тільки здійснюють злочин проти довкілля, а й створюють проблему світового масштабу: зростають ризики настання продовольчої та екологічної кризи та неможливості гарантування продовольчої безпеки для людства у майбутньому. Доступність і ціни на продовольство постраждали в усьому світі, що розвивається.

Варто зазначити, що наслідки війни будуть стосуватися не лише України. Очевидно, що найбільша в Європі війна з часів Другої Світової вже стала причиною глобальної мілітаризації. Наприклад, у 2023 році загальні світові військові витрати досягли 2,4 трильйона доларів США (2,2 трильйона євро), збільшившись на 6,8 відсотка в реальному вираженні з 2022 року. Це найрізкіше річне зростання з 2009 року з урахуванням таких факторів, як виробництво військового обладнання та поставки важкого озброєння на великі відстані, що сприяє викидам вуглецю. Далі ці тенденції будуть тільки посилюватися [1].

Це призводить до додаткового екологічного навантаження на планету та зниження пріоритету екологічних цілей для значної кількості країн, що становить серйозний виклик для всього людства в умовах наявних кліматичних змін і низки інших глобальних загроз для біосфери.

3. Правове забезпечення визначення шкоди та оцінювання збитків від військового впливу на довкілля

Міжнародні розслідування у сфері прав людини в Україні повинні розглядати екологічні наслідки війни як питання прав людини. Це включає Незалежну міжнародну комісію з розслідування ситуації в Україні, створену Радою ООН з прав людини; Моніторингову місію ООН з прав людини в Україні. Вони повинні, зокрема, розглядати атаки на об'єкти довкілля, які є порушенням міжнародного гуманітарного права, а також порушення права людини на чисте, здорове та стале довкілля, яке було чітко визначено Радою ООН з прав людини.

Україна визнала юрисдикцію Міжнародного кримінального суду (МКС) і тісно співпрацює з Прокурором МКС. Таким чином, МКС має право розслідувати та переслідувати дії, вчинені в Україні особами будь-якої національності, починаючи з листопада 2013 року. Має настати відповідальність за масове руйнування довкілля, спричинене російськими військами.

Відповідно до статті 50 Конституції України кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди. Україна зробила значні кроки для забезпечення правосуддя за військові екологічні злочини. Збирається база доказів, які належним чином верифікуються, зокрема, невибіркоче застосування вибухонебезпечних засобів буде серед звинувачень, висунутих проти росії в міжнародних трибуналах. Ці дані складуть основу обвинувальних актів, які будуть спрямовані до Міжнародного кримінального суду та до Реєстру збитків, завданих агресією РФ проти України, що створений у Гаазі у формі міжнародної організації.

З самого початку широкомасштабного вторгнення Україна почала фіксувати шкоду, заподіяну агресором. З метою створення єдиної системи контролю за загрозами внаслідок збройної агресії РФ проти України, відповідно до Закону України «Про правовий режим воєнного стану», Указу Президента України від 24 лютого 2022 року № 64/2022 «Про введення воєнного стану в Україні», Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Положення про державну екологічну інспекцію України, на підставі наказу Держекоінспекції України від 01.03.2022 № 73 було організовано Оперативний штаб на базі ДЕІ України. Завданнями штабу є:

фіксація, розрахунок та систематизація збитків, заподіяних навколишньому природному середовищу внаслідок виникнення надзвичайної ситуації або небезпечних подій (інцидентів), спричинених військовими діями держави-агресора [4].

При Оперативному штабі створено Робочу групу з розроблення методичних документів та порядку визначення шкоди і нарахування збитків, завданих природним ресурсам та навколишньому природному середовищу внаслідок збройної агресії РФ, в складі якої виокремлені підгрупи:

- міжнародне законодавство та практика;
- фіксація випадків, формування доказової бази;
- атмосферне повітря;
- ґрунти, земля, відходи;
- акваторія морів;
- поверхневі води;
- надра, в т.ч. підземні води;
- лісові ресурси;
- ПЗФ, біоресурси;
- радіація.

До складу Робочої групи увійшли більш ніж 60 експертів різного профілю.

Зокрема, з метою комплексного реагування на правопорушення у цій сфері, забезпечення у межах компетенції органів прокуратури конституційного права на безпечне довкілля, у структурі Офісу Генерального прокурора утворено Спеціалізовану екологічну прокуратуру – самостійний структурний підрозділ Офісу Генерального прокурора. Ця структура створена для розслідування та судового переслідування військових злочинів у сфері довкілля і використання численних міжнародних шляхів для притягнення російських агресорів до кримінальної відповідальності. Спеціалізована екологічна прокуратура залучає фахівців різних наукових установ та інституцій судових експертиз [4].

Вже існує багато нових важливих ініціатив, спрямованих на досягнення цього правосуддя, і є можливості зробити ще більше. Зокрема, у червні 2023 року керівництвом України створено Робочу групу високого рівня з питань екологічних наслідків війни. До її складу увійшли українські та міжнародні члени, яким було доручено ретельно вивчити шкоду, завдану війною довкіллю, оцінити, як можна посилити правосуддя, та рекомендувати кроки до "зеленої" реконструкції та відновлення. В результаті було напрацьовано дуже важливий документ - Екологічний договір [6].

Необхідно ретельно проводити фіксацію та обрахування екологічних збитків внаслідок російської збройної агресії. Це база для отримання репарацій за зруйноване агресором довкілля і чергова сходинка на шляху до ЄС.

На державному рівні цим займається Державна екологічна інспекція України (ДЕІ) [7]. З метою фіксації інформації щодо нанесення довкіллю збитків внаслідок військової агресії Росії, територіальні та міжрегіональні територіальні органи Держекоінспекції залучаються правоохоронними органами до участі в проведенні слідчих дій у кримінальних провадженнях та здійснення відборів проб довкілля та у подальшому відповідних інструментально-лабораторних вимірювань. За більшістю інцидентів, що сталися внаслідок збройної агресії Росії на території України, відкрито кримінальні провадження та здійснюється досудове розслідування органами прокуратури.

ДЕІ України здійснює розрахунок розміру шкоди, збитків і втрат, завданих навколишньому природному середовищу та природним ресурсам держави з питань, що належать до її компетенції, внаслідок виникнення аварій, надзвичайних ситуацій, військової агресії, військових, терористичних або інших злочинних дій, у тому числі з початку дії правового режиму воєнного стану.

Точний і надійний збір і збереження доказів має вирішальне значення для підтримки як кримінального переслідування, так і вимог про відшкодування збитків. Не існує єдиного встановленого міжнародного стандарту збору даних про стан довкілля у воєнний час, але існують загальні стандарти методології, які вказують на найкращі практики. Для забезпечення повного відшкодування екологічної шкоди, завданої війною, важливо, щоб дані збиралися і зберігалися науково і юридично обґрунтовано. Зібрані дані мають бути якісними, а методології відбору, обробки та зберігання – відповідати міжнародним стандартам.

На початку 2022 року уряд розробив методологію грошової оцінки збитків: такий підхід є корисним для інформування про величезні збитки та для загального планування ресурсів, необхідних для відновлення.

Станом на початок 2024 року уряд підрахував, що збитки, завдані війною довкіллю, становлять близько 56 мільярдів євро [6].

Наразі в Україні діє низка методик, затверджених Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України та Постановою Кабінету Міністрів України від 20 березня 2022 р. № 326 «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації», за якими здійснюється розрахунок збитків та

втратах навколишньому природному середовищу. У Порядку виділено напрями, за якими здійснюється визначення шкоди та збитків:

- негативний вплив на земельні ресурси, як середовища існування геобіонтів, розраховується відповідно до методик визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів, псування земель, порушення режиму, нормативів і правил їх використання;

- вплив на водні ресурси, як середовища існування гідробіонтів, розраховується відповідно до методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів, методики обчислення розміру збитків від забруднення нафтою, порядку обчислення розміру відшкодування та сплати збитків, заподіяних внаслідок забруднення із суден, кораблів та інших плавучих засобів територіальних і внутрішніх морських вод України; окремо затверджено такси для обчислення розміру відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок незаконного добування (збирання) або знищення цінних видів водних біоресурсів;

- щодо об'єктів рослинного світу – затверджено такси для обчислення розміру шкоди, заподіяної лісу;

- щодо територій та об'єктів природно-заповідного фонду – затверджено такси для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд;

- природні екосистеми, в тому числі й території та об'єкти природно-заповідного фонду, знаходилися під інтенсивним техногенним впливом і до повномасштабного вторгнення (а природні території Донецької та Луганської областей до 2014 року). В результаті бойових дій потерпають не лише території, де ведуться або велися активні бойові дії, а й території які зазнають регулярних ракетних обстрілів або іншого типу впливів [4].

Процедура оцінювання екологічних наслідків військового впливу на довкілля – це складний, тривалий і дорогий процес. Він містить у собі первинний опис об'єктів спостережень; первинні токсикологічні випробування або експрес-аналіз. У лабораторії первинно проводяться скринінгові дослідження на виявлення компонентного складу невідомих речовин. Для виявлення хімічних речовин застосовують хроматографію з тандемною мас-спектрометрією (ГХ-МС/МС, ВЕРХ-МС/МС), інфрачервону спектроскопію (FTIR), IRS, ядерну магнітно-резонансну спектроскопію (ЯМР), атомно-адсорбційний аналіз (ААС) тощо. Після скринінгу проводяться цільові дослідження на визначення кількісного вмісту ідентифікованих небезпечних речовин. Паралельно здійснюються еколого-токсикологічні дослідження методами біоіндикації та біосенсорного аналізу, що дає змогу визначити

інтегральне забруднення екосистеми та оцінити вплив середовища існування на живі біологічні організми [8].

Далі – експертиза даних, нормування результатів випробувань, формування протоколу та експертного висновку. Висновок передається до установ, які проводять судові експертизи. Вартість дослідження, зокрема, однієї проби ґрунту для проведення досліджень шкоди довкіллю від російської федерації становить в середньому одну тисячу доларів. Сюди входить визначення токсичних елементів, важких металів, залишків пестицидів, поліхлорованих біфенілів і поліароматичних вуглеводнів та комплекс фізико-хімічних показників якості ґрунту [8].

Оцінювання та розрахунок остаточної шкоди, яка нанесена довкіллю загалом та окремим його компонентам, в тому числі біорізноманіттю, в результаті російської агресії, завдання масштабне та можливе в повній мірі вже після завершення воєнних дій. Комплексна оцінка буде потребувати проведення моніторингових досліджень, в тому числі досліджень динаміки популяцій живих організмів.

Подолання шкоди, завданої у воєнний час, вимагає тісної координації між цими різноманітними структурами й, можливо, створення нових структур, а також формування нових навичок і спроможностей. Україна повинна продовжувати розбудовувати свою систему збору та оцінки даних, а також покращувати координацію на рівні уряду та з незалежними організаціями. Зокрема, ДЕІ треба реформувати згідно європейського зразка. Це зазначає Єврокомісія у своїх рекомендаціях Україні, і щодо цього є чітке розуміння на рівні держави. Останні роки закладається фундамент для розвитку системи екологічного контролю нового формату. Реформа Державної екологічної інспекції України – серед ТОП-5 довкілєвих пріоритетів 2024 [6].

4. Основні джерела надходження забруднюючих речовин у навколишнє середовище під час бойових дій

У ході збройного конфлікту внаслідок бойових дій на природні екосистеми чиниться значний вплив, що спричиняє їх суттєве порушення. Втручання Росії на територію України відбувалося вздовж усього спільного кордону, а також частково з території Білорусі. Бойові дії охопили всі кліматичні регіони України, що призвело до руйнування сотень гектарів різноманітних та унікальних біогеоценозів. Реальні масштаби екологічних втрат можна буде оцінити лише після завершення процесу деокупації територій. Одним із найсерйозніших довгострокових наслідків є хімічне забруднення територій у місцях масового застосування боєприпасів. Також значної шкоди навколишньому середовищу завдають техногенні катастрофи внаслідок

бомбардування та обстрілів підприємств та об'єктів критичної інфраструктури нашої країни. Причому застосування росією ракет дальнього радіусу дії створює техногенні катастрофи на всій території України, особливо в промислово розвинених регіонах, де сконцентровані підприємства енергетичної, видобувної, переробної, хімічної та інших галузей промисловості.

Україна є однією з провідних аграрних країн, де значна частка економіки базується на виробництві та експорті сільськогосподарської продукції. Україна характеризується високим рівнем розораності земельних ресурсів. Сільськогосподарські угіддя становлять 70,5% від загальної площі країни, з яких 57% – це орні землі (в окремих регіонах цей показник досягає 86%). Унаслідок бойових дій спостерігається значне механічне пошкодження сільськогосподарських угідь та довготривале хімічне й біологічне забруднення родючих ґрунтів. Тисячі випущених боєприпасів, знищена та спалена військова техніка, залишена на полях і в садках, утворюють стійке джерело забруднення ґрунтів і підземних вод на тривалі періоди. Основними забруднювачами є залізо, алюміній, мідь, а також інші важкі метали та їхні сполуки, що можуть залишатися у ґрунті протягом сотень років. Україна належить до держав із недостатнім забезпеченням водними ресурсами (поверхневими і підземними водами, придатними для використання в народному господарстві України), вона є однією з найменш водозабезпечених країн Європи. Затоплена військова техніка й боєприпаси, вимивання в ґрунтові води та потрапляння в поверхневі води шкідливих речовин, які утворюються внаслідок вибухів боєприпасів, – усе це є фактором негативного впливу на водні ресурси [4].

Перш ніж детально розглянути вплив бойових дій на окремі компоненти екосистем, такі як атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти, варто зазначити основні джерела надходження забруднюючих речовин, що мають довгостроковий вплив на навколишнє середовище. Насамперед – це боєприпаси, які масово використовуються на полі бою.

4.1. Хімічний склад та особливості застосування деяких видів боєприпасів

У сучасних бронебійних підкаліберних снарядах бронебійна частина (сердечник) найчастіше виготовляється зі збідненого урану. Основна небезпека від збідненого урану виникає у випадку його потрапляння в організм у вигляді пилових часток в тканинах організму, де від альфа-випромінювання, джерелом якого є збіднений уран, немає ніякого захисту. Також не можна забувати, що уран – це важкий метал, накопичення якого в організмі може призводити до порушення роботи нирок, печінки та інших органів. Значний вплив на навколишнє середовище має і токсичний вміст капсулів боєприпасів –

пристроїв, призначених для запалювання порохового заряду у вогнепальній зброї, або для детонації зарядів вибухових речовин (наприклад – запал гранати). Вмістом цих капсулів є ініціюючі вибухові речовини. Застосовуються вони, найчастіше, як ініціатори детонації бризантних вибухових речовин або для займання порохів та інших горючих речовин. Для ініціюючих вибухових речовин характерною є здатність детонувати від простого початкового імпульсу (удару, тертя, тиску, іскри). Найчастіше компонентами ударно-запалювальної суміші є: гримуча ртуть $\text{Hg}(\text{ONC})_2$; антимоній Sb_2S_3 (стибій сульфід); бертолетова сіль KClO_3 (калій хлорат). У запалах до гранат капсуль-детонатор з алюмінієвим корпусом складається з ударної суміші, азиду свинцю ($\text{Pb}(\text{N}_3)_2$) – 0,2 г і ТНРС (тринітро-резорцинат свинцю $\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb}$) – 0,1 г. З урахуванням молекулярної маси речовин можна обчислити, що в одному капсулі-детонаторі запала міститься орієнтовно 200 мг свинцю. Також в боєприпасах застосовується значна кількість додаткових стабілізуючих та ініціюючих речовин, серед яких олово та його сполуки, бісмут та його сполуки (оксид бісмуту, карбонат бісмуту, нітрат бісмуту та ін.), нітрат стронцію ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$), магнієвий порошок та багато інших. Завдяки розумінню складових частин і вмісту боєприпасів, можна передбачити значні викиди різноманітних забруднюючих речовин, які утворюються внаслідок їхнього застосування. Найбільш відчутне забруднення, зокрема важкими металами, прогнозується в місцях підриву складів боєприпасів [4].

4.2. Ракетне озброєння та його застосування

Серед озброєння, яке Росія активно застосовує по всій території України, є ракети різних типів, зокрема, ракети, що запускаються реактивними системами залпового вогню (РСЗВ), а також великі крилаті ракети дальньої дії (Х-22, Х-101, Х-555, «Калібр», «Іскандер» та інші). Окрім небезпеки від бойової частини, оснащеної вибухівкою, такі ракети становлять значну загрозу через застосування токсичного палива. Виготовляються ракети з твердопаливними двигунами та з двигунами, що працюють на рідкому паливі. Різниця в конструкціях ракет різних модифікацій в основному зв'язана зі збільшенням запасу палива в першій ступені, що збільшує дальність їхньої дії або швидкість польоту. Такі зенітні ракети обладнані осколково-фугасною бойовою частиною масою біля 150 кг. Ракети типу «повітря-земля», наприклад, Х-101, представляють собою крилату ракету, яка запускається з тактичних бомбардувальників та має турбореактивний двигун на рідкому ракетному паливі, що забезпечує можливість її польоту на висоті до 10 км на відстань до 5500 км. Вага такої ракети разом з повним баком палива становить приблизно 3500 кг, її довжина – 7,45 м. Ракета оснащується бойовою частиною з

вибухівкою масою до 400 кг. Ракети, що запускаються по українській території – це сотні й тисячі кілограмів хімічних речовин, які при повному згорянні і при потраплянні решток у навколишнє середовище несуть значне забруднення та є токсичними для всього живого. Саме тому до решток ракет небезпечно наближатися. Одним із факторів безпеки є залишки ракетного палива від збитих ракет, що залишаються в місці падіння. Навіть просте вдихання випаровування рідкого ракетного палива може бути смертельно небезпечним. Тверде паливо завдяки агрегатному стану є менш токсичним для оточення, проте припинити його горіння важко, і небезпечними є саме продукти горіння такого палива. Спалювання або утилізація баліститного ракетного палива, що використовуються у РСЗВ (типу «Ураган», «Град» та ін.), супроводжується утворенням ряду токсичних компонентів: CO, HCN, NO, NO₂ та ін. Свинець у продуктах горіння або вибуху твердого ракетного палива присутній у вигляді аерозолів свинцю та його оксиду PbO. Загалом спалювання або утилізація твердого ракетного палива призводить до утворення: CO до 416,2 г/кг, C до 86,4 г/кг, Pb до 6,7 г/кг, PbO до 1,8 г/кг, NO до 161,6 г/кг, NO₂ до 2,9 г/кг, CH₄ до 55,0 мг/кг, NH₃ до 0,3 г/кг, HNO₂ до 0,4 г/кг, HCN до 5,2 г/кг [9].

Токсичними є продукти термічного розкладу електронних компонентів, якими оснащені ракети. У більш технологічно складних високоточних зенітних ракетах застосовується ракетне паливо на основі амонійного перхлорату (NH₄ClO₄). У зоні факелу полум'я продукти реакції продовжують хімічну взаємодію між собою. Кінцевими продуктами термічного розпаду амонійного перхлорату є: H₂O, N₂O₂, Cl₂, HCl, NO₂, N₂O₃. Додатково, у реакційній суміші присутні продукти горіння синтетичних полімерів, оксиди металів та токсичні сполуки, що утворюються внаслідок термічної деструкції електронних компонентів ракети [4].

4.3. Боєприпаси з білим фосфором

Під час воєнних дій російськими військовими дуже часто застосовуються боєприпаси з білим фосфором, який використовується у мінометних та артилерійських снарядах, авіабомбах та гранатах. Інтенсивне виділення диму під час горіння фосфору слугує ефективним маскуванням, тому білий фосфор активно використовується в димових гранатах. Активне горіння білого фосфору в повітрі використовується для випалювання визначених цілей та живої сили. Під час горіння білого фосфору в повітрі утворюються білий дим, який складається переважно з фосфор три- та пентаоксиду (P₄O₆ і P₄O₁₀). Утворені оксиди фосфору є надзвичайно гігроскопічними і швидко поглинають навіть незначні сліди вологи, утворюючи ряд фосфоровмісних кислот: ортофосфорну (H₃PO₄), пірофосфорну (H₄P₂O₇), ортофосфористу (H₃PO₃), гіпофосфорна

(H_3PO_2), поліфосфорні кислоти загальної формули $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ (де $n=2-8$) та ряд інших лінійних і циклічних поліфосфатів P_6-P_{16} . В умовах недостатньої кількості кисню під час горіння білого фосфору може утворюватися фосфін (PH_3). Фосфін може утворюватися і під час потрапляння білого фосфору у воду з низьким вмістом кисню. Утворений у воді фосфін швидко надходить з води в повітря. Розпад фосфіну у повітрі до безпечних речовин відбувається впродовж одного дня. Елементарний фосфор у повітрі може бути присутній досить короткий час (від хвилин до декількох днів) через швидке окиснення до оксидів та кислот. Але при активному горінні аерозольні частки фосфору можуть обліплюватися оксидами, «консервуючи у собі» елементарний білий фосфор. Подібним чином поводить себе фосфор, який потрапив у ґрунт чи у водне середовище. Покритий оксидами білий фосфор, за низького вмісту кисню у воді чи ґрунті, може знаходитися там до декількох років. Під час застосування боєприпасів з білим фосфором залишається приблизно 10% фосфору, що не згорає повністю та осідає у ґрунті чи у воді. Значна кількість аерозолів від горіння фосфору долає буферність ґрунту (властивість ґрунту підтримувати постійну реакцію ґрунтового розчину) і сильно порушує його рівень рН. Взаємодія металів з фосфорними конденсатами може призвести до їх вимивання та подальшої міграції. Вплив білого фосфору на рослини призводить до різноманітних шкідливих ефектів, які залежать від виду рослин, концентрації диму, тривалості впливу, відносної вологості та швидкості вітру. Ці наслідки можуть включати: опіки кінчиків листя, згортання листя, опадання листя, опадання квіток, хлороз, некротичні плями, в'янення, висихання та повне відмирання [4].

4.4. Непрямі наслідки застосування боєприпасів

Крім забруднення «коктейлем» хімічних сполук, що містяться у боєприпасах, величезну шкоду несуть і наслідки їх застосування: руйнація та вигорання будівель, підприємств, об'єктів критичної інфраструктури. Аналіз техногенних катастроф, які виникають на території України внаслідок обстрілів чи не щодня з початку російського вторгнення, показує, що переважними цілями для російської федерації є нафтобази, електростанції, інфраструктура зв'язку та великі промислові підприємства, які забезпечують економіку та обороноздатність нашої країни. Пожежі та вибухи у таких локаціях – це кожного разу окрема екологічна катастрофа. Наприклад, вигорання електрообладнання на підприємствах призводить до важких забруднень навколишнього середовища поліхлорованими біфенілами (ПХБ) та діоксинами. Діоксини утворюються при термічному впливі на поліхлоровані біфеніли (при температурах нижче $1000\text{ }^\circ\text{C}$). Поліхлоровані дибензофурані (ПХДФ) під

загальною назвою «діоксини» та поліхлоровані біфеніли (ПХБ) – це група токсичних та стійких хімічних речовин, вплив яких на здоров'я людини включає шкірну імунотоксичність, вплив на репродуктивну систему, тератогенність, згубний вплив на нервову систему та канцерогенність. Період напіврозпаду діоксину у ґрунті – 8-10 років, поліхлорованих біфенілів – 5 років, а період часткового виведення з організму людини цих речовин становить 3-8 років.

До того ж, значний внесок у забруднення екосистем вносять масові викиди хімічних речовин з пошкоджених хімічних підприємств та резервуарів зберігання. Амоніак, зокрема, як газ спричиняє значну шкоду довкіллю. Окиснення амоніаку, наприклад, сприяє утворенню парникових газів і вимиванню поживних речовин в екосистемах. Крім того, високі концентрації амоніаку у водному середовищі можуть викликати загибель і проблеми з розвитком риб. Надмірний контакт людини з амоніаком може викликати проблеми зі здоров'ям. Амоніак починає взаємодіяти з вологою на поверхні шкіри, очей, рота, слизових поверхонь та утворює їдку речовину, яка веде до некрозу тканин. Такі симптоми, як подразнення або опіки шкіри, очей та горла, проблеми з легенями, що можуть викликати дихальну недостатність, є серйозними ризиками для людей, що опинилися у зоні викиду амоніаку [4].

Кожен запущений боєприпас становить сукупність загроз для екологічної безпеки та може спричинити серйозну екологічну катастрофу у разі ураження великих промислових об'єктів.

5. Вплив бойових дій на окремі компоненти довкілля України

5.1. Вплив бойових дій на стан атмосферного повітря

ДЕІ зафіксувала на вересень 2024 року 5842 фактів знищення довкілля внаслідок бойових дій [10].

Воєнні дії на території України, в результаті яких відбуваються пожежі у промислових, інфраструктурних об'єктах, житловому секторі та природних екосистемах, викиди летких сполук в результаті пошкоджень промислових об'єктів спричиняють великі об'єми викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Згідно інформації Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, за попередніми оцінками, через підвищене споживання паливно-мастильних матеріалів військовою технікою, у атмосферу лише за перші 150 днів повномасштабного вторгнення у повітря потрапило майже 4 млн. т діоксиду вуглецю CO₂. Станом на 12 вересня 2024 року за офіційними даними, які публікуються на ресурсі Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, зафіксовані викиди забруднюючих речовин в атмосферне

повітря в результаті:

- горіння нафтопродуктів, нафти та газу – 56 693 685 тонн;
- пожеж у лісах – 55 726 554 тонн;
- загоряння і знищення інших об'єктів – 211 616 тонн [10].

Серед промислових об'єктів, які піддаються обстрілам, слід відзначити такі: теплові електростанції, виробничі та складські приміщення підприємств різних галузей та різних масштабів виробництва та ін. Деякі факти обстрілів стосуються пошкодження резервуарів, де зберігалися небезпечні леткі речовини. Регулярно в результаті ворожих обстрілів виникають, що призводить до викидів у атмосферне повітря великої кількості продуктів згоряння. Небезпека пожеж у виробничих та складських приміщеннях полягає у тому, що у складських приміщеннях часто зберігаються вироби та матеріали різного походження, за такої умови може утворюватися хімічний «коктейль», сумарний вплив якого на довкілля важко встановити. В результаті обстрілів об'єктів енергетичної інфраструктури, окрім викидів в атмосферне повітря, пов'язаних із безпосередньо пошкодженнями таких підприємств, відбуваються аварійні та планові відключення електропостачання для бізнесу та громадян. Наразі, для забезпечення виробничих процесів, роботи магазинів, пошти тощо, широко використовують генератори різних потужностей, які працюють на основі бензину, дизельного палива. Для опалення осель в приватному секторі збільшилися обсяги використання деревини та пелет у твердопаливних котлах, що є джерелами продуктів згоряння в атмосферному повітрі. Спричинені обстрілами пожежі в природних екосистемах можуть завдавати значних наслідків в зв'язку з тим, що їх тривалий час неможливо ліквідувати і, нерідко, їх гасіння супроводжується додатковою небезпекою для пожежників через бойові дії. Хоча наразі складно оцінити реальні обсяги викидів в атмосферне повітря та їх структуру в результаті воєнних дій, але з впевненістю можна говорити про негативний прямий та опосередкований вплив на стан атмосфери, спричинений російською агресією [4].

5.2. Вплив бойових дій на стан водних ресурсів України

Враховуючи різні природно-кліматичні умови регіонів України, проблема їх водозабезпечення вирішується за рахунок територіального та сезонного перерозподілу водних ресурсів. В забезпеченні маловодних регіонів водними ресурсами значну роль відіграють великі державні магістральні канали комплексного призначення, якими щороку подається близько 3 млрд м³ води. З метою забезпечення населення та галузей економіки необхідною кількістю води в Україні збудовано 1103 водосховища із загальним об'ємом понад 55 млрд. м³ та близько 49 тис. ставків, 7 великих каналів загальною довжиною

1021 км та 10 водоводів великого діаметру, якими вода надходить у маловодні регіони України.

Ведення активних бойових дій на значній території України є невідворотним фактором значного ураження її водних ресурсів, особливо в південних регіонах, де природно низьке водозабезпечення та східних регіонах, де вже існувало значне навантаження промисловості на водні ресурси.

Серед основних наслідків бойових дій, які спричиняють екологічну катастрофу для водних ресурсів України, можна виділити три ключових:

- порушення роботи очисних споруд, що очищають міські стічні води;
- порушення водозабезпечення населення та підприємств у великих містах;
- безпосереднє механічне та хімічне забруднення водойм та ґрунтових вод внаслідок бойових дій.

Згідно даних Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України на квітень 2024 року знищено та пошкоджено 744 об'єкти водогосподарської інфраструктури [10].

5.3. Вплив бойових дій на природні екосистеми України

Природні екосистеми України зазнали прямого та опосередкованого впливу внаслідок бойових дій. Враховуючи специфіку впливу, зазнали пошкоджень в різних ситуаціях як екосистеми, так і їх окремі компоненти (ґрунт, акваторія, деревостан тощо). Екосистеми складаються з двох взаємопов'язаних підсистем – сукупності організмів (біоценоз) і абіогенного середовища (біотоп). Повне знищення екосистеми – це знищення всіх її компонентів: загибель рослин, тварин, мікроорганізмів, підрив родючого шару ґрунту, інколи – трансформація мікрорельєфу. Знищення окремих компонентів екосистеми – це також серйозний вплив, який скоріш за все призведе до деградації або повної трансформації екосистеми. Пряме потрапляння снарядів на територію природних екосистем призводить до фізичного знищення екосистем або окремих їх компонентів, внаслідок чого гине рослинний покрив, тваринний світ в зоні ураження. Також змінюється мікрорельєф місцевості, вносяться забруднювальні речовини, відбувається температурний вплив внаслідок пожеж тощо. Саме в природних екосистемах зосереджена більша частина біорізноманіття, в тому числі види, що мають охоронний статус. Також зазнають впливу рослини та тварини (безхребетні і хребетні), що мешкають в урбоекосистемах, в тому числі мешканці парків, скверів, зелених зон, що не мають природоохоронного статусу, територій природно-заповідного фонду в межах населених пунктів [4].

Природні екосистеми та біорізноманіття в результаті військової агресії

знають наступних впливів за типом походження:

- механічний (уламки, тверді частки);
- хімічний;
- фізичний (шуми, вібрації тощо).

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України на квітень 2024 року 850 тис. га лісів окуповані або знаходяться в зоні бойових дій, 2,5 млн. га лісів звільнені з-під окупації і потребують відновлення. Згідно даних на офіційному ресурсі Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України “Екозагроза”, з лютого 2022 року по квітень 2024 року зареєстровані факти, що мали вплив на стан природних екосистем у природно-заповідному фонді: знищення рослинного покриву на площі 21 051 га і 773 га згорілих лісів та інших насаджень в результаті потрапляння снарядів та виникнення пожеж у лісових масивах лісгоспів, степових та очеретяних біогеоценозах, 10000 га забруднених ґрунтів. 21 % або 0,9 млн. га – загальна площа заповідних територій, які наразі потерпають від війни [10].

Механічного та хімічного забруднення зазнають земельні ресурси, які є середовищем існування ґрунтових організмів. В результаті кожного обстрілу, окрім впливу самого снаряду, відбувається засмічення земельних ресурсів уламками будівель та обладнання, компонентами або частинами продукції та її пакування, розливу рідких компонентів, в тому числі токсичних. Аналогічних впливів зазнають і водні об’єкти, в результаті чого відбувається загибель гідробіонтів. Додатково довкілля потерпає від впливу фізичних факторів – шуму, вібрації, інфразвуку, ультразвуку, електромагнітного випромінювання тощо.

Врахування екологічних наслідків війни в Україні має стати застереженням на майбутнє і сприяти формуванню нової системи глобальної безпеки щодо всього живого [4].

Література

1. Ленард де Клерк, Микола Шлапак, Ольга Гасан-Заде, Адріан Кортуїс та інші. Вплив російської війни в Україні на клімат. Звіт Ініціативи з обліку викидів парникових газів внаслідок війни IGGAW (24 лютого 2022-23 лютого 2024), ліцензія Creative Commons Share Alike Attribution License (CC BY-SA 4.0), 13 червня 2024. - 125 с. <https://ecoaction.org.ua/vplyv-ros-vijny-na-klimat2024.html>

2. <https://www.euronews.com/green/2024/06/13/the-cost-of-conflict-carbon-russia-could-face-30bn-climate-reparations-bill-for-war-in-ukr>

3. https://m.facebook.com/story.php/?story_fbid=443864118209414&id=100077574878805

4. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куц М., Чернохова М., Гавранек М. Наслідки для довкілля війни росії проти України. Електронне науково-популярне видання, 2023. - 125 с. ISBN: 978-80-88508-07-6
5. <https://ecozagroza.gov.ua/>
6. https://www.president.gov.ua/storage/j-files-storage/01/24/65/148029c127aa3b2a3fe9f482f9226118_1707492894.pdf
7. <https://www.dei.gov.ua/post/2887>
8. <https://svit.kpi.ua/%d0%bf%d1%80%d0%be-%d0%bd%d0%b0%d1%81/>
9. Посібник для України «Вибухові боєприпаси», GICHD, 2022. Веб-перевидання - Національний екологічний центр України, <https://protw.github.io/demining/>
10. <https://ecozagroza.gov.ua/>

Лекція 7. Співпраця з інституціями громадянського суспільства в системі державного європейського моніторингу.

План.

1. Громадянське суспільство.
2. Залучення громадських організацій до екологічного управління.
3. Зміцнення екологічного врядування шляхом розбудови спроможності неурядових організацій.
4. Роль організацій громадянського суспільства у сприянні моніторингу на рівні громади.
5. Моніторинг та управління якістю повітря – участь громадськості у прийнятті рішень.
6. Основні проблеми практичного застосування прав громадян.

1. Громадянське суспільство

Будь-яка держава безпосередньо впливає на навколишнє середовище через свою діяльність. Тому ця діяльність має здійснюватися з залученням як уряду так і бізнесу, і саме головне представників громадянського суспільства. Тільки громадянське суспільство повністю зацікавлене в тому, щоб всі громадяни держави жили якнайкраще. Громадянське суспільство - це в першу чергу громадські організації.

Громадські організації мають мати визначальні повноваження якщо потрібно прийняти будь-які рішення, які можуть змінити навколишнє середовище. Отже навіть сама менша місцева громадська організація має мати можливість забезпечити прозору звітність і можливість управління природними ресурсами, впливати на справедливий розподіл витрат і преференцій. Це можливо тільки тоді, коли в основі практик управління природними ресурсами будуть демократичні принципи, які полягають в першу чергу в прозорості моніторингу навколишнього середовища.

Що таке громадянське суспільство? У найширшому розумінні громадянське суспільство характеризується як сфера суспільного життя, яка є публічною, але виключає діяльність уряду [1]. Майкл Бреттон описує громадянське суспільство як соціальну взаємодію між домогосподарством і державою, що характеризується співпрацею громади, добровільних асоціацій і мережами громадського спілкування [2]. Термін «громадянське суспільство» зазвичай використовується для класифікації осіб, установ та організацій, які мають на меті просування або вираження спільної мети через ідеї, дії та вимоги до урядів [3]. Членство в громадянському суспільстві є досить різноманітним: від окремих осіб до релігійних та наукових установ і груп, які зосереджені на певних проблемах. Структура може відрізнятися залежно від країни, наприклад,

громадянське суспільство може включати в себе місцеві і міжнародні неурядові організації, різні благодійні та релігійні організації, асоціації, інші соціальні групи. У сфері моніторингу за навколишнім середовищем неурядові організації є найвидатнішими дійовими особами. [4]

Конференція ООН з навколишнього середовища та розвитку задекларувала необхідність консультацій з неурядовими організаціями, вжити заходи для покращення існуючих або, там, де їх немає, встановити механізми та процедури в межах кожного агентства, щоб спиратися на досвід і погляди неурядових організацій в розробці політики та програм, реалізації та оцінці навколишнього середовища. (ООН, 1994: Розділ 27) [4]

Найбільш відомі світові неурядові організації у сфері екології: [5]

- Грінпіс. Міжнародна неурядова організація з метою «забезпечити здатність Землі плекати життя в усьому його розмаїтті».

- Центр екологічних досліджень та охорони навколишнього середовища Інституту Землі. Аналітичний центр зі сталого розвитку в Колумбійському університеті.

- Інститут острова Земля. Заснована Девідом Р. Брауером, діє як екологічна парасолькова організація, надаючи людям і групам можливість розвивати ініціативи.

- Земна справедливість. Екологічна організація зі штаб-квартирою в Сан-Франциско, яка займається судовими процесами з екологічних питань.

- Фонд захисту довкілля. Працює над глобальним потеплінням, відновленням екосистем, океанами та здоров'ям людини.

- Міжнародна фауна і флора. Працює над збереженням видів та екосистем, що перебувають під загрозою зникнення, з урахуванням потреб людини.

- Nature Friends International. Глобальна екологічна парасолькова організація.

Одна з найважливіших ролей, яку можуть відігравати НУО в глобальному середовищі, це надавати актуальну інформацію щодо критичних питань. Уряди часто звертаються до НУО, щоб заповнити прогалини в дослідженнях на шляху прийняття ефективних рішень. Деякі НУО, наприклад, сформулювали свої групи навколо ролі постачальника інформації. Ці групи мають на меті проводити точні, актуальні дослідження. Оскільки державним органам та міжурядовим органам часто не вистачає аналітичної спроможності або вона ускладнюється через бюрократичні обмеження та інші зобов'язання, НУО можуть зосередитися на динамічному дослідницькому плані та швидко вирішувати нові питання. [4]

Глобальна системна оцінка екосистем за допомогою НУО інтегрована з локальною екологічною звітністю. НУО та інші недержавні організації, такі як академічні та дослідницькі установи є основними дописувачами, які надають актуальні звіти та аналіз даних. [4]

Громадянське суспільство – назва спільноти неурядових організацій яка має особливу силу вивести на глобальний рівень екологічне врядування. Креативність, гнучкість, підприємливість, здатність до бачення та довгострокового мислення, підвищена здатність адаптуватися до місцевих умов часто дозволяють відігравати головну роль НУО в екологічному моніторингу. Для процесів оцінки екосистем, НУО можуть багато чого запропонувати по збору, розповсюдженні та аналізі інформації. Існують і інші приклади, коли НУО обслуговують ключову інформацію. [4]

Хоча чиновники можуть читати статті з оглядами і документи досліджень НУО, цього часто мало для ефективного врахування поглядів громадських організацій. Додатковими механізмами комунікацій є офіційні консультативні групи та інші неформальні механізми для обміну інформацією. [4]

Важливим є підтримка установ, що генерують знання. Університети є ключовими генераторами знань, але вони є серед найбільш недофінансованих установ у країнах, що розвиваються. Фінансування та передача комунікаційних технологій будуть мати вирішальне значення для їх здатності виконувати ці функції. [4]

2. Залучення громадських організацій до екологічного управління

Для підтримки громадських організацій, які приймають участь в екологічному управлінні і зокрема у моніторингу навколишнього середовища ЄС надає гранти.

Наприклад програма ЄС LIFE є основним механізмом фінансування у сфері екології та клімату в ЄС. Бюджет програми різко зріс з 3,4 млрд євро в 2014–2020 рр. до 5,4 млрд євро в 2021–2027 роках, що відображає «Зелений поворот» і загальні зусилля ЄС для захисту навколишнього середовища та клімату. Програма LIFE фінансує проекти для підтримки співпраці між різними рівнями соціальної організації, секторами та сферами знань з метою отримання відтворених результатів і, забезпечуючи 55–60% бюджету проекту, дозволяє залучати інвестиції в галузі. Європейська Комісія розробляє програму, розпоряджається коштами, затверджує або відхиляє проектні пропозиції згідно з програмними рекомендаціями та проводить аудити їх результатів. Держави-члени схвалюють проекти, надають співфінансування та беруть участь у проектах. Держави-члени також ініціюють проекти. Громадянське суспільство та комерційні організації зазвичай пропонують та керують проектами і

залучають землевласників до проєктів. Бюджет проєктів становить від 0,5 до 15 млн євро і триває від двох до семи років. Так з 2005 року фінансування ЄС склало приблизно 10% (і до 20% у 2010–2013 роках) державного бюджету Естонії. Тоді як програма LIFE аж ніяк не є найбільшим інструментом фінансування, він зосереджений на сфері екологічного менеджменту. ЄС створює в потенційних країнах учасників національні контактні пункти. Їх основною метою є інформування громадянського суспільства та комерційних організацій і надихання їх на подачу заявки на фінансування. Ці організації взаємодіють з проєктами через офіцера зв'язку. Це довгострокова і ефективна підтримка громадських організацій, наприклад з 1992 року в Естонії було реалізовано 39 проєктів LIFE. [6]

3. Зміцнення екологічного врядування шляхом розбудови спроможності неурядових організацій

Ще одним проєктом, спрямованим на підтримку НУО в сфері моніторингу навколишнього середовища є проєкт ЄС-НУО «Зміцнення екологічного врядування шляхом розбудови спроможності неурядових організацій» — це глобальний проєкт, що фінансується Європейським Союзом (ЄС), реалізується Департаментом розвитку ООН. Програма виконується та співфінансується Програмою малих грантів Глобального екологічного фонду (ГЕФ) (SGP). Проєкт спрямований на сприяння сталому розвитку та покращенню управління навколишнім середовищем країн Європейського регіону завдяки більш ефективній участі громадянського суспільства у екологічному врядуванні.[7]

Глобальний екологічний фонд забезпечує співфінансування проєкту 1:1. Проєкти ЄС-НУО перевіряються національними координаторами у кожній країні. Ними є комітети, що складаються переважно з представників організацій громадянського суспільства, а також представників уряду, наукових кіл, програми розвитку ООН (ПРООН) та інших донорів та зацікавлених сторін і здійснюють відбір та затвердження грантів децентралізованим способом. Потім гранти надаються безпосередньо громадським організаціям та місцевим НУО, які беруть на себе провідну роль у плануванні та реалізації місцевих проєктів. У кожній країні є Національний координатор і часто Програма підтримує місцевих грантоотримувачів у плануванні та виконанні проєктної діяльності, оцінюючи прогрес цілі та досягнуті показники, у спілкуванні та обміні досвідом з іншими грантоотримувачами та зацікавленими сторонами, оцінює відповідність формальним вимогам процес надання гранту та угоди про партнерство. [7]

Громадянське суспільство стало важливим учасником процесів прийняття екологічних рішень і цінним партнером впровадження та моніторингу

екологічної політики на місцевому, національному та глобальному рівнях. Коли їх потужності належним чином розвинені, організації громадянського суспільства (ОГС) і неурядові організації (НУО) можуть забезпечити технічну допомогу громадам та підтримку навколишнього середовища і програм розвитку на місцевому рівні, надання політичних рекомендацій місцевим і національним органам влади та сприяння комунікації між урядом і місцевими організаціями. [7]

Проект ЄС-НУО зосереджений насамперед на посиленні зовнішнього та внутрішнього потенціалу НУО та розвитку професійних навичок екологічного врядування. Він надає невеликі гранти для кількох проєктів під керівництвом НУО на кожного учасника країни, підходячи до покращеного екологічного врядування з різних точок зору. Проєкт ЄС-НУО покращує роботу НУО і надає їм спроможність брати кваліфіковану участь у формуванні екологічної політики та управлінні природними ресурсами. НУО співпрацюють у прийнятті рішень з ключових питань, представляють інтереси громадян і громад в дискусіях про навколишнє середовище та сталий розвиток. Розвиваючи координацію та обмін між неурядовими організаціями та іншими партнерами, проєкт має на меті мати ширший вплив на здатність громадянського суспільства комунікувати з урядами щодо завдань і заходів екологічного врядування. [7]

ПРООН має понад два десятиліття досвіду роботи з місцевим громадянським суспільством над програмами екологічного менеджменту. Таким чином, він має хороші можливості для підтримки ОГС та НУО у здійсненні скоординованих дій для поглиблення їхньої діяльності і участі в управлінні навколишнім середовищем, створюючи як місцеві, так і глобальні вигоди для сталого розвитку. У 2012 році Проєкт НУО ПРООН-ЄС надав підтримку 13 країнам на сході та півдні Європейського Союзу – а це понад 60 проєктів, що сприяють ефективній участі громадянського суспільства в екологічному врядуванні. Програма розпочала свій перший етап у восьми країнах: Вірменія, Білорусь, Єгипет, Йорданія, Ліван, окупована Палестинська територія, Туніс і Україна. Під час другої фази проєкту в 2014 році до проєкту приєдналися п'ять додаткових країн: Алжир, Азербайджан, Грузія, Молдова та Марокко. [7]

Методологія ЄС-НУО

Усі проєкти ЄС-НУО повинні вибрати принаймні один важливий екологічний проєкт-пріоритет на національному рівні та сприяти розвитку одного або кількох із наступних результатів спроможності: [7]

1. Здатності до залучення.

Підвищення спроможності зацікавлених сторін брати участь у національному або субнаціональному аналізі політики та процесах діалогу,

пов'язаному з екологічним врядуванням і менеджментом. Зокрема, сприяння формуванню мереж громадянського суспільства, багатосторонніх круглих столів, які дають змогу громадянському суспільству надавати інформацію урядовцям. [7]

2. Можливості генерувати, отримувати доступ і використовувати інформацію та знання.

Поліпшення та зміцнення ролі НУО в підвищенні обізнаності про екологічні проблеми, політиці, а також поширення екологічної інформації та знань серед громадянського суспільства та уряду, щоб вирішувати екологічні проблеми та знаходити адекватні рішення. [7]

3. Спроможність до розробки стратегії, політики та законодавства.

Посилення спроможності організацій брати участь у розробці політики та законодавчої бази для екологічного врядування та менеджменту. Це включає інтеграцію екологічних проблем у галузеві політики на національному рівні та сприяння конструктивному діалогу між урядом та суб'єктами громадянського суспільства, формування екологічної політики за їх участю. [7]

4. Можливості для управління та реалізації.

Покращення організаційної спроможності, включаючи навички розробки проєктів, мобілізації ресурсів, бізнес-планування та адміністративну спроможність брати участь у реалізації та управлінні екологічними проєктами та програмами, а також у політичному діалозі та реформах. [7]

4. Роль організацій громадянського суспільства у сприянні моніторингу на рівні громади

Однією з самих важливих функцій громадської організації є надання населенню екологічної інформації. Цьому значно сприяють електронні інформаційні технології через Інтернет. Регулярне подання даних екологічного моніторингу буде сприяти ефективній комунікації з громадськістю і буде важливим елементом розробки та реалізації екологічної політики.

Інформація, яка надається громадськості має бути у доступній та зручній формі. Тому громадські організації повинні здійснювати інтерпретацію, аналіз інформації та її структурування. Разом з тим вони не повинні забувати про право власності на інформацію. Потрібно широко використовувати практику європейського супутникового дистанційного моніторингу. Не менш важливим є подання інформації про результати локального екологічного моніторингу, що частіше буде більш цікавим для громадськості, оскільки несе безпосередню практичну функцію.

Громадські організації повинні розробляти і потім впроваджувати плани екологічних дій. Часто для цього потрібна консультаційна або фінансова допомога від органів управління.

Від галузей промисловості слід вимагати звітувати про використання токсичних речовин і будь-який можливий вплив токсичних хімікатів на робочому місці, включаючи транспортування хімікатів через громади та розміщення хімікатів у споживчих товарах. Про токсичні виділення, що становлять ризик для здоров'я, слід повідомляти громадськості, щоб такі речовини, як діоксини, ртуть та інші важкі метали, надзвичайно небезпечні для дітей і, як відомо або підозрюється, спричиняють рак, неврологічні пошкодження, вроджені дефекти та є високостійкими при дуже низькі рівні, можна краще контролювати. Виробники та імпортери дитячих товарів повинні розкривати наявність речовин, що викликають рак, репродуктивні та неврологічні ушкодження.

Громадські організації можуть вимагати звіти від підприємств про використання токсичних речовин, особливо якщо вони транспортуються через громади. Звісно це досить важко реалізувати. Якщо отримана інформація буде неточна, то це може позбавити можливості вжити певних запобіжних заходів і як результат може призвести до серйозних негативних наслідків - у деяких випадках буквально коштувати життя. Отже на тих, хто має таку інформацію, має бути покладено обов'язок негайно надавати її у вільний доступ.

Однією з засад розвитку громадської організації є навчання її членів. Це може бути як у вигляді самоосвіти так і з використанням державних навчальних установ. Це допоможе їм бути значно ефективнішими у своїй діяльності. Разом з тим вони зможуть передати ці знання громадянам місцевості, де функціонує ця організація. Це підвищить їх екологічну грамотність і полегшить діяльність громадської організації у всіх сферах: від екологічного моніторингу до тісної співпраці з урядовими управліннями.

5. Моніторинг та управління якістю повітря – участь громадськості у прийнятті рішень

Правова база для участі громадськості у питаннях захисту довкілля

Згідно статті 13 Конституції України, земля, її надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси, які знаходяться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є об'єктами права власності Українського народу. Від імені Українського народу права власника здійснюють органи державної влади та органи місцевого самоврядування в межах, визначених цією Конституцією.[8]

Згідно статті 50 Конституції України, кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди. Кожному гарантується право вільного доступу до інформації про стан довкілля, про якість харчових продуктів і предметів побуту, а також право на її поширення. Така інформація ніким не може бути засекречена.[9]

Згідно статті 6 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» центральні та місцеві органи виконавчої влади, а також органи місцевого самоврядування під час розробки екологічних програм залучають громадськість до їх підготовки шляхом оприлюднення проєктів екологічних програм для їх вивчення громадянами, підготовки громадськістю зауважень та пропозицій щодо запропонованих проєктів, проведення публічних слухань стосовно екологічних програм.[10]

Широкий перелік екологічних прав громадян України визначає стаття 9 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», і важливими для нас є право на: [10]

- 1) безпечне для життя та здоров'я навколишнє природне середовище;
- 2) участь в обговоренні та внесення пропозицій до проєктів нормативно-правових актів, матеріалів щодо розміщення, будівництва і реконструкції об'єктів, які можуть негативно впливати на стан навколишнього природного середовища, внесення пропозицій до органів державної влади та органів місцевого самоврядування, юридичних осіб, що беруть участь в прийнятті рішень з цих питань;
- 3) участь в розробці та здійсненні заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, раціонального і комплексного використання природних ресурсів;
- 4) вільний доступ до інформації про стан навколишнього природного середовища (екологічна інформація) та вільне отримання, використання, поширення та зберігання такої інформації, за винятком обмежень, встановлених законом;
- 5) оскарження у судовому порядку рішень, дій або бездіяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування, їх посадових осіб щодо порушення екологічних прав громадян у порядку, передбаченому законом.

У статті 10 того ж Закону визначені гарантії екологічних прав громадян. Також визначено, що діяльність, що перешкоджає здійсненню права громадян на безпечне навколишнє природне середовище та інших їх екологічних прав, підлягає припиненню в порядку, встановленому цим Законом та іншим законодавством України. [10]

У статті 11 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» визначено, що Україна гарантує своїм громадянам реалізацію

екологічних прав, наданих їм законодавством. Місцеві ради, органи державної влади в галузі охорони навколишнього природного середовища і використання природних ресурсів зобов'язані надавати всебічну допомогу громадянам у здійсненні природоохоронної діяльності, враховувати їх пропозиції щодо поліпшення стану навколишнього природного середовища та раціонального використання природних ресурсів, залучати громадян до участі у вирішенні питань охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів. Порушені права громадян у галузі охорони навколишнього природного середовища мають бути поновлені, а їх захист здійснюється в судовому порядку відповідно до законодавства України. [10]

Згідно статті 36 Конституції України громадяни України мають право на свободу об'єднання в громадські організації для здійснення захисту своїх прав і свобод та задоволення політичних, економічних, соціальних, культурних та інших інтересів, за винятком обмежень, встановлених законом в інтересах національної безпеки та громадського порядку, охорони здоров'я населення або захисту прав і свобод інших людей. Ніхто не може бути примушений до вступу в будь-яке об'єднання громадян чи обмежений у правах за належність чи неналежність до політичних партій або громадських організацій. [9]

Важливо знати, як має реалізовуватись право громадян на взаємодію з органами влади. Основні вимоги до організації і проведення органами виконавчої влади консультацій з громадськістю з питань формування та реалізації державної політики визначені у Порядку проведення консультацій з громадськістю з питань формування та реалізації державної політики, який затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 3 листопада 2010 р. № 996 79. Консультації з громадськістю проводяться з метою залучення громадян до участі в управлінні державними справами, надання можливості для їх вільного доступу до інформації про діяльність органів виконавчої влади, а також забезпечення гласності, відкритості та прозорості діяльності зазначених органів. Результати проведення консультацій з громадськістю враховуються органом виконавчої влади під час прийняття остаточного рішення або в подальшій його роботі. Консультації з громадськістю організовує і проводить орган виконавчої влади, який є головним розробником проекту нормативно-правового акта або готує пропозиції щодо реалізації державної політики у відповідній сфері державного і суспільного життя. [11]

Громадські об'єднання, релігійні, благодійні організації, творчі спілки, професійні спілки та їх об'єднання, асоціації, організації роботодавців та їх об'єднання, органи самоорганізації населення, недержавні засоби масової інформації, інші непідприємницькі товариства та установи, легалізовані відповідно до законодавства (далі – інститути громадянського суспільства),

можуть ініціювати проведення консультацій з громадськістю з питань, не включених до орієнтовного плану, шляхом подання відповідних пропозицій громадській раді або безпосередньо органу виконавчої влади. У разі, коли пропозиція щодо проведення консультацій з громадськістю з одного питання надійшла не менше ніж від трьох інститутів громадянського суспільства, такі консультації проводяться обов'язково. Ініціювати проведення консультацій з громадськістю, не включених до орієнтовного плану, можуть також громадські ради. [11]

Узагальнення досвіду участі громадськості у роботі екологічних комісій та рад при органах виконавчої влади на національному та регіональному рівнях

В Україні почали включати представників громадських організацій до складу комісій, які працюють у сфері екології. Наприклад відповідно до Постанови КМУ від 14 серпня 2019 р. № 827 [12] до складу комісії з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря входять представники громадських об'єднань, що провадять свою діяльність у межах зони або агломерації (за згодою). Відповідно до Наказу Міндовкілля № 261 від 20.04.2021 р. [13] утворено Міжвідомчу комісію з питань моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря, до складу комісії входить 26 осіб, серед них завідувач сектором лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів і методів моніторингу довкілля Науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», завідувач лабораторії моніторингу атмосферного повітря Українського гідрометеорологічного інституту, голова Комітету підприємців з питань природокористування та охорони довкілля при Торгово-промисловій палаті України, голова виконавчого органу Громадського формування з охорони громадського порядку «Екологічний патруль». На жаль, представлено мало громадських організацій.

Ключові гравці неурядових інституцій громадянського суспільства України

Закон України «Про громадські об'єднання» [14] фіксує таке визначення «громадського об'єднання» – як недержавної інституції громадянського суспільства:

Громадське об'єднання – це добровільне об'єднання фізичних осіб та/або юридичних осіб приватного права для здійснення та захисту прав і свобод, задоволення суспільних, зокрема економічних, соціальних, культурних, екологічних та інших інтересів.

Громадське об'єднання може здійснювати діяльність зі статусом юридичної особи або без такого статусу. Громадське об'єднання зі статусом

юридичної особи є непідприємницьким товариством, основною метою якого не є одержання прибутку. Кожне громадське об'єднання розробляє свій статут, де зазначено головну мету організації та основні напрямки діяльності.

Тому варто відзначити, що ті неурядові громадські організації, які за нашою думкою є ключовими гравцями, значну частку своєї роботи витрачають на вирішення проблем охорони та управління якістю повітря. Кожна з організацій має своє бачення вирішення проблем охорони атмосферного повітря та займає свою нішу у даному процесі. [15]

Громадська організація «Зелений світ – Друзі Землі» має великий досвід у сфері моніторингу та управління якістю атмосферного повітря в Україні. Свій початок громадська організація бере з неформального об'єднання “SOS”, яке було створено на початку 70-х у Дніпрі. Офіційно організація була зареєстрована у 1997 році та першочергово фокусувала увагу у сфері сталого розвитку. Члени організації приділяли особливу увагу роботі з органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування з питань екологічної політики, поширення відновлюваних джерел енергії та екологічно чистих технологій, впровадження національного та міжнародного екологічного законодавства. Так, члени «Зеленого світу» стали ініціаторами створення громадської екологічної ради при Дніпровській обласній державній адміністрації. [15]

Пізніше фахівці «Зеленого світу» стали ініціаторами включення розбудови системи автоматизованого моніторингу параметрів довкілля області до Дніпровської обласної комплексної програми (стратегії) екологічної безпеки та запобігання змінам клімату на 2016-2025 роки. Згодом, коли члени команди «Зеленого світу» отримали депутатські мандати у Дніпропетровській обласній раді, за їх ініціативи до зазначеної Програми були внесені конкретні заходи, що дозволили розпочати розбудову нової системи автоматизованого моніторингу довкілля у Дніпропетровській області. Згодом було виділено бюджет для створення та роботи профільного підприємства «Центр екологічного моніторингу». Також фахівці ГО взяли участь у розробці проєкту Положення про систему моніторингу довкілля Дніпропетровської області. [15]

Ще одним прикладом є: українська мережа громадського моніторингу якості повітря EcoCity – це неприбутковий проєкт української мережі громадського моніторингу якості повітря, який впроваджує ГО «Фрі Ардуіно» спільно з партнерськими громадськими організаціями та науково-технічними радниками. Цей проєкт зародився ініціативою активістів та винахідників у 2018 році у м. Івано-Франківськ та за 6 років поширився територією усіх регіонів України. Зараз, EcoCity – це найбільша мережа, що об'єднує понад 600 встановлених станцій громадського моніторингу якості повітря. [15]

Вплив проєкту EcoCity на розвиток моніторингу та управління якістю повітря фокусується у трьох основних напрямках: [15]

1) мотивація молоді України до суспільно-корисного винахідництва та вивчення природничих та технічних наук;

2) інформування населення про якість повітря у промислових агломераціях та найвіддаленіших куточках країни;

3) стимулювання розвитку державної та муніципальних систем моніторингу якості атмосферного повітря.

За останні 4 роки команда EcoCity за підтримки чеської неурядової організації «Arніка» та інших партнерів реалізувала декілька інновацій громадського моніторингу якості повітря. [15]

Українська мережа громадського моніторингу якості повітря EcoCity розвиває активні партнерські стосунки з інституціями громадянського суспільства та академічними спільнотами. Щомісяця електронною картою якості повітря (www.eco-city.org.ua) користуються понад 20 тис. користувачів та органи місцевого самоврядування у містах України. [15]

Громадська організація «Save Dnipro» розпочала свою роботу у 2017 році (перші декілька років як ініціативне неформальне об'єднання) та за 4 роки суттєво вплинула на поширення інформації про якість атмосферного повітря України. Команда «Save Dnipro» досягла цього результату через екологічний бот SaveEcoBot, призначений для поширення екологічної інформації у соціальних мережах та месенджерах (Telegram, Viber, Facebook Messenger), та мапи якості повітря <https://www.saveecobot.com/maps>. [15]

Варто зазначити, що до розвитку моніторингу та управління якістю повітря (у формах участі громадянського суспільства) залучено багато громадських організацій та ініціатив по всій Україні, серед них: [15]

Центр екологічних ініціатив «Екодія» – це громадська організація, яка базується у місті Київ, проте сфера її впливу поширюється за межі Київської області. Основними напрямками роботи є аналіз можливостей запровадження європейського законодавства та стандартів щодо охорони та моніторингу довкілля, аналіз звітів з оцінки впливу на довкілля підприємств, дозволів на викиди в атмосферне повітря, комунікація з органами виконавчої влади щодо удосконалення діючого законодавства у сфері моніторингу. [15]

Громадська організація «Дзига» – це громадська організація, сфера діяльності якої поширюється на територію міста Запоріжжя. Члени організації опікуються питаннями моніторингу довкілля, розбудови громадської системи моніторингу атмосферного повітря, змін клімату, озеленення. Ця громадська організація має нетривіальний досвід адвокаційної кампанії, щодовідродження роботи пересувної лабораторії моніторингу якості повітря, а також входять

доскладу Комісії з питань здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря та управління якістю атмосферного повітря агломерації Запоріжжя. [15]

Коаліція громадських організацій «Досить труїти Кривий Ріг» – об'єднання 19 інституцій громадянського суспільства. Основна робота коаліції направлена на участь у громадських обговореннях звітів з ОВД та громадських обговореннях перед отриманням дозволів на викиди забруднюючих речовин. [15]

Рухи «Харків без коксохіму» та «Анти КОКСОХІМ» – неформальне об'єднання екологічних активістів міста Харкова, об'єднаних спільними діями проти забруднення довкілля, щоспричиняє так званий «Харківський коксохімічний завод» та інші промислові підприємства наприлеглих територіях. Ці рухи накопичили великий практичний досвід ведення інформаційної та адвокаційної кампанії проти промислового забруднення, а також виявлення та поширення інформаційному просторі екологічних злочинів у місті Харків. [15]

Таким чином в Україні присутня позитивна практика використання Європейського досвіду в роботу громадських організацій.

6. Основні проблеми практичного застосування прав громадян

Проблема 1. Не прописана процедура залучення представників громадських об'єднань до комісій, що опікуються питаннями екології. Саме це є причиною низької представленості громадськості та експертної громадськості у складі цих комісій. Адже наразі неможливо зрозуміти, яким чином приймається рішення про необхідність залучення представників тієї чи іншої НУО або експертів та науковців. [15]

Проблема 2. «Закритість» первинних даних результатів моніторингу стану та якості атмосферного повітря від суб'єктів моніторингу. Наприклад, станом на 01.07.2021 року на порталі відкритих даних data.gov.ua відсутні дані щодо стану атмосферного повітря за даними територіальних органів Управління гідрометеорології, що є структурними підрозділами апарату Державної служби України з надзвичайних ситуацій, – Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології та Запорізького обласного центру з гідрометеорології. Варто зазначити, що Управління гідрометеорології, регіональні центри з гідрометеорології Київської, Харківської та Донецької областей у переліку розпорядників порталу відкритих даних відсутні. Необхідно додати, що частково такі дані опубліковані на сайті Міндовкілля. [15] Отже немає чітко визначеного механізму взаємодії між суб'єктами моніторингу в сфері обміну інформацією. Відсутній порядок забезпечення

доступу до результатів моніторингу атмосферного повітря, схема, формат та протоколи накопичення й обміну інформацією, ієрархія на рівні зони та агломерації. Відсутні вимоги до створення інформаційно-аналітичної системи на державному рівні та на рівні зони агломерації. Невизначений термін створення такої системи. Не визначено, у який спосіб реалізувати інформаційну взаємодію за її відсутності. Відсутній порядок інформування населення про стан атмосферного повітря. [15]

Проблема 3. «Закритість» даних підприємств, установ, організацій, діяльність яких призводить до погіршення стану атмосферного повітря. Більшість таких підприємств не має автоматизованих станцій моніторингу якості атмосферного повітря. Результати моніторингу стану атмосферного повітря не викладаються на портал відкритих даних, та їх не можна відслідковувати в онлайн режимі. [15]

Успішним кейсом є співпраця КП «Центру екологічного моніторингу» ДОР та ПрАТ «Кривий Ріг Цемент». Дані з автоматизованої станції моніторингу якості повітря підприємства передаються до системи Центру екологічного моніторингу, але не викладаються на портал відкритих даних, адже розпорядником цієї інформації є ПрАТ «Кривий Ріг Цемент». [15] Одною з головних проблем є низька зацікавленість громадян у громадських організаціях. Членів таких організацій досить мало. Це пов'язано з низьким рівнем освіченості у сфері екологічної безпеки, у сфері прав та можливостей для громадян, з зосередженістю на забезпеченні базових потреб у зв'язку з економічною ситуацією в країні, з агресією РФ. Має великий вплив низький рівень довіри до органів влади та місцевого самоврядування, позиція, щодумка громадян ніколи не враховується при прийнятті рішень. Отже, потрібно посилити роботу у напрямі екологічної освіти для громадян нашого суспільства.

Література

1. Meidinger, Errol. 2001. "Law Making by Global Civil Society: The Forest Certification Prototype." Baldy Center for Law and Social Policy, State University of New York at Buffalo, Buffalo, NY.
2. Bratton, Michael. 1994. Civil Society and Political Transition in Africa. Boston, MA: Institute for Development Research.
3. Cohen, Jean L., and Andrew Arato. 1992. Civil Society and Political Theory. Cambridge, MA: MIT Press.
4. Barbara, Gemmill, et al. "The role of NGOs and civil society in global environmental governance." (2002): 77-100.
5. <https://guides.lib.berkeley.edu/c.php?g=496970&p=3427176>

6. af Rosenschöld, Johan Munck, and Peeter Vihma. "Achieving social-ecological fit in projectified environmental governance: Exploring vertical and horizontal dimensions." *Environmental Science & Policy* 136 (2022): 127-135.

7. Tschentscher, Tamara. "Promoting sustainable development through more effective civil society participation in environmental governance." New York: United Nations Development Programme (2016).

8. <https://www.president.gov.ua/ua/documents/constitution/konstituciya-ukrayini-rozdil-i>

9. <https://www.president.gov.ua/ua/documents/constitution/konstituciya-ukrayini-rozdil-ii>

10. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

11. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/996-2010-%D0%BF#Text>

12. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text>

13. <https://mepr.gov.ua/nakaz-mindovkillya-261-vid-20-04-2021/>

14. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4572-17#Tex>

15. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К. Управління якістю атмосферного повітря: від концепції до впровадження: Звіт за результатами досліджень / у редакції М. Сороки. Прага-Київ: Арніка, 2021. 52 с. ISBN 978-80-87651-99-5.

Лекція 8. Європейський та український досвід обчислення індексів якості повітря та доступ до екологічної інформації.

План.

1. Використання індексів якості повітря з метою оперативного інформування населення про забруднення повітря та ризики для здоров'я.
2. Порядок оповіщення та інформування населення про погіршення якості повітря через WEB-сервіси або соціальні мережі.
3. Українські державні інформаційні ресурси, розроблені для відображення інформації про моніторинг об'єктів довкілля.

1. Використання індексів якості повітря з метою оперативного інформування населення про забруднення повітря та ризики для здоров'я

1.1. Поняття індексу якості повітря

Основними структурними елементами міжнародного моніторингу якості атмосферного повітря є:

- наявність розгалуженої системи моніторингових станцій,
- наявність методології вимірювання основних показників якості повітря разом з моніторингом метеорологічного стану,
- наявність системи збору, аналізу та передачі даних про стан якості атмосферного повітря,
- наявність стратегії підтримки та розвитку системи моніторингу,
- наявність комунікаційних інструментів щодо стану якості атмосферного повітря [1].

Основні хімічні показники потрібно конвертувати в такий показник, який би показував зв'язок між даними спостережень і наслідками для здоров'я населення.

Існує міжнародний досвід агенції з охорони довкілля США EPA USA (управління в федеральному уряді США, яке було створене з метою захисту здоров'я людини та довкілля, також Управління з охорони довкілля США) та європейської Європейської агенції довкілля EEA EU (агенція ЄС для забезпечення незалежною інформацією про стан довкілля; також зустрічаються назви – Європейське екологічне агентство, Європейське агентство з охорони довкілля) обчислення індексів якості повітря AQI та практику їх застосування з метою оперативного інформування населення про забруднення повітря та ризики для здоров'я населення

Індекс якості повітря – (англ. Air quality index, AQI) – значення, яке використовується урядовими установами різних країн, щоб донести до громадськості рівень забруднення повітря у цей час. Якщо індекс збільшиться, значна частина населення зіткнеться з серйозними наслідками для здоров'я. У

різних країнах є свої показники якості повітря відповідно до різних національних стандартів.

Індекс якості повітря дозволяє в режимі реального часу слідкувати за показниками якості повітря на території тих країн, які реалізували протоколи передачі даних в режимі реального часу.

Особливості розрахунку індексу повітря:

- розрахунок Індексу якості повітря проводиться на основі середніх значень концентрації забруднюючих речовин за окремий період, які отримані з моніторингу атмосферного повітря;

- в якості рівня забруднюючих речовин у повітрі приймається концентрація та час фіксації цієї концентрації;

- індекс якості повітря об'єднується в діапазони. Кожному діапазону присвоюється ідентифікатор, код кольору і рекомендації для населення щодо охорони власного здоров'я;

- індекс подається в порядку за якого значна частина населення зіткнеться з серйозними наслідками для здоров'я.

AQI (Air Quality Index) – індекс якості повітря, що розроблений Агенцією з охорони довкілля США і використовується у багатьох країнах світу. Чим більше значення AQI, тим вищий рівень забруднення повітря і негативніший вплив на здоров'я [2].

Розрізняють такі рівні якості повітря AQI:

AQI	Характеристика якості повітря
1-50	Повітря чисте. Можна провітрювати, активно проводити час просто неба.
51-100	Повітря прийнятне. Не варто хвилюватися, це нормальний показник.
101-150	Повітря нездорове для чутливих людей. Якщо маєте серцеві чи легеневі захворювання, варто обмежити активності на вулиці. Це ж стосується дітей.
151-200	Повітря нездорове. Варто відмовитися від прогулянки та припинити провітрювання квартири.
201-300	Повітря дуже нездорове. Закривайте вікна та за можливості увімкніть очищувач повітря.
від 301	Повітря небезпечне. Побережіть себе, увімкнувши очищувач чи зволожувач повітря.

Окремі європейські країни мають і власні індекси. Зокрема, британський щоденний індекс якості повітря (Daily Air Quality Index), яким послуговуються урядові інституції Великобританії, має 10-значну шкалу, яка поділена на 4

частини, в якій (1) приймається як найнижче значення з найменшою небезпекою для здоров'я, а (10) як найвище, і найбільш загрозливе для здоров'я.

1.2. Європейський індекс якості повітря

Інформація про якість повітря в країнах ЄС оцінюється допомогою Європейського індексу якості повітря, що відповідає визначенню ЕЕА (<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>) [3].

Європейський індекс якості повітря дозволяє користувачам краще зрозуміти якість повітря там, де вони живуть, працюють або подорожують. Відображаючи актуальну інформацію для Європи, користувачі можуть отримати уявлення про якість повітря в окремих країнах, регіонах і містах.

Індекс оцінює якість повітря за п'ятьма показниками:

- тверді частинки пилу (PM_{2.5} та PM₁₀ – зважені частинки діаметром менше 2,5 мікрметрів і 10 мікрметрів відповідно),
- наземний озон (O₃),
- діоксид азоту (NO₂),
- діоксид сірки (SO₂).

Кожен з вказаних показників оцінюється відповідно до стандартів, затверджених Директивами Європейського Союзу (<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards>.) Законодавство ЄС встановлює стандарти якості повітря як для короткострокових (годинних або щоденних), так і для довгострокових (річних) рівнів якості повітря. Оскільки стандарти передбачають відмінність між показниками в довготерміновій і короткотерміновій перспективі, то Індекс подає інформацію щодо якості повітря тільки в короткотерміновій перспективі. Він не відображає довгострокову ситуацію з якістю повітря, яка може суттєво відрізнятись. Стандарти для довгострокових рівнів суворіші, ніж для короткострокових рівнів, оскільки тривалий вплив забруднюючих речовин може мати серйозні наслідки для здоров'я.

Індекс якості повітря не є інструментом для перевірки відповідності стандартам якості повітря і не може використовуватися для цієї мети.

Європейський індекс якості повітря розраховується за різними забруднювачами повітря окремо за концентраціями (в залежності від забруднювача повітря, в середньому за день чи ментально): чим більша концентрація, тим вище індекс. Для кожної забруднюючої речовини, значення індексу лежить у межах від 1 (добре) до 5 (дуже погано). Європейський індекс якості повітря представлений цілим числом,

відповідним п'яти діапазнам концентрацій, характерним для кожної забруднюючої речовини.

За замовчуванням індекс якості повітря відображає ситуацію за 3 останні години. Користувачі можуть вибрати будь-яку годину за попередні 48 годин і переглянути прогнозовані значення на наступні 24 години.

Загальний щоденний Європейський індекс якості повітря – це найвище значення загального погодинного Європейського індексу якості повітря за відповідний день. Він визначається як найвище значення з п'яти індивідуальних індексів забруднюючих речовин, розрахованих за один і той же час. Для прикладу, якщо індекси O₃, NO₂, SO₂, PM_{2.5} і PM₁₀ рівні 1, 3, 1, 2, 2 відповідно, середній індекс буде дорівнює трьом. Загальний щоденний Європейський індекс якості повітря використовується у новинах на каналі Euronews.

Смути індексів доповнюються повідомленнями про здоров'я, які містять рекомендації як для населення в цілому, так і для чутливих груп населення. До останніх входять як дорослі, так і діти з респіраторними захворюваннями, а також дорослі з хворобами серця.

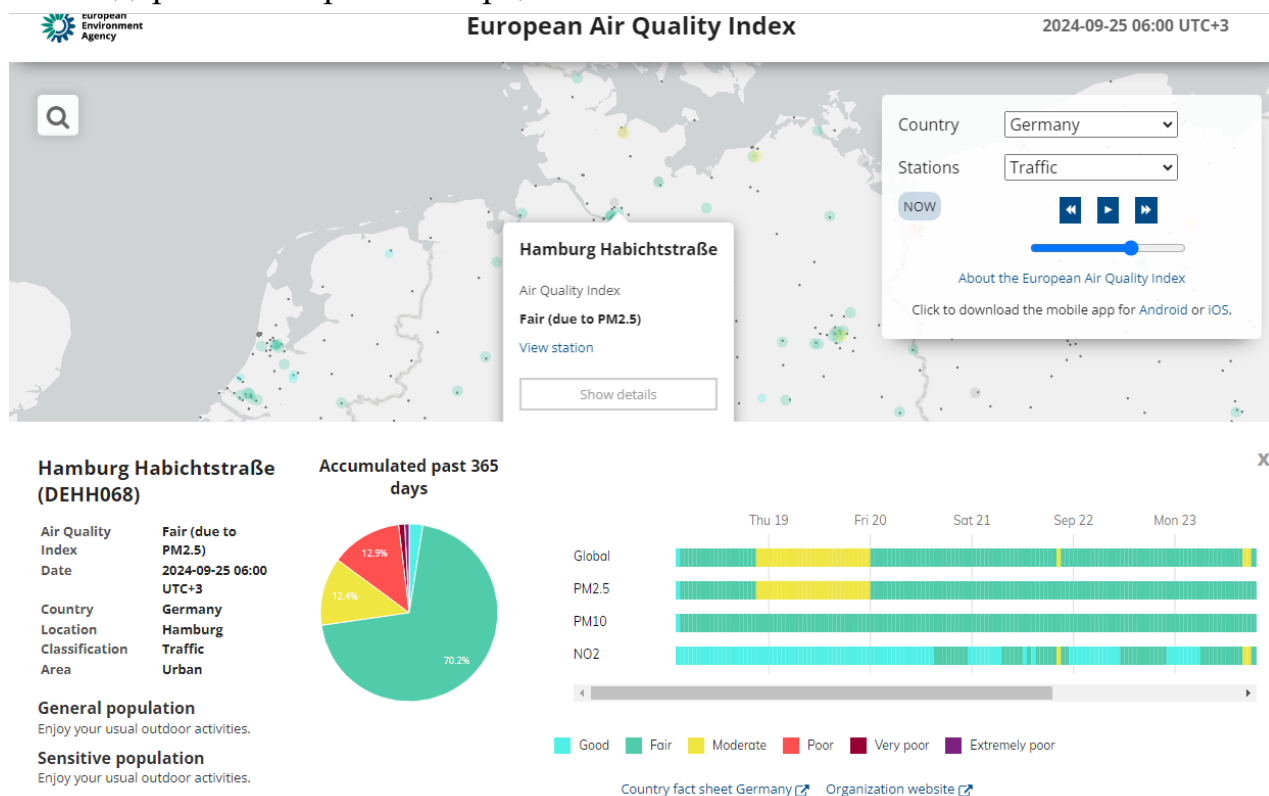


Рис. 1. Візуальне зображення до Індексу повітря Європейської екологічної агенції

1.2.1. Методологія обчислення індексу повітря

Індекс розраховується щогодини за даними від більш ніж 3500 станцій моніторингу якості повітря по всій Європі, використовуючи актуальні

щогодинні дані, офіційно надані країнами-членами ЄЕЗ (Європейська економічна зона), доповнені, де необхідно, змодельованими даними про якість повітря від Служби моніторингу атмосфери “Copernicus” (CAMS) ЄС (<http://atmosphere.copernicus.eu/>).

Індекс дозволяє громадянам використовувати інтерактивну карту для перевірки якості повітря на рівні станції на основі п'яти ключових забруднювачів, які завдають шкоди здоров'ю людей і навколишньому середовищу. Кружечки та крапки на карті позначають розташування станцій моніторингу якості повітря. Кольори відображають якість повітря в певну годину на цій станції.

При натисканні на станцію на карті з'являється спливаюче вікно з такою додатковою інформацією:

1. Назва станції та індекс якості повітря на цій станції та годину.
2. Опція «Переглянути станцію», яка визначає розташування станції за допомогою Google Maps.
3. Опція «Показати деталі» з короткою інформацією про станцію; індекс якості повітря та відповідні поради щодо здоров'я населення в цілому та чутливих груп населення; посилання на інформацію про забруднення повітря в країні, де розташована станція, і на веб-сторінку адміністрації, що відповідає за звітність про концентрації для цієї станції, та два графіки.

Значення, зазначені при наведенні курсора на горизонтальну діаграму, показують погодинний індекс AQ, погодинні концентрації для NO₂, O₃ і SO₂, а також 24-годинний поточний середній показник для PM, виміряний на станції або заповнений пропуск за останній 7 днів. Кругова діаграма вказує на кількість днів з певним рівнем якості повітря, вказаний відповідною кольоровою смугою індексу за останні 365 днів.

Користувач може фільтрувати вибір за країною та типом станції. Станції класифікуються відповідно до переважаючих джерел викидів: транспорт, промисловість і фон (де рівень забруднення не залежить ні від транспорту, ні від промисловості). Користувач може переглядати всі станції, лише станції з дорожнім рухом або лише станції без заторів (тобто, промислові та фонові станції) [3].

1.2.2. Ресурси, використані для розробки та підтримки системи розрахунку індексів якості повітря

Система була розроблена спільними ресурсами Європейської агенції довкілля ЄЕА та Генеральним Директоратом з питань довкілля Європейської комісії, щоб інформувати громадян і органи державної влади про останній стан якості повітря в Європі. З технологічної точки зору мапа являє собою

адаптацію JavaScript-бібліотеки сервісу Mapbox. Також були використані інші бібліотеки для додаткових функцій. Індекс не дозволяє завантажити дані для аналізу і служить лише комунікаційним інструментом. Але він містить посилання на первинні дані, які можна завантажити на іншому ресурсі.

Крім того, агенція подає докладну інформацію про механізми та інструменти системи моніторингу, вона також приділяє увагу комунікації з основними стейкхолдерами (заінтересованими сторонами) [3].

Європейське агентство з навколишнього середовища також публікує низку інформації про якість повітря:

Веб-сторінка щодо забруднення повітря в ЄС:
<https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution>

Якість повітря в реальному часі: найновіші вимірювання якості повітря:
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/explore-interactive-maps/up-to-date-air-quality-data>

Ключова статистика якості повітря для основних забруднювачів повітря: перегляд карт: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>

1.3. Вимірювання AIR в Україні і Івано-Франківську

1.3.1. ЛУН Місто AIR

В Україні і в Івано-Франківську, зокрема, вимірювання AIR проводить українська громадська система моніторингу якості повітря **ЛУН Місто AIR**. ЛУН Місто AIR – українська громадська система моніторингу якості повітря, створена з метою покращення екологічної ситуації в країні. Проєкт розробили команди української ІТ-компанії ЛУН та Київського національного університету ім. Шевченка, факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем. Станції розставлені по місту та щосекунди моніторять якість повітря за вікном. Прилади вимірюють особливо шкідливі для здоров'я забруднювачі – концентрацію PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_{10} . Ці наддрібні частки не видно неозброєним оком, їхнім джерелом є передусім процеси горіння – вихлопи авто, дим труб, пожежі. Показники у реальному часі виводяться на карту, у Telegram- та Viber-боти, у віджет для iOS. Сервіси ЛУН Місто AIR доступні з телефону та комп'ютера [4].

Ознайомлення з українською real-time системою моніторингу якості повітря від громадської мережі ЛУН Місто AIR:

- https://misto.lun.ua/air-about_en#rec282628357,
- <https://misto.lun.ua/air/ivano-frankivsk>

Станції передаються місту безкоштовно, обслуговування також є безкоштовним.

1.3.2. SaveEcoBot

Проект SaveEcoBot – єдина в Україні громадська екологічна система, яка поєднує дані про поточний стан довкілля, про забруднення, забруднювачів та інструменти захисту довкілля. Це волонтерський проект ініціативної групи Save Dnipro.

На сайті <https://www.saveecobot.com/> можна знайти:

- інтерактивну карту радіаційного фону.
- детальну інформацію про стан радіаційного фону в областях та населених пунктах.
- карту якості повітря з напрямком та швидкістю вітру.
- інформацію про якість повітря з кожного поста моніторингу та дані по населених пунктах.
- аналітику та карту пожеж України з деталями по кожному з регіонів.
- аналітику екологічних податків.
- статистику результатів роботи екоінспекції.

Чат-бот легко допоможе знайти наступну інформацію:

- моніторинг реєстру ОВД (оцінка впливу на довкілля), в якому відображаються етапи проходження процедури екологічної оцінки планової діяльності підприємств.
- дані про дозволи на викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами підприємств-забруднювачів 1, 2 та 3 груп.
- дані про спеціальні дозволи на користування надрами.
- дані про дозволи на спеціальне водокористування.
- дані про ліцензії на поводження з небезпечними відходами.
- інформація про суб'єктів господарювання, які мають податковий борг.
- дані про ліцензії на виробництво особливо небезпечних хімічних речовин.
- дані про декларації про відходи [5].

1.4. Український індекс якості повітря

Кабінет Міністрів в травні 2024 року на своєму засіданні ухвалив зміни до порядку проведення моніторингу атмосферного повітря. Це рішення важливе у контексті імплементації в Україні європейських норм щодо якості повітря та реалізації Закону від 20 березня 2023 року № 2973 стосовно реформи системи моніторингу довкілля. Над змінами до порядку працювала відповідна робоча група при Міндовкілля, до складу якої входять понад 30 експертів у сфері моніторингу повітря.

За результатами обговорень прийнято рішення поступово впроваджувати комплексний та систематичний збір даних, який дозволить проводити відповідний аналіз. Одним з нововведень постанови є запровадження в Україні показника індексу якості повітря на зразок Європейського. Для того, щоб цей індекс почав працювати якнайшвидше, команда Міндовкілля вже працює над підготовкою підходів та критеріїв для його впровадження [6].

Для впровадження на державному рівні визначення показника індексу якості повітря на зразок європейського як основу можна використати принципи та методи обчислення Українського індексу якості повітря UAQI, які застосовує на практиці Всеукраїнська мережа громадського моніторингу якості повітря EcoCity. Ці розробки спираються на досвід та практику учасників та партнерів міжнародної програми «Чисте повітря для України», а також на міжнародний досвід EPA USA та EEA5 EU обчислення індексів якості повітря та практику їх застосування з метою оперативного інформування населення про забруднення повітря та ризики для здоров'я населення.

1.4.1. Структура та перелік параметрів

Український індекс якості повітря (UkrainianAirQualityIndex, UAQI) – це шкала якісної та кількісної оцінки якості атмосферного повітря. UAQI як інструмент комунікації дозволяє зацікавленим особам:

- краще зрозуміти якість повітря там, де вони живуть, працюють або подорожують;
- прийняти усвідомлене рішення про дії для безпеки на випадок погіршення якості повітря;
- провести поточний та ретроспективний аналіз якості повітря та обґрунтувати відповідне рішення управління якістю повітря в Україні, в окремих зонах, агломераціях або локаціях;
- поширювати актуальну інформацію про якість повітря у графічній та цифровій формі, адаптованій для сприйняття громадянами без спеціальної фахової підготовки.

UAQI складається з 4 груп (рис. 2) основних забруднювальних речовин, а також фізичних параметрів, які впливають на якість та безпечність повітря [7].

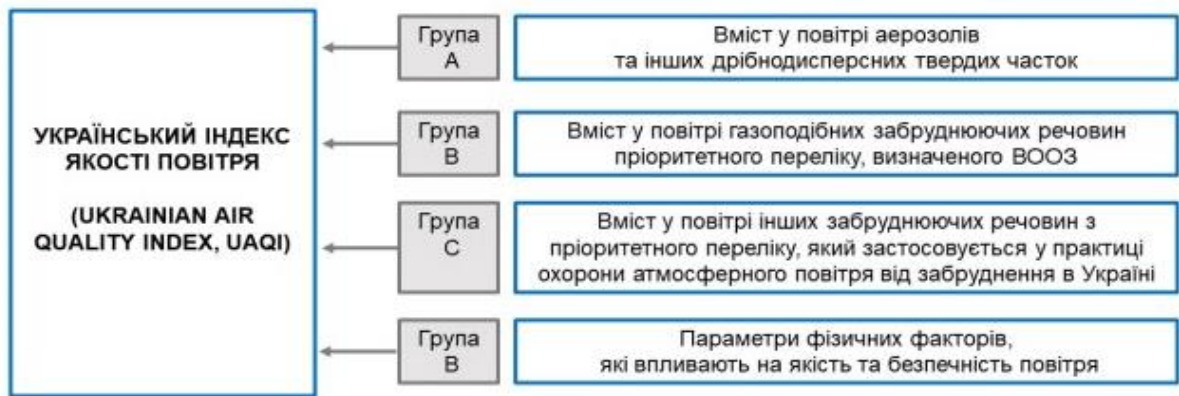


Рис.2. Групи параметрів моніторингу, які формують якість та безпечність повітря.

1.4.2. Категорії якості повітря

Український індекс якості повітря (UkrainianAirQualityIndex, UAQI) встановлює 10 категорій якості повітря (див. рис. 3) – шість основних, дві додаткові та дві спеціальні.

КАТЕГОРІЯ	
ОСНОВНІ КАТЕГОРІЇ	I Добра якість повітря
	II Задовільна якість повітря
	III Якість повітря несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення
	IV Погана якість повітря
	V Дуже погана якість повітря
	VI Надзвичайно погана якість повітря
ДОДАТКОВІ КАТЕГОРІЇ	VII Якість повітря тимчасово невідома, причини технічного характеру
	VIII Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється
СПЕЦІАЛЬНІ КАТЕГОРІЇ	IX Якість повітря потребує уточнення, аномальні значення результатів
	X Якість повітря потребує уточнення, результат поза діапазоном чутливості інструменту моніторингу

Рис.3. Категорії якості та безпечності повітря.

Шість основних категорій надають користувачу інформацію про якість та безпечність атмосферного повітря згідно практики ЕЕАЕУ9. Дві додаткові категорії використовують для позначення випадків, коли якість повітря невідома з різних причин. Спеціальні категорії якості повітря позначають

особливі випадки аномальних результатів моніторингу з низьким ступенем довіри, або особливими умовами використання. Ці категорії не застосовуються для оповіщення населення, проте враховуються під час детального аналізу ретроспективних результатів моніторингу.

Для чіткого та однозначного позначення кожної категорії якості повітря використовують:

- числове позначення категорії, римські цифри від I до X,
- назву категорії якості, яка характеризує рівень ризику і небезпеки (ключове повідомлення),
- кольорове позначення, яка на інтуїтивному рівні допомагає зрозуміти рівень ризику і небезпеки,
- діапазон значень (шкала) для кожного параметра моніторингу.

Визначення категорії якості повітря (як за кожним індивідуальним параметром моніторингу, так і загалом для певної локації або території) відбувається простим порівнянням результату моніторингу з діапазонами значень (шкала) кожного параметра якості повітря. У таблиці 1 наведені діапазони значень (шкала) категорій якості повітря для параметрів, які використовуються у практиці української мережі громадського моніторингу якості повітря EcoCity (для груп А і В основних забруднювальних речовин).

Таблиця 1. Шкала Українського індексу якості повітря (група А та В)

				Номер категорії якості повітря													
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
				Назва категорії якості повітря (Головне повідомлення про якість повітря)													
				Добра якість повітря	Задовільна якість повітря	Несприятлива для чутливих до забруднення повітря груп населення	Погана якість повітря	Дуже погана якість повітря	Надзвичайно погана якість повітря	Якість повітря тимчасово невідома, причини технічного характеру		Якість повітря невідома, моніторинг не здійснюється					
				Кольорова шкала позначення категорії якості													
Параметр моніторингу				Діапазони значень кожного параметра моніторингу, які визначають категорію якості повітря													
Група	Позначення	Назва	ОВ	(<)	(≤)	(<)	(≤)	(<)	(≤)	(<)	(≤)	(<)	(≤)	(<)	(≤)		
А	PM ₁₀	Дрібнодисперсний пил, тверді часточки фракцією до 10 мкм	мкг/м ³	0	20	20	40	40	50	50	100	100	150	150	1200	Відсутні дані результатів моніторингу параметра якості повітря.	Відсутні дані результатів моніторингу параметра якості повітря.
	PM _{2.5}	Дрібнодисперсний пил, тверді часточки фракцією до 2.5 мкм	мкг/м ³	0,0	10,0	10,0	20,0	20,0	25,0	25,0	50,0	50,0	75,0	75,0	800,0		
	PM ₁	Дрібнодисперсний пил, тверді часточки фракцією до 1 мкм	мкг/м ³	0	9,0	9,0	18,0	18	20	20	35	35	55	55	400		
В	NO ₂	Азоту діоксид	мкг/м ³	0	40	40	90	90	120	120	230	230	340	340	1000	Станція моніторингу обладнана інструментами для визначення параметра якості повітря.	Станція моніторингу не обладнана інструментами для визначення параметра якості повітря.
	CO	Вуглецю оксид (чадний газ)	мкг/м ³	0	500	500	1000	1000*	3000	3000	5000	5000	8000	8000	10000		
	O ₃	Озон (приземний озон)	мкг/м ³	0	50	50	100	100	130	130	240	240	380	380	800		
	SO ₂	Ангідрид сірчистий (сірки діоксид)	мкг/м ³	0	100	100	200	200	350	350	500	500	750	750	1250		

Шкала Українського індексу якості повітря одночасно визначає:

- а) перелік параметрів моніторингу, які враховані для оцінки якості та безпечності повітря;

б) усталені позначення, назви та одиниці вимірювання параметрів моніторингу;

в) діапазони (від... до включно), які визначають категорію якості повітря кожного параметра моніторингу;

г) усталені кольорові позначення категорій якості повітря для кожного діапазону.

Параметри H_2S , Cl_2 , PH_3 та NH_3 – це параметри оповіщення про хімічну безпеку повітря. Тому для цих параметрів встановлені не усі категорії якості повітря. Це зв'язано з чутливістю інструментів моніторингу та задачами, які виконують ці інструменти [7].

Для додаткових категорій якості повітря (VII та VIII) не встановлені діапазони значень. Це зв'язано з природою ключового повідомлення для цих категорій – «Якість повітря невідома» через різні причини. Відповідно, сам факт відсутності результатів моніторингу за тим чи іншим параметром і буде визначати ці категорії якості повітря.

З метою оперативного оповіщення (або інформування) населення для кожної категорії (окрім спеціальних категорій IX та X) встановлені ключові повідомлення та рекомендації дій для населення. Якщо результат моніторингу перевищує верхню встановлену межу VI категорії, тоді для цілей оповіщення населення застосовується VI категорія, проте для цілей детального аналізу та інформування – X категорія якості повітря. Для цілей кількісної та якісної оцінки атмосферного повітря для кожної категорії встановлені додаткові параметри, які дозволяють обчислити чисельне значення UAQI або якісно визначити рівень ризику і небезпеки. Важливо відмітити, що ці настанови не містять рекомендацій та алгоритмів кількісної оцінки AQI. Кількісна оцінка AQI – це важливий інструмент інформування населення про якість повітря, детального аналізу середньо- та довгострокових змін у якості повітря, виявлення трендів та оцінки ефективності екологічної політики управління якістю повітря у зонах та агломераціях України. Варто звернути увагу, що для позначення загальнопоширеного поняття «радіаційний фон» у атмосферному повітря на практиці широко застосовують як потужність експозиційної дози (поширена позасистемна одиниця вимірювання мкР/год, системна одиниця вимірювання Кл/кг·с [7].

Інструменти моніторингу, які застосовуються Українською мережею громадського моніторингу якості повітря EcoCity, оцінюють експозиційну дозу фотонного випромінювання (переважно гамма-випромінювання), при проходженні якого через 0,001293 г повітря (маса 1 см³ сухого повітря за стандартних умов IUPAC) в результаті завершення всіх іонних процесів утворюються іони, що несуть одну електростатичну одиницю кількості струму

кожного знаку. На фізичному рівні, інструменти моніторингу (обладнані трубками Мюллера-Гейгера) оцінюють потужність А/кг або Кл/кг. Використання системних одиниць вимірювання еквівалентної дози (Зв або Дж/кг) вимагає враховувати вагові коефіцієнти впливу різних типів випромінювання (рентгенівське випромінювання, γ -випромінювання, β -частинки, мюони, нейтрони, протони, заряджені піони, α -частинки, уламки ядерного розпаду, важкі іони) з урахуванням селективного впливу різного типу тканини (кістковий мозок, товста кишка, легені, шлунок, молочна залоза, гонади, сечовий міхур, печінка, стравохід, щитоподібна залоза, поверхня кістки, головний мозок, слинна залоза, шкіра, інші тканини) згідно настанов та рекомендацій Міжнародної комісії з радіаційного захисту. Саме тому для широкої комунікації ми рекомендуємо використовувати позасистемну одиницю мкР/год [7].

1.4.3. Кольорова шкала

Оперативне оповіщення населення про якість повітря потребує чітких принципів візуальної комунікації та вимог до повідомлення про якість повітря.

Для позначення різних категорій якості повітря використовують комбіновану кольорову шкалу, яка на інтуїтивному рівні надає інформацію як про якість повітря на певній локації чи території, так і про якість (наявність) даних результатів моніторингу, на основі яких визначена якість повітря. Стратегія візуальної комунікації має надавати користувачу інтуїтивно зрозумілу інформацію про якість повітря. Приклади дизайнерської (графічної) адаптації Українського індексу якості повітря наведені на рис. 4 [7].



Рис 4. Приклад адаптації базової графічної моделі повідомлення про якість повітря (назва станції, локація та дані про якість – випадкові)

1.4.4. Ключові повідомлення про якість повітря

Український індекс якості повітря (UkrainianAirQualityIndex, UAQI) дозволяє зацікавленим особам дізнатися про якість повітря у місцевості, де

вони живуть, працюють або подорожують. Проте основна мета UAQI – допомогти прийняти усвідомлене рішення про дії загального характеру на випадок погіршення якості повітря. Для досягнення цієї мети, повідомлення про якість повітря має містити не тільки назву категорії, а також загальні рекомендації для зменшення негативного впливу забрудненого повітря на здоров'я, які у разі потреби може виконати населення без додаткових фахових роз'яснень та консультацій. Це завдання Українського індексу якості повітря реалізується поєднанням графічної та текстової частини повідомлення про якість повітря, які враховують настанови дій для різних категорій населення.

Ключове повідомлення та настанови додаткових дій мають диференційовано враховувати вплив забрудненого повітря на різні категорії населення. Для цієї мети Український індекс якості повітря встановлює два типи повідомлень:

- повідомлення для загальної групи населення та зацікавлених користувачів;
- спеціальне повідомлення для окремих груп населення, які є (уразливими, чутливими до забруднення повітря певною речовиною).

Категорія якості повітря UAQI надає користувачу інформацію про короткострокову ситуацію з якістю повітря в певній локації або на певній території. Довгострокова оцінка якості повітря (місячна, квартальна, річна) може суттєво відрізнятись від короткострокової та потребує спеціальних чисельних методів аналізу результатів моніторингу. Категорія якості повітря UAQI не є інструментом для перевірки відповідності стандартам якості повітря і не може використовуватися для цієї мети. Ці настанови не містять методології та підходів до чисельного визначення Українського індексу якості повітря та застосування його у практиці аналізу та довгострокової оцінки якості повітря у певній локації чи території [7].

2. Порядок оповіщення та інформування населення про погіршення якості повітря через WEB-сервіси або соціальні мережі

2.1. Чат-бот Radiation and Smog Alarm

2.1.1. Основна інформація про чат-бот в Telegram

Для виконання завдань оповіщення Всеукраїнська мережа громадського моніторингу якості повітря EcoCity використовує чат-бот **Radiation and Smog Alarm**. Цей багатофункціональний інструмент забезпечує швидке оповіщення населення про забруднення повітря, хімічну та радіаційну небезпеку у громадах, на території яких встановлені станції громадського моніторингу якості повітря мережі EcoCity [8].

Чат-бот у пасивному чи активному режимі надає користувачам інформацію про якість та безпечність повітря у громаді згідно критеріїв Українського індексу якості повітря UAQI і підтримує три основні сценарії спілкування з користувачем [7].

1. Сценарій активного пошуку та вибору цікавої для користувача станції моніторингу, при отриманні інформації про якість та безпечність повітря

2. Сценарій підписки та автоматичного оповіщення користувача про погіршення якості повітря на обраній станції моніторингу.

3. Сценарій підписки та автоматичного інформування користувача про поточний стан якості та безпечності повітря на обраній станції моніторингу.

Чат-бот Radiation and Smog Alarm надає користувачам додаткові переваги, у порівнянні з відомими в Україні аналогами:

- оповіщення про радіаційну небезпеку і вміст газоподібних хімічних сполук;
- комплексний підхід до оцінки якості повітря згідно настанов та рекомендацій Українського індексу якості повітря UAQI;
- інформування та оповіщення про забруднення повітря пріоритетними та специфічними газоподібними забруднюючими речовинами (азоту діоксид, чадний газ, аміак, приземний озон, леткі органічні сполуки);
- справедливий неманіпулятивний підхід до інформування населення громад, на території яких немає (не встановлені) онлайн станції моніторингу якості повітря.

Технічні можливості та обмеження:

- кожен зареєстрований користувач має можливість виконати підписку на оповіщення та інформування до 10 станцій громадського моніторингу.
- кожен зареєстрований користувач може самостійно визначити «чи отримувати тільки оповіщення» чи отримувати «оповіщення та інформування», користувач визначає перелік станцій моніторингу.
- система розрахована на навантаження до 100 одночасних активних запитів користувачів та до 1000 одночасних оповіщень користувачів згідно їх підписок, або до 2000 одночасних оповіщень на вимогу адміністратора.
- система веде власні бази даних (реєстри) та зберігає їх до 1,5 року з можливістю завантаження цих реєстрів на вимогу адміністратора [7].

2.1.2. Джерела даних

Чат-бот Radiation and Smog Alarm має власний сервер, динамічні та ретроспективні бази даних, які забезпечують його роботу та оповіщення клієнтів. Чат-бот бере первинні дані з динамічної бази даних Української мережі громадського моніторингу якості повітря EcoCity, яка об'єднує

результати громадського моніторингу якості повітря користувачів EcoCity (<https://eco-city.org.ua>), та (згідно рекомендацій науково-технічних радників мережі «EcoCity») опціонально з відкритих партнерських баз даних мереж ЛУН Місто Air (<https://misto.lun.ua/air>) та відкритих баз даних Luftdaten.info (<https://maps.sensor.community>). Після агрегації та інтерпретації, ці результати моніторингу проходять первинну обробку згідно настанов та принципів Українського індексу якості повітря (UAQI). Власним джерелом даних, отриманих безпосередньо від користувача є:

- база даних (динамічний реєстр) зареєстрованих користувачів (користувачі, які зверталися до чат боту, ідентифікатори користувача, які надаються системою Telegram, зареєстрований номер телефону, зареєстрований Username, дата активного звернення).

- база даних (динамічний реєстр) результатів вибору зареєстрованим користувачем цікавої для цього локації (рівень – місто/селище, область, час активного запиту) та типу запиту за ідентифікатором (якість повітря, радіаційна та хімічна безпека тощо).

- база даних підписок зареєстрованих користувачів на оновлення інформації по певній станції громадського моніторингу якості повітря (сервіс сповіщення або інформування).

Чат-бот не вимагає та не зберігає персональні дані користувача, які не визнані публічними у середовищі Telegram (персональні дані імені, прізвища, дані результатів запитів gps-локації користувача). Концепція Radiation and Smog Alarm передбачає спеціальну функцію адміністратора – примусова масова розсилка додаткових інформаційно-довідкових повідомлень усім зареєстрованим користувачам. Ця функція задається уразі виникнення надзвичайних обставин у мережі EcoCity та важливої інформації, яка становить суспільний інтерес для усіх користувачів [7].

2.1.3. Критерії оповіщення населення про погіршення якості повітря

Автоматизоване оповіщення населення прогіршення якості повітря має одночасно задовольняти декільком вимогам:

- вчасно сповіщати та попереджати користувачів про погіршення якості повітря. Це дозволить користувачу прийняти усвідомлене рішення про безпеку та ризики для власного здоров'я. Це також створить можливість користувачу вжити запобіжні заходи.

- вчасно сповіщати про поліпшення якості повітря (зняття обмежень та ризиків, пов'язаних з тимчасовим та короткостроковим забрудненням повітря). Це дозволить користувачу об'єктивно оцінити ситуацію та планувати діяльність у нових обставинах.

- не перетворювати повідомлення про погіршення або покращення якості повітря у «інформаційний шум». Це дозволить уберегти користувача від надмірної та надлишкової інформації. Це також є запобіжником втрати зацікавленості користувача у інформації про стан та якість повітря.

Концепція **Radiation and Smog Alarm** використовує ризик-орієнтований підхід до визначення моменту (об'єктивних обставин), коли необхідно виконати оповіщення населення про погіршення якості повітря або покращення якості повітря. Для цього, кожній категорії якості повітря присвоєний чисельний бал ризику NAQS, який відповідає номеру категорії якості повітря та характеризує загальну оцінку категорія якості повітря AQS на певній локації встановлення станції моніторингу в визначений розрахунковий 20-ти хвилинний період доби [7].

2.2. Карта EcoCity SMOG ALARM – імплементація українського індексу якості повітря

В даний час громадяни України на більшості територій за допомогою мережі з більше 250 автоматизованих станцій моніторингу Всеукраїнської мережі громадського моніторингу якості повітря EcoCity можуть користуватися картами моніторингу якості повітря на сайті eco-city.org.ua та оновленому сайті reborn.eco-city.org.ua.

EcoCity створили першу українську мапу моніторингу повітря, на якій будь-який користувач може переглядати рівень забруднення повітря в реальному часі. Команда виготовляє станції моніторингу власної розробки. Це девайси, що можуть бути встановлені будь-де, де є мережа Wi-Fi або Ethernet підключення. Станції можуть вимірювати десятки різних забрудників, використовуючи різні варіації сенсорів для різних умов та моніторингових задач.

Проект EcoCity існує вже понад шість років і невпинно розвивається та зростає. Він виріс із кількох простих станцій в Івано-Франківську до масштабної мережі, що охоплює всю Україну та відстежує понад 20 різних забрудників атмосферного повітря зокрема, NO₂, SO₂, CO, CH₂O, H₂S, NH₃, O₃, Cl₂, HF. EcoCity було розроблено та підтримується програмою “Чисте повітря для України” за підтримки чеської НГО “Арніка” [9].

4 вересня 2024 року пройшла офіційна презентація оновленого сайту моніторингу якості повітря EcoCity: Reborn [10].

На сайті проводиться оцінка чотирьох груп забрудників:

- мікропил
- основні гази
- інші гази

- радіаційний фон

Найбільший індекс отримує пріоритет і відображається в центральній частині та маркується відповідним кольором на карті. Також вимірюється вологість, атмосферний тиск, температура повітря.

Серед головних новацій виділяється зручний пошук станцій на мапі, можливість перегляду даних про стан повітря у різних регіонах та детальна статистика рівня забруднення, що дозволяє користувачам отримувати максимально точну інформацію про якість повітря в режимі реального часу, з'явився пошук міст по назві, чого раніше не було, але попит на це був.

Можна зайти на сторінку статистики, яка показує список областей, і посортувати їх за назвою, перевірити, яка з областей зараз більше забруднена. Є можливість подивитися середні показники по конкретній області, які наразі там фіксуються. Тут можна перевіряти і рекомендації, які є при певному рівні забруднення, які можуть впливати на здоров'я.

Ще одна новація – можливість дізнатися показники за останні 48 годин на кожній станції. Завдяки цьому є можливість порівняти дані за останні дві доби: чи забруднення було таким, яким воно було, наприклад, тиждень тому чи місяць тому [10].

3. Українські державні інформаційні ресурси, розроблені для відображення інформації про моніторинг об'єктів довкілля

3.1. “ЕкоСистема”

“ЕкоСистема” – це єдина загальнодержавна автоматизована інформаційно-аналітична онлайн платформа у сфері захисту довкілля, яка створена і реалізовується у партнерстві Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, Міністерства цифрової трансформації за підтримки проєкту USAID/UK aid «Прозорість та підзвітність у державному управлінні та послугах/TAPAS» [11].

Єдина екологічна платформа "ЕкоСистема" створена для того, щоб кожен громадянин України мав актуальну достовірну інформацію про стан навколишнього середовища та природні ресурси, а також взаємодівав з державою в прозорий і зручний спосіб.

Проєкт містить:

- моніторингові дані про стан повітря, води, ґрунтів у населених пунктах;
- всі реєстри, які веде Міндовкілля та центральні органи влади, які ми координуємо;
- повний спектр онлайн послуг для громадян та бізнесу з актуальними оновленнями за темами, календарями звітності, розсилками.

Розробники "ЕкоСистема" хотіли забезпечити такі переваги для користувачів платформи:

- “щоб при пошуку потрібної інформації ви не заходили на купу сайтів, писали запити та чекали відповіді. А потім намагалися розібратися “де ж правда?””

- “щоб наш з вами діалог був прозорим, конструктивним та зручним – без зайвої бюрократії”

- “щоб ви швидко та зручно отримували послуги, а посадовці чесно виконували свою роботу”.

Доступні, зокрема, такі сервіси для моніторингу об’єктів довкілля:

- е-Довкілля. Тут зібрана уся інформація з установ, які здійснюють моніторинг довкілля за різними напрямками – повітря, вода, ґрунти тощо. Можна перевірити дані у державних реєстрах та отримати інформацію зручно, просто і без зайвих клопотів,

- е-Повітря. Це електронний сервіс зручного доступу до інформації про дозволені викиди в атмосферне повітря з функцією отримання такого дозволу. Тут можна перевірити інформацію про те, чи є у підприємства дозвіл на викиди забруднюючих речовин; хто є екологічним аудитором та багато іншого. За допомогою сервісу можна подати документи на отримання дозволу; зареєструвати звіт з інвентаризації джерел викидів забруднюючих речовин; оформити сертифікат екологічного аудитора та скористатися іншими адміністративними послугами.

- е-Вода. Це електронна система обліку водокористувачів та забруднення водойм. Тут можна знайти інформацію про найбільших забруднювачів водних об’єктів, про видані дозволи на днопоглиблення, а також проведення робіт на землях водного фонду в межах прибережних захисних смуг уздовж морів, морських заток і лиманів, у внутрішніх морських водах, лиманах і територіальному морі. Можна отримати онлайн дозвіл на спеціальне водокористування та подати щорічну звітність.

- е-Відходи. Це електронна система обліку та моніторингу відходів в Україні. Тут можна знайти реєстри місць видалення відходів, звіти про розміщення відходів та інформацію про підприємства, які мають право працювати з небезпечними відходами та підприємства, що можуть виробляти особливо небезпечні хімічні речовини. Крім того, онлайн доступні такі адміністративні послуги, як подання декларації про відходи, оформлення документів для транскордонного перевезення відходів, отримання ліцензій на провадження господарської діяльності з поводження з небезпечними відходами чи ліцензій на виробництво особливо небезпечних хімічних речовин.

- е-Екоконтроль. Це електронна система екологічного контролю. За допомогою сервісу ви можете повідомити відповідні органи про протиправну діяльність, знайти інформацію про планові та позапланові перевірки, які проводяться Держекоінспекцією та їх результати.

- е-Оцінка впливу на довкілля. Електронна система оцінки впливу на довкілля. Користувачам доступна інформація з Реєстру оцінки впливу на довкілля, інформаційно-аналітична система обчислення ризиків для довкілля та відповідні адміністративні послуги [11].

3.2. Портал відкритих даних

На сайті <https://diia.data.gov.ua/about> можна отримати інформацію про різні аспекти життя держави. Ці дані дуже цінні, і велика частина з них має бути доступною та відкритою для бізнесу, стартапів, урядовців, журналістів, громадськості. Відкриті дані допомагають контролювати роботу державних органів, покращувати державні сервіси та створювати нові послуги та сервіси [12].

Питання забруднення довкілля є важливим для 93% українців. Завдяки Постанові №835 державні органи відкрили десятки реєстрів у сфері екології: дані про якісний стан поверхневих вод, ліцензії на поводження з небезпечними відходами, дозволи на викиди в атмосферне повітря, на користування надрами та спецводокористування і багато інших.

Публікація державних даних на Єдиному державному порталі відкритих даних у вільному доступі – це перший крок. Дані повинні бути легкими для розуміння навіть непрофільним фахівцям. Тому на основі цих даних розробники створюють зручні у застосуванні сервіси, які полегшують громадянам пошук інформації про стан довкілля, наявність забруднювачів та потенційно небезпечних об'єктів, які можуть вплинути на їхнє здоров'я, вибір місця проживання та на інші сфери життя.

Створення цього веб-ресурсу стало можливим завдяки підтримці американського народу, наданій через Агентство США з міжнародного розвитку (USAID) та за фінансової підтримки уряду Великобританії (UK aid).

Портал працює в режимі дослідної експлуатації.

Література

1. Моніторинг якості атмосферного повітря: український та міжнародний досвід. [Аналітична записка] / Кольцов М., Шевченко Л. – Київ: ГО «Фундація «Відкрите Суспільство», 2018. – 13 с.

2. AQI Basics | AirNow.gov

3. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>

4. <https://misto.lun.ua/about-air-ivano-frankivsk>
5. <https://www.saveecobot.com/>
6. <https://mepr.gov.ua/prodovzhuyemo-rozbudovu-systemy-monitoryngu-atmosfernogo-povitrya-za-standartamy-yes/>
7. Radiation and Smog Alarm. Настанови та принципи оповіщення населення про якість повітря, радіаційну та хімічну небезпеку /під заг. ред. М. Л. Сорока. Прага - Івано-Франківськ: Arnika, 2022. – 58 с. ISBN 978-80-88508-02-1
8. https://t.me/ecocity_smog_alarm_bot
9. Міжнародна програма «Чисте повітря для України». НГО «Арніка»: Прага. 2022. URL: <https://cleanair.org.ua/EcoCity:Reborn> (eco-city.org.ua)
10. <https://reborn.eco-city.org.ua/>
11. <https://eco.gov.ua/>
12. <https://diia.data.gov.ua/about>

Лекція 9. Моніторинг води в світлі ЄС.

План.

1. Вступ: водогосподарська та водоохоронна політика ЄС.
2. Рамкова водна директива, законодавчі акти ЄС.
3. Державний моніторинг вод в Україні, його наближення до європейських стандартів.
4. Водна стратегія України на період до 2050 р.

1. Вступ: водогосподарська та водоохоронна політика ЄС

Певна обмеженість у водних ресурсах в Україні вимагає втілення таких засад управління, комплексного використання та охорони вод, які б відповідали сучасним вимогам, що постають перед країнами Європи. Особливу увагу приділяється питанням управління якістю водних ресурсів річкових басейнів на основі комплексних екологічних оцінок фізичних властивостей, хімічного і гідробіологічного складу вод. В Україні почався рух у цьому напрямку з кінця 1990-х початку 2000 рр. з розробки "Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями" (1998), реалізації низки міжнародних наукових проектів під егідою ООН та Європейського Союзу (ЄС) по Дніпру, Тисі, Західному Бугу. Результати цієї роботи втілюються в практику державного моніторингу вод, відображаються у водогосподарському управлінні, а також висвітлені в навчально-методичній літературі екологічного спрямування. Політика Європейського Союзу та стратегія управління довкіллям, зокрема природними водами, прагне до досягнення стійкості у водогосподарській галузі на території держав-членів. З цією метою у 2000 р. було прийнято Водну рамкову директиву (2000/60/ЄС). Водночас система управління й охорони водних ресурсів є частиною управління державою. У кожній європейській країні вона має національні особливості, що пов'язано зі специфікою історичного шляху формування державного управління, рівнем економічного та соціального розвитку, екологічною ситуацією та географічними характеристиками території країни, наявністю та станом водних ресурсів, культурою та укладом життя населення. Основна вимога Водної рамкової директиви (ВРД) – це комплексне планування управління водами на основі басейнового підходу, яке передбачає:

- моніторинг якості та кількості води;
- оцінку потреб суспільства у воді та вплив діяльності людини на водні басейни;
- установлення цілей;
- розробку програм, спрямованих на досягнення цілей;
- відкритість, консультації з громадськістю для прийняття рішень;

- моніторинг і звітність про виконання Директиви.

Переваги від упровадження Водної рамкової директиви:

- ✓ координований підхід, який досягнуто через поєднання управління поверхневими водами та управління підземними водами;
- ✓ уникнення нестачі та екологічних втрат через надмірне споживання води. Досягається за допомогою приведення якості води до відповідних вимог;
- ✓ раціональне та стійке використання водних ресурсів без забруднення за допомогою економічних механізмів;
- ✓ запобігання управлінню на основі дотримання адміністративних меж. Управління засновано на басейнах річок і водозборах (басейновий принцип).

Незважаючи на те, що ЄС відіграє провідну роль, відповідальність за ефективне виконання ВРД лежить на державах-членах. Національні уряди несуть відповідальність за виконання водогосподарської політики ЄС на національному рівні. Це дуже важлива ланка в системі, тому що найдосконаліше законодавство ЄС не може бути виконано ефективно, якщо воно правильно не застосовуватиметься державами-членами і не переведено в їхні національні законодавства. Згідно зі ст. 13 Водного кодексу України (1995) державне управління в галузі використання й охорони вод і відтворення водних ресурсів має здійснюватися за басейновим принципом на основі міждержавних, державних і регіональних програм використання й охорони вод і відтворення водних ресурсів. На сьогоднішній день у країні формуються методологічні та методичні засади цього підходу, розробляються програми з екологічного оздоровлення окремих річкових басейнів, створюються громадські дорадчо-консультативні басейнові ради. У світовій практиці закладено досить широкий спектр основних принципів, які мають стати базою формування сучасної системи управління використанням, охороною та відтворенням водних ресурсів. Якщо згрупувати ці керівні принципи за їхніми функціональними особливостями відносно екологічного управління на регіональному рівні, то можна виділити принаймні три основні групи:

1. Використання основних положень концепції сталого розвитку при формуванні стратегії водокористування та водоохорони;
2. Басейновий підхід до планування та управління водними ресурсами;
3. Екосистемний принцип регулювання використання, охорони та відтворення водних ресурсів та регламентації антропогенного навантаження на довкілля.

2. Рамкова водна директива, законодавчі акти ЄС

Європейська інтеграція України – більше ніж мета чи безвіз. Це також практичні «щоденні» переваги, які отримує кожний громадянин України від того, що країна починає жити за європейськими стандартами. Збереження водних екосистем, доступ до достовірних даних моніторингу водних ресурсів, покращення якості води для українців теж є частиною цього великого руху євроінтеграції. Датою початку реалізації Директив Україною є 1 листопада 2014 р. План імплементації ВРД ЄС затверджено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 квітня 2015 року № 371 «Про схвалення розроблених Міністерством екології та природних ресурсів планів імплементації деяких актів законодавства ЄС» http://www.kmu.gov.ua/document/248102954/Dir_2000_60.pdf

Законодавчі акти ЄС, що встановлюють вимоги до якості поверхневих вод:

– Директива 2000/60/ЄС, (Водная рамкова Директива), що встановлює основу для дій у сфері водної політики;

– Директива 2006/11/ЄС «Про забруднення, спричинене деякими небезпечними речовинами, що скидаються до водного середовища Співтовариства»;

– Директива 2008/105/ЄС, що встановлює стандарти якості навколишнього середовища (СЯНО) у сфері водної політики для речовин, боротьба із забрудненням яких потребує першочергових заходів;

– Директива 96/61/ЄС Про комплексне запобігання і контроль забруднення (Директива КЗКЗ);

– Директива 2006/7/ЄС «Про управління якістю вод у зонах купання (пляжних зон)»; Директива 98/83/ЄС з питної води;

– Директива 91/271/ЄС, що стосується очищення міських стокових вод.

Угода про асоціацію Україна-ЄС враховує шість директив щодо якості води та управління водними ресурсами, і має забезпечити їх впровадження в Україні.

Рамкова водна директива встановлює засади управління усіма водними ресурсами з метою попередження погіршення стану вод. Вона вимагає затвердження планів управління річковими басейнами та програм заходів з метою досягнення «доброго стану» вод (що включає добрий хімічний та добрий екологічний стан), визначення охоронних зон. Вона також містить перелік пріоритетних речовин, забруднення вод якими потребує спеціальних заходів (для таких речовин встановлені стандарти екологічної якості мають бути досягнуті для цілей досягнення доброго хімічного стану). У 2022 році Європейська Комісія вийшла з пропозицією додати 24 нових речовини в якості

пріоритетних. Рамкова водна директива містить вимоги щодо проведення моніторингу стану поверхневих, підземних та інших вод. Для таких пріоритетних речовин (а також деяких інших) встановлені стандарти екологічної якості (максимальні концентрації) у Директиві 2008/105/ЄС.

Директива 2006/118/ЄС про захист ґрунтових вод від забруднення та виснаження встановлює вимоги до якості ґрунтових вод.

Директива 2007/60/ЄС про оцінку та управління ризиками затоплення є системним інструментом, що також базується на інтегрованому управлінні водними ресурсами. Головною її метою є зменшення та управління ризиками затоплення шляхом оцінки, картування та розробки планів управління ризиками.

Директива 2006/7/ЄС про управління якістю вод, призначених для купання, вимагає моніторингу, оцінки стану вод, де купаються люди, та інформування громадян. Окремим імплементуючим рішенням Європейська Комісія 2011/321/ЄС встановила вимоги до інформаційних знаків, які мають бути розміщені для інформування населення про стан води для купання, рішенням (ЄС) 2017/1583 – стандарти еквівалентності мікробіологічних методів.

Практичні завдання, що впливають з імплементації актів у цій сфері, є складними, потребують значного часу, людських та матеріальних ресурсів, спроможності органів влади. Серед таких завдань можна виділити встановлення (визначення) річкових басейнів та морських вод, розробка відповідних планів управління водними басейнами, ризиками затоплення, моніторинг стану водних ресурсів, встановлення стандартів якості водних ресурсів та нормативів скидів, звітування тощо. Рамкова водна директива встановлює засади управління усіма водними ресурсами з метою попередження погіршення стану вод. Так, вона вимагає затвердження планів управління річковими басейнами та програм заходів з метою досягнення «доброго стану» вод (що включає добрий хімічний та добрий екологічний стан), визначення охоронних зон. Вона також містить перелік пріоритетних речовин, забруднення вод якими потребує спеціальних заходів (для таких речовин встановлені стандарти екологічної якості мають бути досягнуті для цілей досягнення доброго хімічного стану).

В останні роки в Україні було прийнято низку нормативно-правових актів для імплементації директив ЄС у цій сфері. Зокрема, у 2018 році Уряд схвалив Порядок здійснення державного моніторингу вод, а наприкінці 2020 року Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів затвердило перші сучасні програми моніторингу поверхневих та морських вод, які відповідають європейським вимогам. Це Програма державного діагностичного та

операційного моніторингу поверхневих вод і Програма державного моніторингу прибережних та морських вод Чорного та Азовського морів. Ці дані є підґрунтям для розробки конкретних заходів щодо управління річковим басейном для поліпшення чи підтримання стану водоєм.

3. Державний моніторинг вод в Україні, його наближення до європейських стандартів

Гармонізація взаємин людини і природи, охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання водних ресурсів – ці питання є одними з найактуальніших на даний час, бо торкаються кожного жителя планети, а від їх вирішення залежить майбутнє всього людства. При цьому забезпечення населення планети водою є одним із пріоритетів сталого розвитку, визначених ООН. Україна з кожним роком все більше відчуває як проблему нестачі води, так і накопичення екологічних проблем, безпосередньо пов'язаних із водними ресурсами. Як наслідок, сьогодні назріла необхідність створення ефективної національної системи управління водними ресурсами, здатної забезпечувати досягнення доброго екологічного стану води, раціональності її використання, впровадження дієвих стимулів для сталого розвитку. Отримання детальної об'єктивної інформації про стан басейнів річок можливе лише на основі здійснення їх систематичного державного моніторингу вод, який є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища України і здійснюється у порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України [3], ґрунтується на міжнародному та національному законодавстві.

Метою державного моніторингу вод є забезпечення збирання, обробки, збереження, узагальнення та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів [11].

Моніторинг якості поверхневих вод в Україні здійснюється за басейновим принципом, згідно з Програмою моніторингу поверхневих вод, фахівцями 27 лабораторій на 436 створах 170 річок, 29 зрошувальних систем, 1 лимані, 11 каналах комплексного призначення. Щорічно відбирають більше 3 тис. проб поверхневої води, виконують близько 100 тис. вимірювань показників, що характеризують гідрохімічний та фізико-хімічний стан водних об'єктів [5].

Організацію і проведення державного моніторингу поверхневих водних ресурсів України забезпечують державні законодавчі документи:

- ✓ Конституція України,
- ✓ Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»,

✓ Водний кодекс України, Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом»,

✓ Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля»,

✓ наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 06.02.2017 р. № 45 «Перелік забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод»,

✓ Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» та ін.

Найвищий нормативний документ – Конституції України, де гарантуються права на достатній життєвий рівень та екологічну безпеку шляхом забезпечення питною водою в необхідних обсягах та відповідно до встановле них нормативів. У статті 50 вказано: «Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди» [8]. Практичну реалізацію відносин у згаданій сфері регулюють правові акти нижчого рівня: Водний кодекс України, закони України, укази Президента України, постанови Кабінету Міністрів України, акти міністерств та відомств, територіальних органів тощо.

Основним законодавчим актом у галузі водного господарства в Україні є Водний кодекс України, який разом з іншими заходами організаційного, правового, економічного і виховного впливу сприяє формуванню водно-екологічного правопорядку і забезпеченню екологічної безпеки населення України, а також більш ефективному, науково обґрунтованому використанню вод та їх охороні від забруднення, засмічення та вичерпання [2]. Водний кодекс України в статті 21 визначає поняття державного моніторингу вод. У ній вказано, що «з метою забезпечення збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюється державний моніторинг вод. Складовими державного моніторингу вод є моніторинг таких показників:

- біологічних,
- гідроморфологічних,
- хімічних,
- фізико-хімічних.

На виконання Водної директиви та зобов'язань України за Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом 4 жовтня 2016 р. було

прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом» [6]. Закон вніс суттєві зміни до Водного Кодексу України. Зокрема було запроваджено гідрографічне і водогосподарське районування території України, реалізовано басейновий принцип управління водними ресурсами, впроваджено методику і класифікацію екологічного та хімічного стану масиву поверхневих вод, екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод, а також кількісного та хімічного стану масиву підземних вод. Цими змінами також було передбачено визначення «Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод», що реалізовано через наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 02.02.2017 р. № 45 [9].

Моніторинг водних ресурсів закладено в конструкцію основного екологічного закону України Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», в якому серед іншого в ст. 20 зазначено повноваження стосовно «організації моніторингу навколишнього природного середовища, створення і забезпечення роботи мережі загальнодержавної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації» [7]. Стаття 22 згаданого Закону визначає, що «з метою забезпечення збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень в Україні створюється система державного моніторингу навколишнього природного середовища».

Результати моніторингу та оцінки виконання стратегії державної екологічної політики висвітлюються у Національній доповіді про реалізацію державної екологічної політики України, що подається Кабінетом Міністрів України Верховній Раді України кожні п'ять років, у регіональних та галузевих екологічних щорічних звітах, які подаються до центрального органу виконавчої влади.

Після ратифікації **Водної рамкової директиви та підписання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС у 2014 р.**, наша держава взяла на себе ряд зобов'язань з адаптації власного нормативного поля, стандартів, процедур та методів здійснення моніторингу. Базовим документом стала Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Порядок здійснення державного моніторингу вод» [12], яка набрала чинності з 1 січня 2019 р. Даний документ відповідає директивам ЄС і допоможе отримати більше інформації про стан вод в Україні. Відповідно до нового документа, моніторинг

здійснюється за басейновим принципом управління річками. Оцінка стану проводиться для всього басейну річки, а не для частини в межах адміністративного поділу (інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом на законодавчому рівні було запроваджено ще в 2016 р.). Цей принцип управління водними ресурсами також гарантує безпосередній зв'язок між платою за водокористування і фінансуванням пріоритетних водоохоронних заходів у межах басейну.

Раніше результати моніторингу, отримані в якійсь частині річки, приписувалися всій річці, то відповідно до нового «Порядку ...» моніторинг буде проводитися для кожного водного масиву окремо. І буде застосовуватися інший принцип порівняння річок – не між собою або з гірською річкою, де дуже чиста вода, а один і той самий річковий басейн із самим собою у різні періоди спостереження, у динаміці. Також приведено розширений список біологічних, гідроморфологічних, хімічних і фізико-хімічних показників для моніторингу – загалом 45 пріоритетних речовин забруднювачів. Різні показники використовуються до різних вод: поверхневих, підземних та морських. Передбачено 5 класів екологічного стану: «відмінний», «добрий», «задовільний», «поганий» та «дуже поганий» та 2 класи хімічного стану: «добрий» та «недосягнення доброго». Практичною реалізацією постанови став наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 31 грудня 2020 р. № 410 «Про затвердження програм державного моніторингу вод» [10], який вперше визначив систематичний діагностичний та операційний моніторинг поверхневих вод із фіксуванням біологічних, фізико-хімічних, хімічних (пріоритетних), хімічних (басейнових специфічних), гідроморфологічних показників. У плані моніторингу також зазначено: назви та коди пунктів моніторингу, географічні координати (довгота, широта), район річкового басейну, суббасейн, категорію поверхневих вод, тип масиву поверхневих вод. Визначено періодичність, суб'єктів та виконавців моніторингу. Суб'єктами державного моніторингу вод є:

- Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Мінприроди),
- Державне водне агентство України (Держводагентство),
- Державна служба геології та надр України (Держгеонадра),
- Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС),
- Державне агентство України з управління зоною відчуження (ДАЗВ) (у зоні відчуження та зоні без умовного (обов'язкового) відселення території, що зазнала радіоактивного забруднення в наслідок Чорнобильської катастрофи).

Об'єктами державного моніторингу вод є:

- масиви поверхневих, у тому числі поверхневі прибережні води і зони, які підлягають охороні,
- підземні води,
- морські води в межах територіального моря і виключної морської економічної зони, в тому числі зони, які підлягають охороні.

Загальну координацію та організацію моніторингу доручено Мінприроди. Цим документом визначено чіткий розподіл обов'язків між суб'єктами моніторингу без дублювання повноважень, введено нові показники моніторингу, які в Україні до цього часу не вимірювались – пріоритетні, гідроморфологічні та біологічні [12]. Згідно з новою системою моніторингу поверхневих, підземних та морських вод, передбачено чіткий розподіл обов'язків між організаціями, які вимірюють показники, без дублювання повноважень, запроваджено шестирічний цикл моніторингу, збільшення кількості пунктів моніторингу вод із сотень до декількох тисяч.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України визначено відповідальним за розробку та затвердження програми державного моніторингу. Нормативним актом визначено, що така програма повинна містити: інформацію про об'єкт державного моніторингу вод (код, найменування об'єкта, місце розташування та інші характеристики); біологічні, фізико-хімічні, хімічні та гідроморфологічні показники, періодичність здійснення моніторингу, інформацію про суб'єкта та виконавця моніторингу вод.

Також передбачено категорії процедур, що проводяться відповідно до цілей та завдань моніторингу, а саме процедури:

- діагностичного моніторингу,
- операційного моніторингу,
- дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод
- процедуру моніторингу морських вод.

Діагностичний, операційний та дослідницький моніторинг будуть здійснюватися за біологічними, фізико-хімічними, хімічними та гідроморфологічними показниками за басейновим принципом. Для цього готують відповідні програми державного моніторингу вод у басейнах річок. Здійснення діагностичного моніторингу масивів поверхневих вод є одним із найважливіших етапів розробки Плану управління річковим басейном. Впровадження європейських стандартів з управління водними ресурсами шляхом реалізації Плану управління річковим басейном має на меті досягнення «доброго» екологічного стану водних об'єктів [1]. Діагностичний моніторинг проводиться для поверхневих вод протягом першого року здійснення держмоніторингу, для підземних вод – протягом перших двох років державного

моніторингу. Він допоможе дізнатись як діяльність людини вплинула на кількісний та якісний стан води. На його основі будуть розроблені заходи для досягнення «доброго екологічного стану» та «доброго хімічного стану» вод. Операційний моніторинг здійснюється для водойм, де існує ризик недосягнення доброго екологічного стану вод, або щороку проводиться забір води для питних і побутових потреб. Дані операційного моніторингу є підґрунтям для розробки конкретних заходів у плані управління річковим басейном для поліпшення чи підтримання стану водойм. Дослідницький моніторинг здійснюється суб'єктами держмоніторингу вод, які самостійно визначають пункти, перелік показників та періодичність їх вимірювання. На основі даних та інформації, отриманих у результаті здійснення моніторингу масивів вод, визначаються екологічний та хімічний стан масивів поверхневих/підземних вод, екологічний потенціал штучних або істотно змінених масивів поверхневих та морських вод [4, 12].

Відповідно до Програми державного моніторингу вод, затвердженої наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «Про затвердження програм державного моніторингу вод» від 31.12.2020 р. № 410 [10], діагностичний моніторинг здійснюється за такими показниками і з такою періодичністю:

- біологічні (1 раз на рік),
- фізико-хімічні (12 разів на рік),
- хімічні (пріоритетні) (12 разів на рік),
- хімічні (басейнові специфічні) (12 разів на рік),
- гідроморфологічні (1 раз на 6 років).

З урахуванням зібраних даних про масиви вод розробляють плани управління річковими басейнами та оцінюють рівень досягнення екологічних цілей; щодо морських вод, то розробляють морську стратегію досягнення «доброго» екологічного стану [12].

4. Водна стратегія України на період до 2050 р.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 9 грудня 2022 р. № 1134-р схвалено Водну стратегію України на період до 2050 р.

Стратегія покликана розв'язати основні водні проблеми країни, а саме:

- забезпечення рівного доступу до якісної, безпечної для здоров'я питної води;
- досягнення «доброго» екологічного стану вод;
- запобігання посухам, паводкам та іншим шкідливим діям вод;
- стале управління водними ресурсами за басейновим принципом.

Серед очікуваних результатів Стратегії:

- до 2024 року – 100% законодавчої бази у водній сфері відповідає вимогам ЄС;
- до 2024 року – створено 9 планів управління річковими басейнами;
- з 2025 року – щорічне відновлення не менше 5 км русел малих річок;
- до 2027 року – 100% прального порошку містить дозволені концентрації фосфатів та інших сполук фосфору;
- до 2032 року – до 20% зниження щорічного обсягу збитків, завданих повеннями й паводками, порівняно з 2020 роком;
- до 2030 року – 100% міського населення мають якісне водопостачання та водовідведення;
- до 2050 року – 95% сільського населення мають якісне водопостачання та водовідведення;
- 2043-2050 роки – 100% виконання показників планів управління річковими басейнами й планів управління ризиками затоплення.

Система моніторингу поверхневих водних ресурсів в Україні набула законодавчого обґрунтування. З 2019 р. в Україні запроваджено європейські підходи щодо здійснення моніторингу вод відповідно до вимог Водної рамкової директиви, згідно з якою моніторинг є невід’ємною частиною реформи екологічного контролю та відповідальності й основою для прийняття будь яких управлінських рішень. Основним завданням є реальна оцінка стану водних ресурсів та можливість ухвалення ефективних рішень на основі достовірних даних, надання громадськості доступу до інформації про стан водних об’єктів. Відповідно до вимог інтеграції із ЄС, усі отримані дані будуть класифіковані за європейськими стандартами та у повній відповідності водним директивам ЄС.

Література

1. Визначено процедури моніторингу підземних та поверхневих вод [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: <https://lexinform.com.ua/zakonodavstvo/vyznachenno-protsedury-monitoringu-pidzemnyh-ta-poverhnevyh-vod>
3. Гусятинський М. В. Еколого-економічні проблеми питного водопостачання в Україні / М. В. Гусятинський, Т. М. Чорна // Вода: проблеми та шляхи вирішення : зб. статей наук.-практ. конф., м. Рівне, 6–8 липня 2016 р. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка. – С. 53-59.
4. Державний моніторинг масивів поверхневих вод за європейськими стандартами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://buvrzt.gov.ua/monitoring.html>.

5. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / [А. І. Томільцева, А. В. Яцик, В. Б. Мокін та ін.]. – К.: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 200 с.

6. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами за басейновим принципом : Закон України [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – 2016. – № 46. – Ст. 780. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19#Text>.

7. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41. – Ст. 546. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>.

8. Конституція України//Відомості Верховної Ради України. – 1996. – № 30.

9. Перелік забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод : наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 06.02.2017 р. № 45 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0235-17#Text>.

10. Про затвердження програм державного моніторингу вод: наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 31.12.2020 р. № 410 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/documents/3190html?fbclid=IwAR3BUKltEXjNSY3kz7fKr3w8As2HnUaXAffUFWa8zUIDp0I11ATDe7gWoI>

11. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF#Text>.

Лекція 10. Європейський моніторинг ґрунтів в Україні: законодавча база, методичне та технічне забезпечення для практичної реалізації.

План.

1. Особливості організації моніторингу ґрунтів.
2. Моніторинг ґрунтів в Україні.
3. Техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу.
4. Джерела і види деградації ґрунтів.
5. Принципи організації спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунтів

1. Особливості організації моніторингу ґрунтів

Моніторинг ґрунтів умовно поділяється на

- моніторинг забрудненості ґрунтів;
- моніторинг ерозії ґрунтів;
- моніторинг засоленості ґрунтів.

Усі зазначені види моніторингу ґрунтів дають змогу оцінити як можливість використання ґрунтів для певних видів їх призначення, так і визначити їх ринкову вартість.

1982 року Міжнародна організація з продовольства (ФАО) прийняла Всесвітню хартію ґрунтів, у якій закликала уряди всіх країн розглядати ґрунтовий покрив як всесвітнє надбання людства, а 1983 року ЮНЕП затвердила Основи світової ґрунтової політики.

Моніторинг ґрунтів у Європі існує, з одного боку, у рамках кількох програм (Міжнародна кооперативна програма з оцінки і моніторингу аерального забруднення лісів, Міжнародна програма комплексного моніторингу, що охоплює 31 європейську країну, Європейський геологічний форум), а з іншого боку – як самостійні мережі точок в окремих країнах.

На розвиток мереж моніторингу ґрунтів у Європі значною мірою вплинули різні директиви Європейського Союзу, зокрема «Нітратна» Директива 91/676/ЄЕС, Директива про стале використання пестицидів (Директива 2009/128/ЄС), Директива 86/278/ЄЕС про захист навколишнього середовища та, зокрема, ґрунту у випадках використання у сільському господарстві осаду стічних вод, Регламент про добрива (Регламент ЄС 2019/1009), Регламент про ртуть (Регламент ЄС 2017/852) і Регламент про засоби захисту рослин (Регламент ЄС 1107/2009), про допустимі концентрації важких металів, контроль викидів підприємств, застосування стоків і відходів виробництва на сільськогосподарських угіддях тощо. У підсумкових документах акцентовано увагу на необхідності вирішення (гармонізації та стандартизації) низки методичних питань: ґрунтові індикатори, формування мереж

EuroSoilMonitoringNet, вибір і опис об'єктів (техніка відбору зразків, глибина і часові інтервали відбору), методи вивчення, бази даних та інформаційні системи. До важливих аспектів регулювання забруднення ґрунтів також можна віднести законодавство з оцінки впливу на довкілля. Для визначення обсягів компенсації екологічної шкоди важливо враховувати положення Директиви ЄС і РЄ від 21 квітня 2004 року № 2004/35/ЄС про екологічну відповідальність за попередження та ліквідацію наслідків завданої навколишньому середовищу шкоди.

Останніми роками в багатьох країнах Європейського Союзу поживавлено роботу з моніторингу ґрунтів у зв'язку з ухваленням ЄС 17 листопада 2021 року нової ґрунтової стратегії до 2030 року, яка проголошує створення глобальної мережі моніторингу ґрунтів. Така система передбачає застосування різноманітних сенсорів (що працюють у реальному часі) для моніторингу забруднення ґрунтів.

Конвенція ООН про боротьбу з опустелюванням у тих країнах, що потерпають від серйозної посухи та/або опустелювання, особливо в Африці (Україна приєдналася до неї 04 липня 2002 року) заохочує сторони Конвенції до зміцнення можливостей в галузі оцінки і моніторингу, включаючи гідрологічні і метеорологічні служби. Національні програми дій сторін Конвенції мають передбачати заходи з моніторингу і оцінки наслідків посухи, включаючи моніторинг та оцінку екологічної деградації для надання надійної, своєчасної інформації про процеси та динаміку деградації ресурсів у цілях інформування і сприяння розробці більш ефективної політики і відповідних заходів.

У ЄС моніторингом земель та ґрунтів займаються:

- ✓ Європейське Екологічне Агентство, а саме, його організація European Topic Centre on Urban Land and Soil Systems (ETC/ULS), що входить до мережі Eionet;
- ✓ Європейська Статистична служба (Євростат);
- ✓ в рамках функціонування мережі Eionet – тематичні групи експертів, відомі під назвою National Reference Centres Soil, або NRC Soil. Зокрема, Євростат організувала платформу моніторингу земель LUCAS та підтримує однойменну базу даних ґрунтів LUCAS topsoil database.

Науково-технічну підтримку цих робіт здійснює Joint Research Centre при Європейській Комісії. Усі організації та установи тісно співпрацюють між собою у координації зусиль та в обміні інформацією.

Методологічна основа моніторингу земель та ґрунтів LUCAS полягає в тому, що моніторинг проводиться шляхом точкових статистичних спостережень, на більше ніж 250 000 точках в межах всього ЄС. Спостереження

охоплюють різні типи землекористування і типи ґрунтового покриття. Спостереження повторюються раз у кілька років, що дозволяє виявити зміни у землекористуванні.

Методичні засади ідентифікації ґрунтового покриття ЄС описані у технічному звіті "LUCAS Topsoil Survey: methodology, data and results". Кожні три роки здійснюється перегляд та оновлення методології, розширення мережі точок спостережень.

Визначено три групи цільових параметрів для моніторингу стану ґрунтів:

- фізична деградація (внаслідок ерозії, поховання, ущільнення);
- хімічна деградація (забруднення, закислення, евтрофікація);
- біологічна деградація ґрунтів, втрата ґрунтами органічної речовини та їх багатофункціональних властивостей (їх екосистемних функцій).

В цілому, організаційні та методичні засади моніторингу земель у ЄС добре розвинені. У 2021 році організація European Topic Centre on Urban Land and Soil Systems (ETC/ULS) підготувала та опублікувала технічний звіт "Soil monitoring in Europe: Indicators and thresholds for soil quality assessments" (2021). Разом з тим, у системі організації моніторингу ґрунтів у ЄС все ще залишаються питання, зокрема, щодо цільових параметрів, схем відбору проб та їх аналізу, критеріїв просторово-часової репрезентативності, вимог до статистичної обробки для оцінки невизначеностей і тенденцій, рівнів інтенсивності (деталізації) вимірювань, інтеграції з іншими видами екологічного моніторингу (клімат, повітря, біорізноманіття, якість води).

2. Моніторинг ґрунтів в Україні

Ґрунт – це особливе органо-мінеральне природне утворення, яке виникло як внаслідок впливу живих організмів на мінеральний субстрат і розкладу мертвих організмів, так і за рахунок впливу природних вод і атмосферного повітря на поверхневі горизонти гірських порід у різних умовах клімату і рельєфу в гравітаційному полі Землі. З іншого боку, ґрунт – це найбільш малорухоме природне середовище порівняно, наприклад, з атмосферою або поверхневими водами. Міграція забруднювальних речовин в ґрунті протікає відносно повільно. Тому, високі рівні забруднення ґрунтів деякими речовинами локалізуються в місцях їх викиду у зовнішнє середовище. Окрім того, можлива поступова зміна хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища та живих організмів. Найбільш інтенсивним шляхом переносу забруднень, які потрапляють на ґрунт, може бути перенесення з атмосферним повітрям у випадку потрапляння забруднень з ґрунту в атмосферу через випаровування або разом з пилом. Іншим відносно швидким шляхом розповсюдження забруднювачів є змив їх стічними водами. Але далеко не всі ці

механізми переносу грають суттєву роль у забрудненні ґрунтів. Під впливом фізико-хімічних факторів і, головним чином, в результаті діяльності мікроорганізмів, відбувається розкладання забруднювальних речовин органічного складу. У ряді випадків (забруднення ґрунтів бенз(а)піреном, пестицидами та іншими речовинами) можливе навіть встановлення рівноваги між надходженням на ґрунт та їх розкладанням у ґрунті.

Спостереження за станом земель і ґрунтів та вмістом у них забруднювальних речовин здійснюють 6 суб'єктів моніторингу:

- МНС (Державна гідрометеорологічна служба),
- Мінприроди (Державна екологічна інспекція),
- МОЗ (санітарно-епідеміологічна служба),
- Мінагрополітики,
- Держкомлісгосп,
- Держкомзем України.

Державна гідрометеорологічна служба здійснює спостереження та моніторинг забруднення ґрунтів сільськогосподарських земель пестицидами на 35 ділянках у 18 областях та важкими металами у 20 населених пунктах. Проби відбираються один раз у п'ять років, проби на важкі метали у деяких містах відбираються щороку.

Державна екологічна інспекція здійснює відбір проб на понад 600 промислових майданчиках та визначення забруднень за 27 показниками.

Санітарно-епідеміологічна служба здійснює контроль та моніторинг стану ґрунтів на територіях, де можливі наслідки негативного впливу на здоров'я населення. Найбільше охоплені території вирощування сільськогосподарської продукції, території в місцях застосування пестицидів, ґрунти у зоні житлових масивів, дитячих майданчиків та закладів. Досліджуються проби ґрунту в місцях зберігання токсичних відходів на території підприємств та поза нею у місцях їх складування або захоронення.

Мінагрополітики здійснює спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання. Мережа, на якій ведуться спостереження та моніторинг ґрунтів підрозділами Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів, складається з 1003 ділянок. Здійснюються радіологічні, агрохімічні, токсикологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів і важких металів.

Держкомлісгосп здійснює спостереження за ґрунтами лісових масивів та впливом на них прилеглих промислових зон, у тому числі наявності важких металів у ґрунтах та рослинному покриві. Держкомзем здійснює спостереження за проявами ерозійних та інших екзогенних процесів, просторового забруднення земель об'єктами промислового та сільськогосподарського

виробництва, за зрошуваними і осушуваними землями, а також за динамікою змін земельних ресурсів берегових ліній водних об'єктів.

3. Техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу

В Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.М. Соколовського» НААН України (ННЦГА, м. Харків) під керівництвом академіка НААН України В. В. Медведєва розроблена концепція та техніко-економічне обґрунтування ґрунтового моніторингу в Україні. Його необхідність визначається чотирма основними факторами:

- винятковою важливістю підтримання ґрунтів у стані, за якого вони зберігають здатність до регуляції циклів біофільних елементів;

- важливістю контролю і запобігання порушенню процесів ґрунтоутворення, що виявляються в дегуміфікації, переущільненості, ерозії, підкисленні, підтопленні, засоленні тощо;

- важливістю суттєвого підвищення родючості ґрунтів, збільшення віддачі від меліорації та хімізації, поліпшення якості сільськогосподарської продукції;

- неможливістю адекватного оцінювання сучасного стану ґрунтового покриву за наявної інформації через застарілі дані, «усіченість», орієнтованість лише на вузького споживача і неузгодженість методик.

Елементи ґрунтового моніторингу були в Україні й раніше. Так, Державним інститутом з землевпорядкування «Укрземпроект» було проведено систематичне обстеження ґрунтів України в період 1956-1961 рр. в рамках 1-го туру широкомасштабного ґрунтового обстеження. В період 1975-1990 рр. проведено 2-й тур широкомасштабного ґрунтового обстеження ґрунтів України (який не було завершено – обстежено 80% площ). Порівняння результатів цих двох турів дозволили виявити небажані тенденції у зміні ґрунтового покриву:

- ✓ посилюється вплив ерозійних процесів на ґрунтовий покрив, за 20-23-річний період між турами площі еродованих орних ґрунтів зросли на 25%;

- ✓ тривають процеси дегуміфікації ґрунтів, вміст гумусу в ґрунті в середньому по Україні зменшився на 0,3%;

- ✓ відбулось значне ущільнення ґрунтів через систематичні втрати гумусу і постійний вплив на ґрунт ходових систем і ґрунтообробних машин;

- ✓ декальцинація ґрунтів, поява та збільшення гідролітичної кислотності на чорноземах типових та звичайних, причиною яких стало внесення високих доз мінеральних добрив;

✓ затоплення великих площ заплавлених земель в результаті будівництва каскаду водосховищ на Дніпрі, що також призвело до підйому підґрунтових вод і підтоплення територій, віддалених від водосховищ.

До 2000 року підрозділами «Сільгоспхімії» проведено чотири тури агрохімічних обстежень, які дали змогу виявити тенденції у зміні гумусного стану ґрунтів, реакції ґрунтового середовища, забезпеченості ґрунтів доступними фосфатами та обмінним калієм в окремих господарствах, областях і в цілому по Україні. Елементи ґрунтового моніторингу виконувались також гідрологічно-меліоративними експедиціями Мінмеліоводгоспу, а зараз відповідними службами Мінагрополітики (моніторинг ґрунтів меліоративного фону, іригаційної ерозії), гідрометеостанціями, Укргеологією, Держгеослужбою, установами академій наук України, Національним космічним агенством України (дистанційне зондування) тощо. Проте ці роботи і досі виконуються безсистемно та відірвано одна від одної. Зараз в Україні служба ґрунтового моніторингу формується в межах державної системи моніторингу довкілля. До її завдань входить періодичний контроль динаміки основних ґрунтоутворювальних процесів – фізичних, хімічних, біологічних та інших у природних умовах і при накладанні антропогенного навантаження.

Об'єктами ґрунтового моніторингу виступають основні типи, підтипи, фони, види і різновиди ґрунтів, які підбираються у межах ґрунтової провінції і максимально відображають різноманітність ґрунтового покриву, усі рівні антропогенного навантаження. Постійними пунктами контролю вибрано природні об'єкти (ліси, заповідники), еталонні об'єкти високого рівня сільськогосподарського використання ґрунтів (держсортдільниці, варіанти стаціонарних дослідів, поля господарств, де впроваджена ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства), звичайні господарства.

Стан ґрунтів достовірно діагностується за наявності інформації про зміни структури ґрунтового покриву, трансформації земельних угідь, оцінки темпів зміни основних показників (гумусу, рН, повітряного та поживного режимів, ємності катіонного обміну, фізичного, водного, забрудненості, біологічної активності), оцінки інтенсивності ерозії, показників меліоративного стану (якості зрошувальних вод, рівня мінералізації підґрунтових вод, засоленості ґрунтів зони аерації, вторинного осолонцювання, оцінки темпів спрацювання осушених торфовищ, трансформації органічної речовини, вторинного озалізнення) і, нарешті, оцінки ефективності родючості ґрунтів.

Спостереження ведуться наземними (стандартними методами і приладами) та дистанційними засобами (дистанційне зондування). Відпрацювання кореляційних зв'язків між наземними і дистанційними методами здійснюється на спеціальних полігонах. В ННЦІГА розроблено програму спеціальних

досліджень, спрямованих на методичне забезпечення дистанційного ґрунтового моніторингу. Відповідно до цієї програми створюються і опробовуються методи дистанційного визначення ґрунтових характеристик, а також відповідна знімальна апаратура і засоби оперативного дешифрування інформації.

4. Джерела і види деградації ґрунтів

Якщо під впливом природних факторів не порушується рівновага та хід звичних геологічних процесів, то під впливом антропогенних факторів відбуваються негативні процеси, які призводять до деградації та виснаження ґрунтів, вилучення їх з сільськогосподарського користування.

Деградація ґрунтів – сукупність процесів, обумовлених діяльністю людини, які зменшують їх родючість. Розрізняють фізичні, хімічні, біологічні види деградації. Причини деградації ґрунтів: ерозія, порушення правил агротехніки, знищення лісів, надмірне використання засобів хімізації, кислотні опади тощо. Опустелювання – це процес погіршення і зниження продуктивності територій, який відбувається в будь-яких кліматичних умовах, а його інтенсивність залежить від зниження водного і підвищення теплового режиму. Важливою причиною опустелювання є антропогенний вплив без урахування взаємозв'язку природних компонентів (рельєфу, ґрунту, рослинного і тваринного світів), що формують біологічну продуктивність території, стійкість до впливу зовнішніх чинників.

Засолення спричиняє повному або частковому вилученню ґрунтів з активного сільськогосподарського використання, зменшення їх продуктивності. Основна причина – непомірний, безсистемний полив при відсутності дренажу. Повторне засолення: неглибоко залягаючі мінералізовані ґрунтові води, підіймаючись капілярами ґрунту і випаровуючись, залишають солі біля поверхні; при надмірному поливі відбувається підйом ґрунтових вод, заболочування і засолення ґрунту солями, розчиненими в цих водах.

За даними ФАО, не менш як 50% площ всіх зрошуваних земель у світі засолено. Відбувається відчуження земель на будівництво шляхів, промислових підприємств, житла, комунікацій, розширення міст (понад 60 млн. га).

Щорічно у ґрунтах України знижується вміст гумусу (на 1,5-1,8 т/га на рік), що збільшує ущільнення ґрунтів і знижує їх водомісткість в 15-20 разів. Дегуміфікація пов'язана зі зменшенням кількості і погіршенням якості органіки, що надходить в ґрунт. Для запобігання дегуміфікації необхідно вносити 8-12 т/га перегною на рік, заорювати пожнивні залишки в ґрунт, застосовувати мульчування поверхні соломою, використовувати мінеральні добрива тощо. Оптимальним вважається вміст гумусу у верхніх горизонтах чорноземів 5-7%.

4.1. Показники техногенного порушення і забруднення ґрунтового шару

За ступенем небезпеки хімічні речовини, які забруднюють ґрунтовий покрив, підрозділяються на 3 класи (ДСТУ 17.4.1.02-83): 1 – високонебезпечні, 2 – задовільно небезпечні, 3 – малонебезпечні (табл.1).

Таблиця 1.

Критерії класів небезпечності хімічних речовин в ґрунтах

№	Показники	Норма для класів небезпеки		
		I клас	II клас	III клас
1.	Токсичність, ДЛ ₅₀ , мг/кг	<200	200-1000	>1000
2.	Персистентність в ґрунті, міс.	>12	6-12	<6
3.	ГДК в ґрунті, мг/кг	<0,2	0,2-9,5	>0,5
4.	Міграція	мігрують	Слабо мігрують	Не мігрують
5.	Персистентність в рослинах, міс.	>3	1-3	<1
6.	Вплив на харчову цінність сільськогосподарської продукції	сильний	помірний	немає

Відзначені показники розглядаються як критерії оцінювання забруднення ґрунтів і гірських порід неорганічними та органічними речовинами. Загальне оцінювання ступеня забруднення ґрунтового покриву можна проводити за критеріями, які виділяють слабко-, середньо- і сильно забруднені ґрунти.

У слабкозабруднених ґрунтах вміст ЗР не перевищує ГДК або фонове значення. У середньозабруднених – перевищення ГДК (фону) незначне і не призводить до істотних змін властивостей ґрунтів. У сильно забруднених ґрунтах вміст ЗР у кілька разів перевищує ГДК (фон), що істотно позначається як на властивостях ґрунтів, так і на якості сільськогосподарської продукції. Іноді проводять оцінювання за ступенем забруднення окремими ЗР (ВМ, нафтою і нафтопродуктами, бенз(а)піреном тощо). Для вилучення техногенної складової використовуються дані з незабруднених територій або територій з викопними ґрунтами, що не зазнали антропогенного впливу. Ґрунти вважаються забрудненими, коли концентрація нафтопродуктів (НП) у них досягає такої величини, при якій починаються негативні екологічні зміни в НПС: порушується екологічна рівновага в ґрунті, гине ґрунтова біота, падає продуктивність чи настає загибель рослин, відбувається зміна морфології, водно-фізичних властивостей ґрунтів, падає їх родючість, створюється небезпека забруднення підземних і поверхневих вод. Небезпечним рівнем

забруднення ґрунту вважається рівень, що перевищує межу потенціалу самоочищення.

У деяких країнах прийнято вважати верхнім безпечним рівнем (Н) вміст НП у ґрунті 1 – 3 г/кг; початок серйозної екологічної шкоди (К) – при вмісті 20 г/кг і вище. З огляду на фізико-географічні умови України (а також характер землекористування), що впливають на процеси самоочищення при забрудненні природного середовища НП, для практики проведення робіт з детоксикації НП у ґрунті доцільно прийняти такі ступені градації забруднення ґрунтів НП (з урахуванням кларку):

- незабруднені ґрунти – до 1,5 г/кг;
- слабе забруднення – від 1,5 до 5 г/кг;
- середнє забруднення – від 5 до 13 г/кг;
- сильне забруднення – від 13 до 25 г/кг;
- дуже сильне забруднення – більше 25 г/кг.

Слабе забруднення може бути ліквідоване в процесі самоочищення ґрунту в найближчі 2-3 роки, середнє – протягом 4-5 років. Початком серйозної екологічної шкоди є забруднення ґрунту НП у концентраціях, що перевищують 13 г/кг, при цих концентраціях починається міграція НП у підґрунтові води, істотно порушується екологічна рівновага в ґрунтовому біоценозі. Вважається, що концентрації, менші 5 г/кг, відповідають зоні екологічної норми (Н), 5-13 г/кг – ризику (Р), 13-15 г/кг – кризи (К) і більш 25 г/кг – зоні лиха (Л).

Слід зазначити, що ступінь забруднення ґрунтового покриву НП не завжди відбивається на їх транслокації (відповідно і на якості сільськогосподарської продукції), що, очевидно, зв'язано з гідрофобністю більшості вуглеводних і неуглеводних фракцій. Необхідно диференціювати ЗР ґрунтів за класом небезпеки згідно з ДСТУ 17.4.1.02-83 (табл.2).

Таблиця 2.

Загальна оцінка ступеня забруднення літосфери з виділенням класів екологічного стану

Показник	Класи (зони) екологічного стану			
	З(Н)	УЗ(Р)	НЗ(К)	К(Л)
Концентрація всіх елементів і сполук	Фонові чи <1 ГДК	Компоненти 2 і 3 класів небезпеки в межах 1-5 ГДК; 1 кл. – на рівні 1ГДК	Компоненти 2 і 3 класів небезпеки в межах 5-10 ГДК; 1 клас – 1-5 ГДК	Компоненти 2 і 3 класів небезпеки >10 ГДК; 1 клас >5 ГДК

Одним із методів оцінювання техногенної «непорушності» ґрунтів і порід зони аерації є характер розподілу ¹³⁷Cs. Цей ізотоп цезію сорбується ґрунтом у

верхньому шарі (до 5 см), якщо даний ґрунт є «цілина»; якщо ж ґрунт оброблявся, то розподіл ^{137}Cs по всьому профілю буде практично рівномірним.

5. Принципи організації спостережень за рівнем забруднення ґрунтів

Нормативи вмісту хімічних речовин в ґрунті з урахуванням шкідливого впливу цих речовин на здоров'я людини ускладнюється тим, що основна кількість хімічних речовин з ґрунту надходить в організм людини не прямим шляхом, а харчовими ланцюжками: ґрунт-рослина-людина, ґрунт-рослина-тварина-людина, ґрунт- вода-людина, ґрунт-атмосферне повітря-людина.

Хімічні елементи, що не вловлюються при спектральному аналізі, можуть бути визначені атомно-абсорбційним методом. Цим методом визначаються також рухомі форми металів. Атомно-абсорбційний метод дозволяє визначати до 70 елементів в концентраціях на рівні 0,1-0,01 мкг/мл, що допускає аналіз без попереднього концентрування. З допомогою атомно-абсорбційного методу можна визначати Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni, Pb, Cd, Hg, As, Se. Негативні наслідки антропогенного забруднення ґрунтів (ЗГ) вже виявляються на регіональному і навіть глобальному рівнях. Тому розробка програм спостережень за рівнем хімічного ЗГ, тобто система спостережень і оцінок стану ґрунтів внаслідок антропогенного забруднення, є актуальною.

Спостереження за станом ґрунтів включає:

- реєстрацію сучасного рівня хімічного ЗГ, виявлення географічних закономірностей і динаміки тимчасових змін ЗГ в залежності від розташування і технологічних параметрів джерел забруднення;
- оцінювання можливих наслідків ЗГ і прогнозування тенденцій зміни хімічного складу ґрунтів у найближчому майбутньому;
- обґрунтування складу і характеру заходів з регулювання можливих негативних наслідків в результаті ЗГ та заходів, спрямованих на докорінне поліпшення стану вже забруднених ґрунтів;
- забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень ЗГ.

Можна виділити такі види спостережень:

- ✓ режимні або систематичні спостереження;
- ✓ комплексні спостереження, які включають дослідження процесів міграції ЗР в системах: повітря-ґрунт, ґрунт-рослина, ґрунт-вода і ґрунт-донні відкладення;
- ✓ вивчення вертикальної міграції ЗР;
- ✓ спостереження за рівнем ЗГ у певних пунктах.

Основні задачі ґрунтового моніторингу:

- вчасне виявлення несприятливих змін властивостей ґрунтового покриву при різних видах його використання;

- сезонний контроль стану ґрунтового покриву (динаміка змін) під сільськогосподарськими культурами для видачі своєчасних рекомендацій;
- оцінювання середньорічних втрат ґрунтів (швидкості втрат ґрунтового покриву в результаті дощової, вітрової, іригаційної ерозії);
- виявлення районів з дефіцитним балансом біогенних елементів, виявлення й оцінювання швидкості втрат гумусу, азоту і фосфору;
- контроль за зміною кислотності і лужності ґрунтів, особливо в районах із внесенням високих доз мінеральних добрив та поблизу великих промислових центрів – джерел підкислення атмосферних опадів;
- контроль за сольовим режимом процесів зрошування ґрунтів, що удобрюються;
- контроль за забрудненням ґрунтів важкими металами;
- контроль за локальним забрудненням ґрунтів важкими металами в зоні впливу промислових підприємств і транспортних магістралей, а також забруднення пестицидами в районах їх постійного використання;
- довгостроковий і сезонний контроль за вологістю, температурою, структурним станом, водно-фізичними властивостями ґрунтів та вмістом у них елементів живлення рослин;
- оцінювання ймовірної зміни властивостей ґрунтів при проектуванні гідробудівництва, меліорації, нових систем землеробства, добрив;
- контроль за розмірами і правильністю відчуження орнопридатних земель для промислових і комунальних цілей.

В Україні моніторинг ґрунтів регламентується постановами КМ України від 20 серпня 1993 р. № 661 «Положення про моніторинг земель» і від 30 березня 1998 р. № 391 «Положення про моніторинг довкілля». Загальні вимоги до відбору проб ґрунтів. Відбір проб здійснюється згідно з ГОСТ 28168-89 Ґрунти. Відбір зразків. Такі методи відбору проб ґрунту застосовують при загальному та локальному забрудненнях, біля підприємств-забруднювачів, поблизу автомобільних трас тощо. При загальному забрудненні ґрунтів досліджувані ділянки для відбору зразків ґрунту вибирають за координатною сіткою, вказуючи номер та координати. При локальному забрудненні ґрунтів для визначення досліджуваних ділянок використовують систему концентричних кіл, розташованих на диференційованих відстанях від джерела забруднення, вказуючи номери кіл і азимут місця відбору зразків. При дослідженні забруднень ґрунтів проби відбирають пошарово з глибин 0–5, 10–20, 21–40, 41–60 см залежно від мети дослідження. Крім того визначають розмір досліджуваної ділянки, кількість і вид проб. Максимально допустимі

розміри ділянок: в Поліссі – 8 га, лісостеповій зоні – 25 га, в степовій – 40 га. У середньому розмір ділянки дорівнює 25 га.

Для визначення в ґрунтах хімічних речовин, а також їх токсичності та мутагенності, розмір ділянки коливається від 1 до 5 га, де відбирають не менше однієї об'єднаної проби, маса якої повинна бути не менше 400 г.

5.1. Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів

Забруднення ґрунтів пестицидами. Дослідження забруднення ґрунтів проводяться на постійних і тимчасових пунктах. Постійні пункти створюються на період не менший за 5 років. Чисельність постійних пунктів залежить від кількості і розмірів господарств. До постійних пунктів відносять території молокозаводів, м'ясокомбінатів, елеваторів, плодоовочевих баз, птахоферм, рибгоспів і лісгоспів. Для оцінювання фонових забруднень ґрунту вибираються ділянки, віддалені від сільськогосподарського виробництва, промислових виробництв, в «буферній зоні» заповідників. На тимчасових пунктах спостереження ведуться протягом одного вегетаційного періоду або року.

Зазвичай у господарстві обстежується 8-10 полів під основними культурами. У області щорічно треба обстежити не менше двох господарств. Проби відбираються 2 рази на рік: навесні після сівби, восени після збирання урожаю. Для встановлення динаміки або міграції пестицидів у системі ґрунт-рослина спостереження проводяться не рідше 6 разів на рік (фонові перед посівом, 2-4 рази під час вегетації, 1-2 рази після збирання урожаю).

Для оцінювання майданного забруднення ґрунту пестицидами складається проба ґрунту, де входять 25-30 проб (виїмок), відібраних в полі по діагоналі тростяним ґрунтовим буром, який занурюється на глибину орного шару (0-20 см). Ґрунт, що потрапив в пробу з підорного шару, видаляється. Маса проби становить 15-20 г. Відбір проби можна проводити за допомогою лопати. Якщо обстеження проводяться в садах, то кожна проба відбирається на відстані 1 м від стовбура дерева. Проби повинні бути близькі за кольором, структурою, механічним складом. При вивченні вертикальної міграції пестицидів закладаються ґрунтові розрізи, розміри яких залежать від товщини ґрунтів. Ґрунтовий шурф перетинає всю серію ґрунтових горизонтів. Розміри шурфу становлять приблизно 0,8×1,5×2,0 м. Коротка стінка шурфу (лицьова або робоча) на момент опису повинна бути звернена до сонця.

Перед взяттям проб проводиться коротке описання місця розташування розрізу і ґрунтових горизонтів (вогкість, колір, механічний склад, структура,

новоутворення, включення кореневих систем, сліди діяльності тварин, мерзлота). Проби беруться на лицьовій стороні шурфу, починаючи з нижніх горизонтів. З кожного генетичного горизонту ґрунту береться один зразок товщиною 10 см. Площа поля, що характеризується однією пробєю, неоднакова для різних категорій місцевості (в степових районах це 10-20 га, в зрошуваній зоні – 2-3 га, в гірських районах – 0,5-3 га).

Проби-виїмки зсипаються в крафт-папір, ретельно перемішуються і квартуються 3-4 рази, знову перемішуються і діляться на 6-9 частин, з центру яких береться однакова кількість ґрунту в мішечок або крафт-папір. Маса отриманого початкового зразка становить 400-500 г. На зразок наклеюють етикетку і реєструють в польовому журналі: порядковий номер зразка, місце відбору, рельєф, вид сільськогосподарського угіддя або господарської діяльності, площа поля, дата відбору, хто відбирав.

Початкові проби повинні аналізуватися в природно-вологодому стані. Якщо аналіз протягом дня не може бути зроблений за будь-яких причин, то проби висушуються до повітряно-сухого стану в захищеному від сонця місці. Методом квартування береться в лабораторії проба масою 0,2 кг. З неї видаляється коріння, камені, чужорідні включення. Проба розтирається у фарфоровій ступці, просівається крізь сито з діаметром отвору 0,5 мм, з неї беруть наважки для хімічного аналізу (10-50 г). Особливо ретельно здійснюється моніторинг стану ґрунтів біля потенційно небезпечних об'єктів, у т. ч. біля місць видалення відходів як промислового, так і побутового походження. У промисловому комплексі України функціонувало близько 1,5 тис. об'єктів, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більше, ніж 350 тис. т небезпечних хімічних речовин. Найбільш потенційно небезпечними є об'єкти, де виробляються вибухові речовини та здійснюється утилізація непридатних боєприпасів, нафто- і газопереробні заводи, виробництва неорганічних речовин, склади з непридатними пестицидами, отрутохімікатами. Основна частина утворених відходів (80-85 % від загального обсягу) належить до III класу безпеки/ Відходи I класу безпеки в основному утворюються на території Чернігівської, Харківської, Херсонської, Житомирської та Луганської областей. До цієї категорії насамперед належать відходи гальванічних виробництв, з підвищеним вмістом важких металів, нафтошлами, непридатні пестициди, відпрацьовані емульсії та мастильно-охолоджувальні рідини, феноли, тощо. Більше як 95% небезпечних відходів зберігається на території шести областей України, зокрема на Запорізьку область припадає 39%, а на Донецьку – 31%. Понад 90% відходів I класу розміщено у сховищах організованого складування та на території

підприємств Донецької, Івано-Франківської, Кіровоградської, Луганської, Харківської та Чернігівської областей.

5.2. Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами

Перед здійсненням програми спостережень необхідно провести планування робіт: визначити кількість точок відбору проб, скласти схему їх територіального розміщення, намітити маршрути, послідовність обробки площ, встановити терміни виконання завдання, перевірити наявність та якість топографічного матеріалу і тематичних карт, зібрати відомості про джерела забруднення.

Спостереження за рівнем забруднення важкими металами носять експедиційний характер. Час їх проведення не має значення, але краще їх здійснювати влітку в період збирання основних сільгоспкультур. Повторні спостереження здійснюються через 5-10 років. При виборі ділянок спостережень використовується топографічна карта, в центрі якої розташовується місто, селище або промисловий центр (рис.1). З геометричного центра проводяться кола радіусом 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3; 4; 5; 8; 10; 20; 30; 50 км в масштабі карти, тобто окреслюється зона можливого забруднення ґрунтів важкими металами. Протяжність зони забруднення ґрунтів визначається розою вітрів, характером викидів в атмосферу, висотою труби, рельєфом, рослинністю і т. На підготовлений план місцевості наноситься роза вітрів (по 8-16 румбах). Вектор, що відповідає найбільшій повторюваності вітрів, відкладають у підвітряний бік на відстань 25-30 км. У напрямі радіусів з найбільшим забрудненням будуються сектори шириною 200-300 м поблизу джерел забруднення з поступовим розширенням до 1-3 км. У місцях перетину осей секторів з колами розташовуються ключові ділянки, на них – мережа опорних розрізів, пункти і майданчики взяття проб. Ключова ділянка має розмір 1-10 га і більше з типовими фізико-географічними умовами (ґрунт, рельєф, рослинність) для даної місцевості.

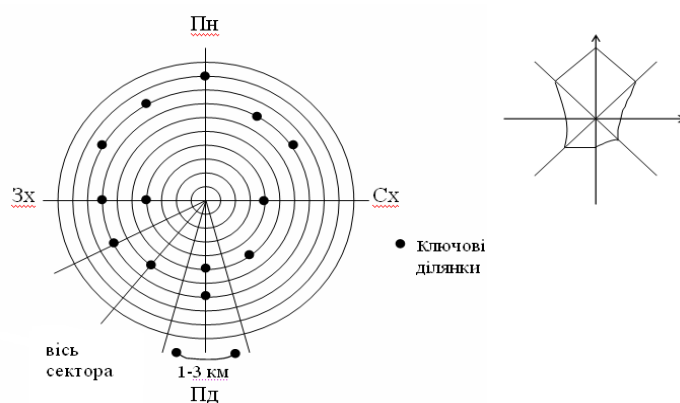


Рис. 1. Карта-схема проведення спостережень забруднення ґрунтів важкими металами навколо підприємства

Якщо роза вітрів виражена нечітко, тоді ключові ділянки розташовуються в усіх напрямках рівномірно. Якщо міграція важких металів пов'язана з водними потоками, то напрям променів треба погоджувати з вектором водної міграції. Загальна кількість ділянок дорівнює 15-20. Спочатку проводиться рекогносцироване обстеження місцевості маршрутним шляхом. При невеликих площах воно робиться детально, для чого 1-2 рази перетинається ділянка.

При оцінюванні забруднення території ВМ простежують шляхи повітряного і водного забруднення ґрунтів. Більш детальне обстеження треба провести на ключових ділянках, уздовж потоків, що переважають. Необхідно провести порівняння змін рівня забруднення, що відбуваються зі збільшенням або зменшенням впливу того чи іншого фактора, та викликаних цими змінами закономірних змін ступеня забруднення ґрунтів важкими металами.

Техногенні викиди, що надходять в ґрунт через атмосферу, зосереджуються, в основному, у верхніх шарах ґрунту (2-5 см). Нижні горизонти забруднюються внаслідок обробки ґрунтів (оранка, культивування, боронування), а також дифузійного і конвективного перенесення через ґрунтові тріщини, ходи тварин і рослин. На ріллі пробу треба відбирати в шарі 0-10 і 10-20 см, на цілині і старому перелозі – 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-40 см. Об'єднана проба складається методом конверта.

Пробу ґрунту відправляють на аналіз в лабораторію, додаючи талон, що містить відомості про ґрунт і умови відбору: порядковий номер зразка, число, місяць, річка відбору, назва або номер пункту, відстань від джерела забруднення або зовнішнього кордону міста, напрям від джерела по 16 румбах, крутість схилу і його експозиція, частина схилу (верхня, середня або нижня третина), основні точки і лінії рельєфу, де закладається майданчик; вершини, улоговини, вододіли, заплави; глибина залягання ґрунтових вод (визначається за глибиною колодязів); рослинність, її стан (задовільний, добрий, незадовільний); стан і якість обробки поверхні ґрунту. Проби і супровідні талони в лабораторії зберігаються протягом 1,5-2 років.

Для встановлення інтенсивності надходження важких металів у ґрунт щорічно проводиться відбір проб снігу. Об'єднаний зразок снігу з площі 1 га складається з 20-40 точкових проб. Проба береться ранньою весною до початку підсніжного стікання талої води. Відбір проб ґрунту в містах проводиться по сітці квадратів такого масштабу, який забезпечив би частоту відбору проб ґрунту не менше як 5-6 зразків на 100 га (1 км²). Відбір проб проводять методом конверта зі стороною 5-10 м з глибини 20 см на газонах, в садах, парках, скверах, дворах.

Література

1. «Моніторинг довкілля». Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. Команда підтримки реформ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (2023).

2. Моніторинг довкілля: підручник /[Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В. Б. та ін.]; за ред. проф. В.М. Боголюбова. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. – Київ: НУБіПУ, 2018. – 435 с.