

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
„ДЕРЖАВНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ”**

**Т.М. МИСЛИВА
М.Й. ДОЛГІЛЕВИЧ**

Основи моніторингу довкілля

Рекомендовано Міністерством аграрної політики України
як навчальний посібник для підготовки фахівців із спеціальності
0708 «Екологія» за спеціалізацією 7.070801 «Екологія та охорона
навколишнього середовища»
у вищих навчальних закладах 3-4 рівнів акредитації.

Житомир
2007

УДК 504.75
ББК 20.01
Д-64

Основи моніторингу довкілля: навч. посібник / Т. М. Мислива, М. Й. Долгілевич. – Житомир: Вид-во ДВНЗ «Державний агроекологічний університет», 2007. – 376 с: іл.: 60; табл.: 94; бібліогр.: 68 назв

Рецензенти: д-р с.-г. наук, проф. *П.П. Надточій* (завідувач кафедри охорони природних ресурсів, Державний агроекологічний університет, м. Житомир);
д-р с.-г. наук, проф. *В.Ю. Юхновський* (Національний аграрний університет, м. Київ)

Гриф надано Міністерством аграрної політики України (лист №18-1-13/1539 від 22.12.2006)

ISBN 978-966-8706-25-7

У навчальному посібнику наведені загальні відомості про моніторинг довкілля, дана характеристика основних його об'єктів, наведена характеристика видів і рівнів моніторингу, розкриті сучасні способи ведення моніторингу довкілля, вказані методи збору інформації, обробки і аналізу даних моніторингу та побудови екологічних прогнозів.

Навчальний посібник рекомендований для студентів екологічних факультетів вищих навчальних закладів 3 - 4 рівня акредитації.

ББК 20.1

© ДАЕУ, 2007

©Т.М. Мислива, М.Й. Долгілевич, 2007

ISBN 978-966-8706-25-7

ПЕРЕДМОВА

Погіршення стану екологічних середовищ, як результат техногенезу, викликає неадекватні зміни в рослинних і тваринних організмах, включаючи й людину, порушення екологічного гомеостазу, що веде до руйнування і деградації біосфери. З метою керування функціями елементів екосистем, підтримки екологічної рівноваги, збереження біосфери від деградації і руйнування необхідна підготовка фахівців, що володіють методами моніторингу і здатні приймати управлінські рішення, спрямовані на забезпечення підтримки функціонування екосистем.

У навчальні програми вищої школи для підготовки фахівців в галузі екології введена дисципліна «Моніторинг довкілля». Пропонований навчальний посібник розкриває екологічні проблеми як обґрунтування для здійснення екологічного моніторингу, наводить наукові дані про сучасний стан довкілля, причини, що обумовлюють динаміку стану екологічних середовищ, організмів, що їх населяють, дає наукові уявлення про об'єкти та сучасні методи екологічного моніторингу, про методи обробки й аналізу отриманої інформації і розробки екологічного прогнозу для прийняття управлінських рішень.

Посібник «Основи моніторингу довкілля» включає ряд розділів, необхідних для розуміння теоретичних і прикладних аспектів моніторингу. Перш, ніж зрозуміти будову й організацію екологічного моніторингу, необхідно знати основи факторіальної екології, закони функціонування екосистем, різних рівнів її організації. Тому «Моніторинг довкілля» тісно пов'язаний з дисципліною «Загальна екологія (та неоекологія)». Для розуміння дисципліни «Моніторинг довкілля» потрібно знати вчення про екологічні середовища, що відображене в дисциплінах «Метеорологія і кліматологія», «Гідрологія», «Ґрунтознавство» «Геологія з основами геоморфології». У цих же дисциплінах наводяться відомості про властивості цих середовищ, динаміку їх речовинного складу. Безумовно, що розуміння принципів проведення моніторингу екосистем неможливе без знання теоретичного ландшафтоведення і його прикладних аспектів. «Моніторинг довкілля» включає методи спостереження за концентрацією техногенних забруднювачів різної природи і походження, збору екологічної інформації, її аналізу і принципових методів керування станом екологічних середовищ, підтримці оптимальних зв'язків між організмами і середовищами їх життя.

Навчальний посібник «Основи моніторингу довкілля» включає в себе розділи, присвячені видам екологічного моніторингу, опису методів спостереження за концентрацією техногенних забруднювачів в екологічних середовищах, спостереженням за станом як цих середовищ, так і організмів, що їх населяють. Разом з тим, він забезпечує розуміння методів прогнозу стану екологічних систем, а також методів керування їхньою стабільністю.

Навчальний посібник пропонується для студентів екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів III і IV рівня акредитації.

При підготовці навчального посібника використані дані і матеріали, опубліковані в бібліографічному списку літератури, а також результати власних досліджень авторів.

Друге видання допрацьоване і перероблене згідно зі змінами у чинному законодавстві України та доповнене новою інформацією й довідковими даними.

Автори дякують доктору сільськогосподарських наук, професору Надточію Петру Петровичу та доктору сільськогосподарських наук, професору Юхновському Василю Юрійовичу за цінні зауваження, висловлені під час підготовки рукопису посібника до видання.

РОЗДІЛ 1

Вступ до основ моніторингу довкілля

- 1.1. Техногенез та його вплив на біосферу*
- 1.2. Необхідність проведення моніторингу довкілля*
- 1.3. Теоретична база моніторингу довкілля*

1.1. Техногенез та його вплив на біосферу

Існування людства супроводжується розвитком і удосконалюванням технологій, спрямованих насамперед на забезпечення людей більш комфортними умовами життя і життєдіяльності. Це, у свою чергу, викликає все більш зростаюче багатопланове використання природних ресурсів та посилення впливу на довкілля. Таке явище дістало назву “техногенез” – процес зміни природних комплексів під впливом виробничої діяльності людини, до якого залучені всі хімічні елементи, і активність якого значно перевищує активність будь – якого геохімічного процесу.

Разом з тим, життєдіяльність людини у всьому її різноманітті викликала необхідність спостереження за природними процесами, що істотно визначають застосовувані людиною технології, умови її роботи і життя в оточуючому середовищі. Розподіл і щільність населення планети пов’язані переважно з кліматичними умовами та рельєфом території.

4/5 усього населення планети сьогодні живе в межах низин і на рівнинах до висоти 500 м над рівнем моря. У Європі, Австралії й Океанії в таких умовах живе 9/10 усього населення. В Африці і Південній Америці значна частина населення живе в областях, розташованих на висоті 500-1500 м. У Болівії, Афганістані, Ефіопії, Мексиці, Перу понад 2/3 населення живе в областях, розташованих на висоті понад 1000 м. У світі в таких районах проживає не більш 8% населення.

Разом з тим, така розмаїтість областей проживання людини обумовила рід їхніх занять і обсяги та характер виробництва продуктів харчування. Якщо на рівнинах до висоти 500 м людина займається в основному землеробством, то в районах на висотах понад 500 м вона займається тваринництвом.

На Землі до цього часу існують не освоєні людиною території, площа яких складає 15% суші. Постійні населені пункти знаходяться лише на південь від 78⁰ пн. ш. і на північ від 54⁰ пд. ш.

В світі найвища щільність населення - 200-350 чоловік на 1 км² спостерігається у Європі, де досить розвинений техногенез. В країнах Північної Європи – в Норвегії, Ісландії і Фінляндії цей показник знаходиться на рівні 2-15 чоловік на 1 км². В Азії щільність населення загалом є нижчою, ніж у Європі, але у таких країнах як Японія, Бангладеш, Ліван, Індія, Шрі-Ланка вона знаходиться на рівні 200-650 чоловік на 1 км². Дуже низька щільність населення там, де наявні пустельні місцевості, непридатні для виробництва продуктів харчування. Так, у Монголії, Саудівській Аравії й Омані цей показник становить лише 1-5 чоловіки на 1 км². Найвища щільність населення В Африці спостерігається в Руанді і Бурунді, де цей показник складає понад 200 чоловік на 1 км². Поряд з тим, у Західній Сахарі, Намібії, Ботсвані, Лівії і Мавританії щільність населення є не більшою ніж 2 чоловіки на 1 км² через наявність значних пустельних площ на їх території . Щодо Американського континенту, то найбільша щільність населення відмічається в центральній його частині. У Сальвадорі і на Ямайці живе 200-250 чоловік на 1 км². У Канаді цей показник значно менший, що пояснюється наявністю малонаселених приполярних областей на території цієї країни.

З вказаного вище видно, що людина населяє області, найбільш сприятливі для її проживання за кліматичними і ґрунтовими умовами. На рис. 1 показано залежність щільності населення від можливості виробництва рослинницької продукції. Можливість одержання високого врожаю безумовно залежить від ґрунтово-кліматичних умов регіону. Зміна цих екологічних умов приводить до виникнення проблеми виробництва продуктів харчування.

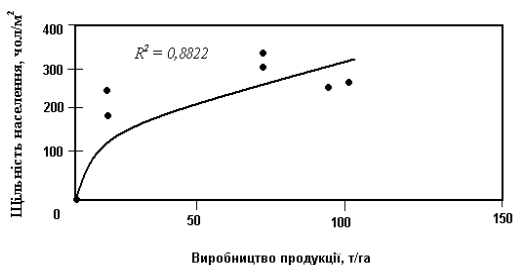


Рис. 1.1. Залежність виробництва продукції рослинництва (т/га за рік) від щільності населення (кільк. чол. на 1 км²) у деяких країнах світу

Однак, існуюча на сьогодні кількість населення на планеті

сформувалася протягом тривалого періоду. З ростом населення зростала не тільки потреба в продуктах харчування й інших ресурсах, але збільшувалось і антропогенне навантаження на природу. Підкреслимо, що технології вирощування сільськогосподарської продукції пов'язані з процесами забруднення і руйнування ґрунту.

У доісторичний час, коли населення планети не перевищувало 10 млн. чоловік, ймовірно проблем ні з продуктами харчування не виникало. Не відзначалося і помітного навантаження на природні середовища, які б викликали значну їх зміну.

Таблиця 1.1. Ріст населення Землі [25]

Період, роки	Зростання чисельності населення, млн. чол.	Час подвоєння чисельності населення, роки
7000-4500 до н.е.	10-20	2500
4500-2500 до н.е.	20-40	2000
2500-1000 до н.е.	40-80	1500
1000-0	80-100	1000
0-900 н.е.	160-320	900
900-1700	320-600	1500
1700-1850	600-1200	1500
1850-1950	1200-2500	100
1950-1990	2500-5000	40

В міру зростання чисельності населення Землі зменшувався період, у межах якого населення подвоювалося. Особливо швидкий ріст населення відзначений із другої половини XIX сторіччя. Саме цей час збігається з епохою техногенезу. І саме в цей час посилюється техногенне навантаження на довкілля.

Однак, моніторинг біосфери проводився за такими програмами, які не дозволяли досить повно враховувати вплив техногенезу на її стан.

Виникнення екологічних проблем викликало необхідність удосконалення моніторингу і розробки *екологічного моніторингу*.

Необхідність спостереження за станом екологічних середовищ викликана перш за все тим, що рівновага між організмами, що населяють Землю, і складом, та станом екологічних середовищ, що сформувалися за останні 400 млн. років, з кінця XIX сторіччя почала порушуватися. Основною причиною порушення екологічного гомеостазу став бурхливий розвиток техногенезу на планеті.

За період існування людського суспільства кількість хімічних елементів, які стала використовувати людина, зросла з двох десятків

на початку виникнення цивілізації до вісімдесяти дев'яти у XXI столітті. Зріс також і видобуток мінеральних ресурсів. Людина сьогодні вилучає з надр землі в десятки і сотні разів більше хімічних елементів, за ту їх кількість, що бере участь у природному річковому стоці. Збільшилися і техногенні викиди ряду хімічних елементів в екологічні середовища.

На сьогодні господарська діяльність людини призвела до таких основних змін у ландшафтах та екологічних сферах:

- порушення земної кори, особливо верхньої її частини, внаслідок видобування корисних копалин, маса яких складає близько 10 млрд. тонн породи на рік;
- викиди в атмосферу і гідросферу забруднюючих речовин;
- руйнування ґрунтового і рослинного покривів.

Серед цих викидів з'явилися такі речовини, яких природа не знала раніше. Було порушено біологічний контроль в екологічних системах, який проявляється в тому, що рослинні і тваринні організми підтримують рівновагу в екологічному середовищі, забезпечуючи її стійкість, стабільність.

Порушений баланс кисню, вуглекислого газу, фітомаси. Так, щорічно за рахунок діяльності зелених рослин в процесі фотосинтезу створюється близько 100 млрд. тонн кисню. Тим часом величезна кількість кисню витрачається на дихання тварин, людини, на окисні процеси, що відбуваються в біосфері.

За увесь час існування людиною (на спалювання, одержання вогню й ін.) витрачено 273 млрд. т кисню, з нього 246 млрд. тобто 90% тільки за останні 50 років.

Вуглекислий газ продукується в результаті проходження окисних процесів, його утворення спричиняють промислові і транспортні викиди, процеси дихання тварин і людини, він виділяється з води Світового океану. У ньому синтезується 21 млрд. тонн органічних речовин та 61 млрд. т вільного кисню. Тільки промисловість дає за рік до 6 млрд. т вуглекислого газу, частина з якого поглинається рослинами в процесі фотосинтезу.

Щорічно завдяки фотосинтезу утворюється 61 млрд. т. фітомаси. Частина її витрачається на харчування тварин і людини, на процеси ґрунтоутворення, на будівництво будинків, на одержання енергії.

Відчуження фітомаси на харчування супроводжується зменшенням витрат енергії на ґрунтоутворення, що викликає руйнування ґрунту. Частина фітомаси, її залишки переробляються редуцентами, таким чином певна частка елементів включається в біологічний коло обіг речовин.

1.2. Необхідність проведення моніторингу навколишнього середовища

Еволюція людини тісно пов'язана з природним середовищем її існування. Компонентний склад повітря, використовуваний людиною на дихання, є таким, яким він сформувався у процесі його еволюції до появи людини й до початку техногенезу.

Якість споживаної їжі, зібраної в морях, ріках і на суші первісною людиною, також зв'язана з еволюцією людини. Таким чином, людина та її організм, а також функції його органів тісно пов'язані з природним середовищем існування протягом декількох сотень тисяч років. Людина зобов'язана своєму статусові *Homo sapiens* саме навколишньому природному середовищу. Це положення засноване на законах, правилах і принципах екології.

Безумовно, що природні середовища за своїм компонентним складом не були постійними. Але їхні природні зміни проходили настільки повільно, що людина мала у своєму розпорядженні час для пристосування до цих змін. Таким чином, еволюція людини цілком відповідала еволюційним змінам навколишнього природного середовища.

Тому різкі зміни в навколишніх природних середовищах, викликані техногенезом, не можуть не позначитися на стані здоров'я людини. Компонентний склад техногенно змінених середовищ, зафіксований у XX столітті, сильно відрізняється від такого, який характерний для природних екологічних середовищ.

Прикладом порушення екологічних середовищ може слугувати екологічна ситуація в Україні. Площа земель в Україні складає 603,5 тис. км², або 0,4% від загальної площі суходолів планети. Сільськогосподарські угіддя становлять 41,8 млн. га, у тому числі ріллі нараховується 33,1 млн. га, або 0,6 га на 1 жителя країни. Розораність сільськогосподарських угідь в Україні становить близько 79%, а господарська освоєність території знаходиться на рівні 92%. Розораність усієї території України становить 56,9% - це більше, ніж у будь-якій країні. У США цей показник у 3 рази нижчий. Площа лісового масиву 10 млн. га (14,3%) проти 37% у колишньому Радянському Союзі та 29% у світі.

Розвиток землеробства, починаючи з Трипільської культури (2-3 тис. років до н.е.) і по теперішній час призвів до виснаження, руйнування ґрунту внаслідок проходження процесів водної і вітрової ерозії. Площа еродованих земель в Україні складає 14,9 млн. га, 10 млн. га земель є малопродуктивними і непридатними для

використання в якості ріллі. Щорічні втрати ґрунту складають 290 млн. т.

У результаті будівництва гребель і великих водосховищ для зарегулювання річкового стоку, в Україні у руслі Дніпра затоплено 700 тис. га родючих заплавлених земель, що складає біля 2,1% від загальної площі земель. За останні 30 років загинуло біля 20 тис. малих річок, а ті що залишилися є вкрай забрудненими. Коли території водозборів малих річок (з площами водозбору до 2000 км²) були майже наполовину заліснені, а значні площі задреновані багаторічною рослинністю, то це сприяло захисту ґрунтів від змиву, а рік від замулення. Сьогодні ж басейни малих річок майже повністю позбавлені таких природних біофільтрів, а їх водозбори або майже повністю розорані до урізу води, або експлуатуються іншим способом. Існуючі ж водоохоронні смуги - це невеликі лісонасадження вздовж берегів, які нерідко створені з таких порід дерев, які не є ефективними в якості берегозакріплюючих та природних біофільтрів. Тому поверхневий стік, який часто містить цілий комплекс забруднювачів потрапляє безпосередньо до річкового русла. Доведено, що в межах басейну водозбору річки 15-30% території має бути представлено природними незайнятими лісонасадженнями (протиерозійними, водоохоронними і т.д.); 10-35% можуть займати посіви багаторічних трав; 45-55% - посіви однорічних трав.

Іншою проблемою є спрямлення, поглиблення та зарегулювання заплав. У природному стані органічні та мінеральні речовини виносились поверхневими та паводковими водами на заплави, чим і сприяли формуванню високопродуктивних лучних угруповань. В даний час при повені надлишок води, не маючи природних перешкод, швидко проходить руслом, а вода майже не виходить на заплаву і не збагачує її.

Зниження запасів води у водоймищах викликається великими втратами води на випаровування. У Поліссі тільки за рахунок випаровуваності втрати води складають 1-2%, у Лісостепу - 2-5%, у Степу - 5-7%. У дуже маловодні роки під час жаркої погоди втрати води на випаровування досягають 5-7, 7-15 і 20-40% відповідно.

Багато регіонів не забезпечені прісною водою. У 13 областях водозабезпеченість нижча середньої по Україні. Ресурси прісної води характеризуються низькою якістю. За останні 10 років у ріки скидалося щорічно від 16,6 до 5,6 млрд. м³ стічних промислових вод.

Обсяг повітряного басейну в межах України складає 3,62*10⁷ км³. Техногенні викиди в повітряний басейн викликають сильне його забруднення. У 1998 р. в атмосферу було викинуто близько 1,9 млн. т

забруднюючих речовин. Перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) формальдегіду в повітрі спостерігається в 70% міст, двооксиду азоту в 60%, фенолу в 46%, пилу в 44%, фтористого водню - в 37% міст. Випадання хімічних дощів над територією держави стало окремим явищем. Так, в атмосферних опадах загальна мінералізація розчинних речовин склала 7,16-49,76 мг/л, включаючи концентрацію сульфатів від 2,7 до 19,1, хлоридів від 0,29 до 1,43, нітратів від 0,24 до 1,47 г/л. У деяких містах (Запоріжжя, Дніпродзержинськ, окремі райони Києва) за безвітряної погоди вміст шкідливих речовин у повітрі в 25-100 разів перевищує ГДК. У цілому ж на сьогодні в 20 містах України забруднення повітря перевищує допустимі рівні. У державі внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 р. 3,02 км² території має щільність забруднення ¹³⁷Cs більше 185 кБк/м², а на 1,4 км² щільність забруднення перевищує 555 кБк/м². Площа території зі щільністю забруднення ⁹⁰Sr понад 185 кБк/м² становить 0,74 км², а зі щільністю забруднення понад 555 кБк/м² – 0,34 км². В результаті видобування корисних копалин в Україні зруйновано 161,4 тис. га або біля 1% земель. Найвими є також і великі втрати корисних копалин. Лише 1-2 (за іншими даними 3-4%) природних ресурсів, що видобуваються іде на виробництво, а 96-99% втрачається і перетворюється у відходи. Таким чином, екологічна ситуація в Україні перейшла безпечний рівень. На теперішній час ряд районів, де землі і фітоценози забруднені радіонуклідами, є зовсім не придатні для проживання людей. Площа таких територій в Україні становить понад 2,6 тис. км².

Поряд з тим, спроби розв'язати екологічні проблеми лише шляхом розробки і впровадження нових екологічно чистих та ресурсозберігаючих технологій без формування належної екологічної свідомості в суспільстві можуть лише загальмувати розвиток негативних процесів, але не зупинити їх. Саме тому, у 1992 р. у Ріо-де-Жанейро на конференції ООН з питань довкілля і розвитку було прийнято концепцію сталого розвитку, а кожна країна повинна розробити на цій основі свою власну концепцію. По суті мова іде про входження в новий світогляд - екологічний, що як стверджується, пануватиме в XXI столітті. Крім того, вважається, що першопричиною 90% екологічних негараздів є неадекватна та неякісна інформація, якою послуговується суспільство, і лише 10% - це стихійні природні явища. Задача екологічного моніторингу і полягає в одержанні об'єктивної інформації про динаміку змін навколишнього природного середовища та про відповідну їй динаміку і реакцію організмів, а також прогнозування стану екологічних середовищ.

1.3. Теоретична база моніторингу довкілля

Всебічне вивчення середовища існування рослин і тварин потрібне не лише для розуміння життя взагалі і еволюції організмів зокрема. Це важливо для підтримки життя, для керування продукційним процесом, інтродукції рослин і тварин. Основа цього вивчення полягає у розумінні закономірностей тісного зв'язку біологічних параметрів організмів і екологічних умов середовища життя організмів.

Безумовно для формування екологічного моніторингу величезне значення мають фундаментальні закони, правила і принципи екології.

Насамперед екологічний моніторинг базується на законі *єдності організм-середовище*, який стверджує, що між організмом та середовищем існує тісний взаємовплив та взаємозалежність, що і обумовлює їх діалектичну єдність. Біологічні системи на будь-якому рівні є відкритими, тобто отримують із середовища органічні речовини або хімічні елементи; енергію як сонячну, так і хімічну.

Ті ж самі компоненти, але вже в трансформованому вигляді організми повертають назад у середовище, таким чином змінюючи його. Найбільш ефективним "агентом" тут виступає живий організм, що вперше було показано В.І. Вернадським. Даний закон є теоретичним та практичним фундаментом екології, одним з аспектів унікальності біологічних форм руху матерії.

Дані, отримані в результаті екологічного моніторингу, можна досить правильно проаналізувати, спираючись на знання наступних законів екології. Так, *закон взаємозамінності (компенсації) факторів Е. Рубеля* (1930 р.) стверджує про те, що відсутність або нестача якогось з факторів може бути компенсована іншим аналогічним фактором. Але така заміна або компенсація є відносною, тому що фундаментальні екологічні фактори в принципі є незамінними. Цей закон не можна плутати із законом незамінності фундаментальних факторів. *Закон незамінності фундаментальних факторів В.Р. Вільямса* (1949 р.) свідчить, що повна відсутність у середовищі незамінних (фундаментальних) факторів не може бути замінена або компенсована іншими факторами. До фундаментальних факторів відносять насамперед такі життєво важливі фактори як вода, повітря, світло, поживні речовини, температура. Тому при організації екологічних спостережень насамперед звертають увагу на спостереження за станом найважливіших екологічних факторів. Цьому розумінню сприяє також *закон неоднозначної дії фактора на різні функції* - кожний екологічний фактор неоднозначно або неоднаково діє на різні функції. Тобто це

означає, що оптимум фактора для однієї функції або процесу може бути песимумом для іншого.

Розглядаючи ємність і склад екологічних середовищ, функціонування організмів у середовищах застосовують таке поняття як гранично припустимі концентрації тих або інших компонентів або рівнів екологічних факторів. Це поняття базується на *законі толерантності В. Шелфорда* (1913 р.). Цей закон стверджує те, що лімітуючим фактором процвітання організму може бути як мінімум, так і максимум фактора, а діапазон між ними - це величина толерантності або витривалості організму до дії даного фактора. Толерантність від лат. "толеранс" - терплячий. У свою чергу даний закон є розширеним трактуванням *закоу мінімуму Ю. Лібиха*, який твердить, що рівень продуктивності організму визначається фактором, який знаходиться в мінімумі.

Поняття припустимих концентрацій тих або інших компонентів чи рівнів екологічних факторів будується також на законі *обмежуючих факторів або толерантності Ф. Б. Блекмана* (1909). Цей закон стверджує те, що фактори середовища, які мають песимістичне значення, тобто є найбільш віддаленими від оптимуму, особливо обмежують або ускладнюють існування виду. Даний закон є розширеним трактуванням закону толерантності В. Шелфорда.

Можна доповнити розуміння закону толерантності в такий спосіб:

- організми можуть мати широкий діапазон толерантності по відношенню до одного фактора і вузький діапазон по відношенню до іншого;

- найбільш поширеними є організми із широким діапазоном толерантності; такі організми заселяють великі простори Землі.

- якщо умови за одним екологічними фактором не оптимальні для виду, то може звужитися і діапазон толерантності до інших екологічних факторів.

- період розмноження у живих організмів є найбільш критичним. Під час цього періоду багато факторів стають лімітуючими. Межі толерантності для особин, що розмножуються, насіння, яєць, ембріонів проростків і личинок вужчі, ніж для особин, що не розмножуються.

Стан екологічних середовищ контролюється на основі аналізу зібраної екологічної інформації. При цьому виникають питання про порушення гомеостазу екологічної системи, руйнування ландшафтів під впливом техногенезу. Правильне розуміння цієї проблеми базується на законі *критичних величин фактора*, а саме - якщо хоча б один з екологічних факторів наближається або виходить за межі критичних (порогових або екстремальних) величин, то не дивлячись на

оптимальне поєднання інших факторів організму, а можливо й екосистемі загрожує загибель.

Оцінка трансформації потоків речовини й енергії, що забезпечують продуктивність будь-якої екологічної системи, особливо агроландшафтів, базується на засадах закону *Ліндемана або правила 10%* - тільки частина енергії, а саме 10%, що надходить на вищий трофічний рівень біоценозу, передається організмам, а решта енергії втрачається.

У зв'язку з цим корисним є знання закону *одностороннього потоку енергії в біоценозах* - енергія, що надходить в біоценоз в результаті проходження процесу фотосинтезу передається від продуцентів до консументів або від фітофагів до зоофагів, від консументів першого порядку до консументів другого і т. д. порядків і нарешті до мікроорганізмів - редуцентів. Напрямок цей незворотний і виражений у вигляді так званої екологічної піраміди.

На серйозність проблеми, пов'язаної з відновленням зруйнованих екологічних систем, вказує закон *незворотності взаємодії людина-біосфера*, сформульований П. Дансеро (1957), який твердить про те, що частина невичерпних або відновлюваних природних ресурсів може стати вичерпною або невідновлюваною, якщо людина своєю діяльністю створить умови, неможливі для їх відтворення.

Принцип відновлення зруйнованих агроландшафтів, особливо ґрунтового покриву, здавна заснований на так званій перелоговій системі землеробства. Разом з цим, і сьогодні для відновлення зруйнованих ґрунтів, що втратили свою родючість, останні виводяться з інтенсивного сільськогосподарського використання. Такий принцип заснований на законі *зворотності біосфери П. Дансеро (1957)* - біосфера після припинення впливу на неї з боку людини обов'язково прагне відновити або відтворити свою екологічну рівновагу і стійкість.

Сьогодні ми маємо численні приклади того, що непридатні землі в зоні сильного радіоактивного забруднення поступово втрачають вигляд окультурених земель, перетворюючись в природні угіддя.

Розглядаючи матеріали про концентрації техногенних компонентів в екологічних середовищах, аналізуючи їх дію на організми, використовують закон *фазових реакцій*. Він стверджує, що малі концентрації токсиканта діють на організм у напрямку посилення або стимуляції його функцій, більш високі концентрації - в напрямку пригнічення, а ще більш високі призводять до летальних наслідків.

Керування продукційним процесом, виробництво продуктів харчування для населення, чисельність якого швидко зростає, вимагає все більших і більших витрат енергії. Про це свідчить закон *зниження енергетичної ефективності природокористування* - з часом, при

отриманні корисної продукції з природних екосистем на її одиницю затрачається більше енергії.

Оцінка рівнів обміну речовини й енергії в екосистемах заснована на ряді правил. *Правило Вант-Гоффа-Арреніуса* свідчить, що швидкість обміну речовин в організмі при підвищенні температури на 10°C може зрости в 2-3 рази. Тому, створення умов, що забезпечують зниження непродуктивних втрат енергії, спрямоване на збільшення одержання більшої біомаси. Екологічний моніторинг, як ми пересвідчимось далі, передбачає обов'язкове спостереження за температурою води, повітря і ґрунту.

При організації екологічних полігонів необхідно використовувати правило *географічного оптимуму*, а саме - у центрі видового ареалу умови існування даного виду є найбільш сприятливими, а з наближенням до периферії ареалу вони погіршуються. Географічний ареал представлений як правило територіально близькими ділянками, на яких присутній даний таксон. При особливо сприятливих едафічних умовах краї ареалів можуть виходити за межі ареалу суцільного поширення виду у вигляді “язиків” або “островів”.

Оцінка впливу токсичних речовин на організми заснована на правилі *біологічного підсилення*, яке говорить про те, що говорить, накопичення живими організмами стійких хімічних речовин веде до біологічного підсилення їх дії в міру проходження по біологічних циклах та харчових ланцюгах. Зокрема, в наземних екосистемах відбувається 10-ти кратне посилення концентрації токсичних речовин при переході на кожний послідовний трофічний рівень.

Про це свідчить і принцип *раптового посилення патогенності*: епідемії (масове поширення інфекційного або паразитарного захворювання) та епіфітотії (масове захворювання рослин) здебільшого викликаються:

- швидким або раптовим вселенням патогена в екосистему, у якій механізм регуляції його чисельності малоефективний або взагалі відсутній.
- різкими або досить сильними змінами стану середовища, що призводить до порушення здатності екосистеми до саморегуляції.

Ці два останні положення є теоретичною базою для розробки порогів концентрації шкідливих речовин в екологічних середовищах.

Розвиток екології як науки привів до формування ряду теоретичних положень, понять і світоглядів. Інакше кажучи, в екології вироблені свої принципи, що дозволяють науці дати тлумачення, розуміння функціонування екосистеми в цілому та окремих її елементів. Розвиток екології дозволив зрозуміти на яких принципах побудовані взаємини між організмами в екосистемі, які принципи

лежать в основі розвитку або, навпаки, загибелі окремих екосистем, як організована вся екосистема, яка її ієрархія, який рівень передачі енергії в екосистемі тощо.

З точки зору екологічного моніторингу важливим є знання принципів біологічного контролю за хімічним складом екологічного середовища. Ми вже згадували про те, що абіотичне середовище контролює життєдіяльність організмів. Але й організми у свою чергу впливають на середовище, намагаючись змінити його, перетворити для свого життя. Організми постійно вносять хімічні і фізичні зміни, постачаючи в середовище нові речовини і нові джерела енергії. Наприклад, хімічний склад моря і його донних відкладів значною мірою визначається діяльністю живих організмів. Рослини на піщаних дюнах формують ґрунт, відмінний від первісного субстрату.

Сучасний хімічний склад атмосфери зобов'язаний діяльності зелених рослин, які населяють сушу і світовий океан. Завдяки діяльності рослин разом з іншими факторами на планеті утворився ґрунтовий покрив, що значно змінив склад і характер розселення рослинності на Землі.

Людина більше, ніж будь-який інший вид, прагне змінити своє фізичне середовище заради задоволення своїх безпосередніх вимог і потреб. Але здійснюючи це, людина ще більше руйнує природне середовище, біологічні компоненти, які необхідні для її існування. Оскільки людина є гетеротрофом і фаготрофом, вона ж є і консументом, який створює кінцеві ланки складних харчових ланцюгів. Її залежність від природного середовища буде зберігатися, як би не ускладнювалася створювана нею техніка. Величезні міста, промислові центри чинять значний тиск на природне середовище, з кожним роком все більше руйнуючи його. В цьому процесі досить актуальним є принцип біологічного контролю, який полягає в тому, що рослинні і тваринні організми підтримують рівновагу в екологічному середовищі, забезпечуючи його стійкість і стабільність.

Контрольні питання:

- 1. Які негативні зміни відбулись у екосистемах в результаті господарської діяльності людини?*
- 2. Які причини виникнення необхідності у проведенні екологічного моніторингу?*
- 3. Які основні закони екології можна вважати теоретичною основою екологічного моніторингу?*

РОЗДІЛ 2

Історія формування моніторингу довкілля

- 2.1. Перші відомості про спостереження людини за об'єктами і явищами природи*
- 2.2. Розвиток спостережень за станом атмосфери, формування метеорологічного і кліматичного моніторингу*
- 2.3. Організація гідрологічних спостережень*
- 2.4. Педосфера як об'єкт досліджень*
- 2.5. Спостереження за станом лісових екосистем*

2.1. Перші відомості про спостереження людини за об'єктами і явищами природи

Створенню системи моніторингу передував тривалий період нагромадження знань про навколишній світ, про процеси і явища, які відбуваються в природі. Яким же чином людина формувала свої знання про найважливіші з погляду екології середовища життя живих організмів? З позицій сучасної екології всі живі організми живуть і взаємодіють із трьома середовищами - атмосферою, гідросферою і педосферою.

Інтерес до спостережень за процесами, явищами й об'єктами в природі виник у людини ще в давні часи. Древні люди розуміли, що природні процеси й об'єкти впливають на рослинні і тваринні організми, а також на саму людину. Добування засобів до існування, а отже і неминучий контакт людини з природою, із тваринним світом і рослинністю залежало від рівня знань людини про навколишній світ і космічні явища. Археологічні знахідки свідчать про певний рівень людських знань про навколишній світ ще в доісторичну епоху.

В стародавньому Єгипті люди - жерці володіли знаннями, необхідними для ведення землеробства. Такі знання накопичувалися протягом багатьох сотень років і передавалися від покоління до покоління жерців. Зараз можна вважати, що знання жерців були сформовані завдяки моніторингові з застосуванням візуальних методів, формуванню примітивного банку даних, інформації, закріпленої у вигляді примітивних записів і в мозку людини.

Безумовно, що людину почали цікавити процеси і явища, які відбуваються в атмосфері. Древня людина розуміла, що умови її життя залежать від Сонця, погоди і клімату.

Відомо, що поява землеробства викликала інтерес людини до стану погоди, який визначає як ефективність роботи на полях і рівень використання сільськогосподарськими рослинами сонячної енергії, тепла і вологи, так і кінцевий результат діяльності людини - врожай. Нагромадження даних про спостереження за погодою дозволило виробити хоча й примітивні, проте досить повні прогнози як погоди, так і природних явищ, потрібних людині для заняття землеробством. На основі прогнозів погоди, жерці Древнього Єгипту, наприклад, давали рекомендації хліборобам про застосування зрошення й інших технологій у сільському господарстві.

З давніх часів людина вела війни з метою поповнення армії рабів, як дешевої робочої сили, для захоплення багатств, ринків збуту товарів тощо. Європейці починали подорожі для відкриття нових країн, що представляли для них інтерес як джерела природних ресурсів і ринків збуту продукції, що виготовлялась в Європі. Для проведення походів і подорожей необхідно було знати режими погоди, клімат нових країн. Тому вчені давніх часів і середньовіччя інтенсивно займалися збором даних і вивченням погоди і клімату нових для них територій. Успіхи морської торгівлі і сільського господарства в древніх державах значною мірою залежали від погоди.

Важливе значення для нагромадження екологічних даних мали систематичні записи про атмосферні процеси. Перші уявлення про процеси і явища в атмосфері сформульовані і зафіксовані в працях древніх греків. Такі записи історики знайшли в діалозі «Федр» Платона (близько 429-347 р. до н.е.). У своїй книзі «Метеорологіка» Аристотель (384-322 р. до н.е.) представив перші наукові спроби пояснити виникнення вітрів, зв'язок вітрів і погоди, походження хмар, опадів, включаючи град, причини зміни клімату, виникнення кругообігу води, деяких атмосферних явищ.

Освоєння нових територій викликало необхідність опису їх клімату. Опис кліматичних умов Скіфії у своєму творі «Про повітря, води і місцевості» зробив давньогрецький історик Геродот (близько 425 р. до н.е.). Кліматові Скіфії і Єгипту присвячені також твори Діодора Сицилійського (близько 90-21 р. до н.е.), давньогрецького географа й історика Стратона (63 р. до н.е.-24 р. н.е.). Теофраст (372-287 р. до н.е.) - найближчий учень Аристотеля, беручи участь у походах Олександра Македонського, вивчив клімат Середземномор'я і, напевно є першим, хто підкреслив зв'язок рослинності з кліматом територій. Разом з тим, він володів методами прогнозу погоди. У своїй «Книзі ознак» він навів 80 ознак дощу, 45 ознак вітру, 50 ознак шторму і 24 ознаки гарної погоди.

Цілий ряд мандрівників древньої Греції - Діон Хрисостом, Діонісій, Євстафій, Аристид Елій та інші також присвятили свої

роботи кліматові обстежених ними територій. Древні мислителі зауважували, що продуктивність сільськогосподарських культур залежала від погодних умов.

Таким чином, пізнання людиною навколишнього світу, включаючи і кліматичні умови, розвивалося в зв'язку з виникненням цивілізації, походами і подорожами, у яких вона відкривала нові країни, континенти, пізнавав їхні природні умови. Людина почала розуміти, що різноманітні кліматичні умови визначають і різноманіття рослинного і тваринного світів. Разом з тим, значення клімату не обмежується тільки цим. Клімат впливає на всі сфери людської діяльності: на рівень розвитку сільськогосподарського виробництва, на ефективність промислового виробництва, на роботу транспорту, на об'єми видобутку природних ресурсів.

Виникнення землеробства в стародавні часи викликало цікавість людини до передбачення погоди, умов якої визначали рівень, а іноді й долю врожаю вирощуваних культур. Людина, спостерігаючи за метеорологічними явищами, накопичувала у пам'яті характер, інтенсивність, умови виникнення вітру, хмар, туманів, блискавок, громів, з якими вона намагалася пов'язати погоду і передбачати її.

Мабуть це були перші спроби організувати систему спостережень за станом довкілля, яку сьогодні ми називаємо моніторингом навколишнього природного середовища. Однак, у стародавності людські знання про навколишній світ були досить примітивними. Людина ще не мала наукового уявлення про рослини, тварин, про середовища їх і свого існування. Людина ще не навчилася прогнозувати ті явища природи, про які вона вже мала досить чіткі, але суб'єктивні уявлення. Для глибокого, наукового пізнання світу необхідно було навчитися проводити вимірювання параметрів довкілля, щоб одержати об'єктивні дані про його стан, а отже й можливість перейти до нового ступеня пізнання світу.

До кінця XIX століття розвиток промисловості, сільського господарства, транспорту супроводжувався все зростаючими техногенними викидами, що в свою чергу спричинило величезні антропогенні навантаження на екосистеми. Були впроваджені екологічно небезпечні промислові та сільськогосподарські технології, збудовані підприємства зі шкідливим виробництвом, розвинулись нові види транспорту. Однак відсутність систематичних спостережень за екологічним станом атмосферного повітря, води і ґрунту не дозволяла розробити і впровадити ефективні природоохоронні технології.

2.2. Розвиток спостережень за станом атмосфери, формування метеорологічного і кліматичного моніторингу

Починаючи з кінця середньовіччя і початку епохи відродження почав з'являтися цілий ряд нових, прогресивних відкриттів і винаходів. Були розроблені і сконструйовані прилади й інструменти для вимірювання параметрів і властивостей атмосфери, води. Нові можливості спостережень за атмосферними процесами виникли в зв'язку з винаходами перших метеорологічних приладів: термометра і барометра, які послужили початкові інструментальних метеорологічних спостережень, що вже з початку XVIII ст. стали набувати наукового характеру. Це дало підставу для організації постійних спостережень за природними процесами, що відбуваються в атмосфері і гідросфері.

Величезне значення для господарської діяльності людини має передбачення погоди. До розвитку метеорології передбачення погоди будувалось винятково на народних прикметах. Організація метеорологічних спостережень на мережі метеостанцій дозволила одержати дані про погоду на великій території. Однак, з огляду на швидку зміну погоди, для її передбачення в конкретних місцях необхідно одержати дані спостережень не пізніше ніж через кілька годин. Виникла проблема швидкої передачі метеорологічної інформації, яка була вирішена в зв'язку з винаходом телеграфного зв'язку, що використовувався для передачі метеорологічної інформації. Поява телеграфного зв'язку дала й поштовх розвитку синоптичної метеорології.

Величезним поштовхом у розвитку метеорологічного моніторингу стали великі географічні відкриття, у результаті яких отримані дані про погодні умови в океанах між континентами, а також про погодні умови і клімат нововідкритих країн.

Перші інструментальні метеорологічні спостереження в Україні були проведені І. Лерхе (1770-1771 рр.) у Києві. Безумовно, що систематичні спостереження за атмосферними процесами вимагали організації спеціальних метеорологічних установ. Засновник Харківського університету В.Н. Каразін у 1818 р. запропонував план організації спеціальної державної метеорологічної служби - Державного метеорологічного комітету. При Харківському університеті, а потім при Київському (1855 р.) і інших університетах були створені метеорологічні обсерваторії. На початку минулого століття створюються аматорські метеорологічні станції в Бердичеві, Одесі, Полтаві, Асканії - Нова й в інших місцях. Створено метеорологічні станції в Миколаївському і Херсонському портах. Завдяки зусиллям О. В. Клосовського організована була організована

ціла мережа метеостанцій. У 1886 р. працювало 67 станцій, а до 1896 р. мережа складалася з 1650 станцій і пунктів, серед яких було близько 100 станцій 2 - го розряду. Поряд з цим, з'явилися фундаментальні праці, присвячені клімату України. До їх числа можна віднести праці О.В. Клоссовського, О.І. Воейкова, П.І. Брунова, К.С. Веселовського та інших.

Зауважимо, що вперше спостереження за чистотою повітря та рівнем вмісту в ньому двооксиду вуглецю були організовані на вугільних шахтах Великобританії та Бельгії понад 100 років тому. Спостереженнями, що були проведені у Швеції, визначено зменшення показника рН атмосферних опадів протягом 1954 – 1966 рр. та встановлено, що в період 1962 –1966 рр. величина рН знизилась на 0,9 одиниці. Крім того, Швецька агенція з хорони довкілля почала виконання Національної програми з моніторингу довкілля, яка передбачає моніторинг повітря, атмосферних опадів, морських, прісних та підземних вод, ґрунтів, токсичних забруднювачів, диких тварин.

Прообразом майбутнього екологічного моніторингу слугують і географічні стаціонари, ідея організації яких належала Г.М. Висоцькому, а початок реалізації цих ідей як мережі комплексних географічних стаціонарів відноситься до 60-70 років ХХ ст. Перший географічний стаціонар був побудований у Великоанадоллі Донецької області, де і сьогодні функціонує Маріупольська лісова дослідна станція. Географічний стаціонар являє собою полігон, розміщений у визначеному ландшафті, обладнаний необхідними приладами й устаткуванням для спостереження стану і динаміки ландшафту та його елементів. На такому стаціонарі вивчаються ерозійні процеси, режими метеорологічних умов, ряд антропогенних навантажень на ландшафти.

Географічні стаціонари в даний час забезпечують моніторинг ландшафтів, на основі спостережень здійснюються розробки моделей, що описують функціонування, динаміку ландшафтів.

Організація екологічного моніторингу історично була пов'язана з організацією моніторингу агрофітоценозів. Завдяки роботам О.І. Воейкова, П.І. Брунова був розвинутий новий напрямок у метеорології - агрометеорологія. Вперше О.І.Воейков у 1885 р. організував мережу агрометеорологічних станцій, завданням яких було не лише спостереження за станом погоди, але й спостереження за розвитком сільськогосподарських культур.

В Україні розвиток метеорологічної мережі пов'язаний з метеорологічними відділами при дослідних станціях. У 1921 р. була організована Українська метеорологічна служба (Укрмет), а до 1924 р. при ній були створені 22 спеціалізованих відділи (синоптичний, гідрологічний, сільськогосподарський, аерологічний та інші). З цього

періоду розпочалися систематичні метеорологічні спостереження, аналіз отриманих даних, видання метеорологічної інформації, кліматичних атласів. В Україні був також організований Український науково - дослідний гідрометеорологічний інститут, вищі навчальні метеорологічні заклади і факультети при університетах та кафедри в багатьох вузах. Дослідження в області метеорології і кліматології пов'язані з іменами таких учених як М.М. Самбікін (кліматологія), М.А. Аганін (метеорологія), Б.І. Срезневський, Д.К. Педаєв (кліматологія), В.П. Попов (кліматологія), М.І. Гук (кліматологія), І.Є. Бучинський (кліматологія) та інші. Дослідження кліматів Землі, розвиток синоптики, метеорологічного і кліматичного моніторингу неможливі без міжнародного співробітництва в галузі метеорології і кліматології. До кінця 40 - х років у світі нараховувалося кілька тисяч метеорологічних станцій і постів. Після закінчення другої світової війни число опорних метеостанцій досягло 10 тисяч, звичайних станцій - 40 тисяч і постів - 140 тисяч. На території СРСР діяло 3,5 тис метеостанцій і 8,5 тис метеорологічних постів. У Китаї працює 2700 наземних метеостанцій, в Індії - 500, у Канаді 300 метеостанцій і 3 тис метеорологічних постів, в Україні працює 180 метеостанцій.

Однак, дані спостережень наземних метеорологічних станцій недостатні для здійснення повномасштабних метеорологічних досліджень та глобального прогнозу погоди. У формуванні клімату і погоди активну участь приймає Світовий океан. Разом з тим, метеорологічні процеси протікають у важко доступних для людини місцях – на полюсах, в горах, пустелях тощо. Тому після другої світової війни почало розвиватися міжнародне співробітництво по вивченню метеорологічних умов у цих місцях за допомогою супутникової інформації, спеціальних метеорологічних морських суден, експедицій, організації метеорологічних станцій в Арктиці й Антарктиці. В цей же час удосконалювалася й техніка метеорологічних спостережень. Перед Другою світовою війною знайшли застосування авіаційні методи зондування атмосфери, пізніше - ракетна техніка. - У 1958 р. уперше були проведені - метеорологічні спостереження зі спеціального радянського метеорологічного супутника, а в 1959 р. з американського метеорологічного супутника.

Наприкінці 70 - х років ХХ століття вчені прийшли до висновку про те, що в рамках однієї країни неможливо одержати надійні дані про формування, зміну клімату, формування і прогнози погоди. Тому необхідним стало створення Всесвітньої кліматичної програми і ряду Міжнародних метеорологічних організацій. Успішне міжнародне співробітництво дозволяє сьогодні мати неocenні дані про кліматичні ресурси планети, оперативну інформацію про погоду в

будь-якій точці Землі. Таким чином, до середини 50 - х років минулого сторіччя людиною створена необхідна база для організації моніторингу.

Термін *моніторинг* (від англійського дієслова *to monitor*, що означає контролювати, стежити, перевіряти) *довкілля* – це система спостереження і контролю за природними, природно – антропогенними комплексами, процесами, що відбуваються в них, докільям в цілому з метою раціонального використання природних ресурсів і охорони навколишнього середовища, прогнозування масштабів його негативних змін.

Розвинуті держави світу запровадили здійснення моніторингу довкілля з кінця 60-х початку 70-х років минулого століття, використовуючи системи спостереження і контролю за станом його окремих елементів. Науковим комітетом з проблем довкілля Міжнародної ради наукових союзів (SCOPE) при ЮНЕСКО була генерована і запропонована для втілення глобальна система моніторингу довкілля, теоретичне обґрунтування якої зробив американський вчений Р. Мунн.

Перші відомості по організації спостережень у природі були сформульовані в «Природній історії» Гая Плінія (старшого) у 1 ст. н.е.

Розвиток промисловості викликав необхідність спостережень насамперед за станом повітря. Наприкінці ХІХ ст. на шахтах Англії був організований контроль за змістом в окисі вуглецю в повітрі шахт. Небезпечна концентрація окису вуглецю контролювалася за допомогою реакції на нього живих організмів-канарок, морських свинок і навіть тарганів. Із середини 60-х років у Європі і США зареєстровані масові випадки отруєння людей у результаті сильного забруднення атмосфери та гідросфери промисловими викидами, які привели до захворювання людей і закриття десятків заводів зі шкідливими і технологічними і циклами.

До початку ХХ ст. людство стало розуміти, що вирішити проблему охорони біосфери в рамках однієї держави неможливо. Необхідно об'єднати зусилля наукового і технічного потенціалу всіх країн світу в активізації заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Перша міжнародна конференція з охорони природи відбулася в Берні у 1913 р., представлена 18 європейськими країнами і США.

У зв'язку зі становленням Організації Об'єднаних Націй і ЮНЕСКО активізувалося міжнародне співробітництво в області охорони природи. При ЮНЕСКО був створений Міжнародний союз охорони природи. З ініціативи ЮНЕСКО в 1970 р. була прийнята Міжнародна програма “Людина і біосфера”, спрямована на багаторічні

комплексні дослідження впливу людини на біосферу, її компоненти та вплив процесів в біосфері на саму людину

На Генеральних Асамблеях ООН прийнято ряд резолюцій (1962, 1967, 1972), які підтримують природоохоронні заходи, і спрямовані на регулювання відносин між людиною та навколишнім природним середовищем. На конференції ООН у Стокгольмі в 1972 р. була прийнята важлива декларація з проблем навколишнього природного середовища, обговорені питання керування природними ресурсами, проблеми екологічного утворення, інформаційні, соціальні та культурні аспекти з проблеми охорони природи. Конференція рекомендувала всім країнам світу щорічно відзначати 5 червня як День охорони довкілля.

Завдяки ООН, її міжнародний орган “Food and Agriculture Organization” (ФАО) здійснює цілий ряд програм щодо забезпеченню охорони ресурсів біосфери, підготовки та підвищення кваліфікації фахівців в області охорони природи. Під егідою ООН цілий ряд таких міжнародних організацій, як Міжнародний студентський рух, Ліга молодіжного Червоного Хреста, Міжнародний банк реконструкції і розвитку, Інститут ООН з підготовки кадрів і досліджень, Організація ООН із промислового розвитку, Економічна комісія ООН для Азії і Далекého Сходу й інші, які проводять у рамках своєї діяльності заходи, пов’язані з охороною довкілля.

Велика роль в охороні навколишнього природного середовища належить міжнародним організаціям.

В бувшому СРСР, до складу якого входила й Україна, моніторинг довкілля здійснювався службою спостереження і контролю за забрудненням природного середовища. Після здобуття незалежності в 1992 році в Україні розпочалось формування і впровадження в дію державної системи моніторингу навколишнього природного середовища, правовою основою якої став Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”. Зокрема, в 1993 році було прийнято “Положення про державний моніторинг навколишнього середовища”, а в 1998 році – “Положення про державну систему моніторингу навколишнього природного середовища”, які визначають структуру і рівні моніторингу навколишнього природного середовища в Україні, його суб’єкти і об’єкти, порядок функціонування системи державного моніторингу довкілля, її науково – методичне, метеорологічне, матеріально – технічне та фінансове забезпечення.

2.3. Організація гідрологічних спостережень

Дослідження гідросфери має досить тривалу історію. Інтерес людини до води виник ще в доісторичну епоху і, головним чином, він

був пов'язаний зі споживанням води в їжу. Пізніше, у період зародження землеробства в Єгипті, країнах Близького Сходу, Китаї у людини склалися уявлення про воду, як необхідне джерело харчування рослин, і вона почала використовувати воду для зрошення полів.

Розвиток цивілізації супроводжувався широким використанням води не тільки в якості питної та для зрошення, але і як робочого тіла, для річкового і морського транспорту. Дефіцит прісної води в країнах, розташованих у напівпустелях і пустелях, викликав необхідність організації спостережень і збору інформації про річковий стік, місця і запаси підземних вод. У древньому Єгипті жерці володіли методами прогнозу обсягів стоку Нілу, що було необхідно для зрошення. Повсюдно на Землі розвиток поселень був пов'язаний з розташуванням їх біля берегів рік, у місцях, де близько до поверхні залягали придатні для пиття ґрунтові води. Це вимагало певних знань про водний режим території, що заселяється.

Ще при рабовласницькому ладі люди вміли перекидати річковий стік у райони зрошуваного землеробства. У долині р. Ніл люди спорудили спеціальні зрошувальні системи для вирощування сільськогосподарських культур. Крім того, річковий стік широко використовувався при будівництві млинів. Знання про режими рік, морів і океанах були також необхідні людині в зв'язку з рибальством.

Однак, як екологічне середовище гідросфера привернула увагу вчених недавно. Історія моніторингу гідросфери знову повертає нас до праць древніх мислителів. Аристотель (384-322 р. до н.е.) розглядав розподіл води і суші у світі, відомий як середземноморська цивілізація. Вже Сенека (4 р. до н.е. -65 р. н.е.) сформулював уявлення про кругообіг води в природі, про солоність океану. Безумовно знання про океан стали необхідні людям у зв'язку з розвитком мореплавання й особливо в зв'язку з «великими географічними відкриттями». Так, Х. Колумб відкрив область пасатних вітрів, ряд океанічних течій. У той же час моряки досліджували прибережні зони океанів і морів. З'явилися дані про їхні глибини, населення морськими тваринами. Для моніторингу океану необхідні дані про фізичні явища, властивості води, океанічні явища У 1725 р. Марсілії вперше написав фізичну океанологію. Методи досліджень і параметри солоності океанічної води були розроблені в ХІХ столітті Э. Ленцом. У тому ж столітті на основі досягнень гідродинаміки були проведені теоретичні дослідження динаміки вод, дані пояснення морським течіям.

Спеціальні океанічні експедиції зібрали величезний матеріал по біології океанів і морів. Було виявлене життя у всьому Світовому океані аж до найбільших його глибин. Академік Л. А. Зенкевич заклав

основи нового наукового напрямку в морській біології - глибинної біології. Завдяки проведеним дослідженням отримані дані про екологію морських організмів, їх відношення до газового складу води, тиску, температури, солоності.

Дослідження Чорного моря розпочалися після виходу Росії до його берегів у 1768-1774 рр. У 1841 р. був розроблений перший Атлас Чорного моря. Експедиції, організовані Ю.М. Шокальським, дали великий матеріал по гідрохімії, гідрофізиці, гідрології моря. Великий внесок у вивчення флори і фауни Чорного моря вніс Інститут біології південних морів АН України (м. Севастополь), а також Науковий центр вивчення Чорного й Азовського морів і Український науковий центр екології моря.

Розвиток мореплавства потребував знань про режими океану, морів і рік. До періоду середньовіччя люди мали у своєму розпорядженні знання про морські й океанічні течії, хвилеутворення.

Дослідженнями Світового океану займається наука океанологія, що поєднує комплекс наук про фізичні, хімічні, геологічні і біологічні процеси, які тісно пов'язані між собою і функціонують у Світовому океані. Розділ науки фізики океану вивчає закономірності взаємодії океану з атмосферою і сушею, розробляє прогнози погоди і зміни клімату. Хімія океану вивчає гідрохімічні властивості морської води, формування і динаміку хімічного балансу морів і океану. Геофізика океану досліджує геомагнітні, гравітаційні, електричні, геотермічні і сейсмічні поля в океані. Проблемами стратиграфії, літології, мінералогії і геології осадової товщі, порід, її складових, еволюції і генезису ложа океану, будови океанічних хребтів, дрейфу океанічних плит, континентів займається геологія океанів. Разом з тим, геологія океанів вивчає й формування, запаси і залягання корисних копалин на дні Світового океану. Тваринними і рослинними організмами, біологічною продуктивністю океану займається біологія світового океану. Створення і розвиток гідрологічного моніторингу засновані на даних цих наук.

Однією з найважливіших проблем вивчення гідрології суші є проблема формування поверхневого стоку. Для організації систематичних спостережень за поверхневим стоком М.А. Великанов організував Кубинську станцію водного балансу, а в 1925 році запропонував організувати на малих водозборах серію стокособалансових станцій. Водно балансові дослідження були здійснені в Московській області під керівництвом С.І. Небольсіна. В 1932 р. група вчених - С.А. Коль, М.А. Великанов, М.І. Львович розробила програму і основні методичні положення проведення

досліджень на стокових станціях. А в 1933 р. Д.Л. Соколовський запропонував схему розміщення стокових станцій на території СРСР. В Україні в 1929 –1958 рр. були організовані Придеснянська, Алмазнянська, Баришівська, Богуславська, Велико-Анадольська, Закарпатська і Бучанська стокові станції. Саме ці станції й стали методичною базою для послідуочого моніторингу поверхневого стоку і водного балансу в ландшафтах.

Велике значення для гідрологічного моніторингу мала організація системи гідрометеослужби. Перші метеорологічні станції уже вели гідрологічні спостереження. В даний час гідрометеорологічні станції ведуть спостереження за обсягом річкового стоку, його динамікою, випаровуванням, поверхневим стоком з водозборів, сольовим і температурним режимами рік і ґрунтових вод, Гідрометеослужба розробляє гідрологічні прогнози, вивчає теоретичні і практичні питання перекидання річкового стоку, впливу гідрологічного режиму на клімат в глобальному і локальному масштабі.

Сьогодні функціонують океанологічні і морські станції. Океанологічна станція являє собою зафіксовану ділянку океану або моря, де проводяться систематичні океанологічні і метеорологічні дослідження за допомогою сучасного наукового устаткування і приладів. Такі океанологічні дослідження проводяться як на станціях, розташованих на узбережжях морів і океанів, так і за допомогою спеціальних науково-дослідних суден, океанографічних платформ, космічних апаратів.

2.4. Педосфера як об'єкт досліджень

Розвиток наукових уявлень про педосферу йшло трохи іншим шляхом. До середини ХІХ ст. науки, що вивчає ґрунт, не існувало. Але ґрунтовий покрив, будучи макроекосистемою, виконує виключно важливу роль у біосфері. Серед основних *функцій ґрунтового покриву* розрізняють біосферні та екологічні стосовно живих організмів. До найважливіших біосферних функцій ґрунту належать наступні:

- забезпечення життя на Землі та постійної взаємодії великого геологічного та малого біологічного кругообігів речовин;
- регулювання складу атмосфери і гідросфери та інтенсивності біосферних процесів;
- накопичення на земній поверхні гумусу і пов'язаної з ним хімічної енергії.

До основних екологічних функцій педосфери варто віднести наступні:

- специфічну функцію ґрунту щодо людини;
- функції ґрунту, зумовлені його фізичними, хімічними та фізико – хімічними властивостями;
- інформаційну та цілісні функції ґрунту.

Ті знання, якими володіли вчені, були досить далекі від глибокого розуміння ґрунту як своєрідного природного утворення. У науці довго існував геологічний напрямок у розумінні властивостей та функцій ґрунту. Відповідно до цього напрямку вважалося, що ґрунт - це продукт вивітрювання гірських порід; інші процеси в ґрунтоутворенні були не відомі. Таке уявлення про ґрунт існувало до початку розвитку хімії, особливо до виникнення колоїдної хімії. Мікробіологія як наука, що пояснює процеси розкладання рослинних решток і синтезу гумусових речовин, тільки зароджувалася. Механізми харчування рослин ще не були вивчені на тому рівні, щоб можна було скласти досить повне уявлення про сутність ґрунтової родючості. Безумовно, геологічний напрямок у вивченні ґрунту гальмував дослідницькі роботи, спрямовані як на розуміння природи і генезису ґрунтового тіла, так і на методи керування його родючістю. Тим часом, необхідність наукових уявлень про ґрунт, який був ще й об'єктом сільськогосподарського виробництва, і який при цьому виснажувався, руйнувався, почала заявляти про себе. Наука не володіла не лише необхідними даними про хімічний склад ґрунту, його властивості, але не були розроблені й методи дослідження ґрунту.

Завдяки науковій діяльності В.В. Докучаєва, П.А. Костичева, М.М. Сибірцева сформульовані наукові уявлення про ґрунт, виникло нове вчення, нова наука - ґрунтознавство. З кінця позаминулого століття ґрунт став розглядатися екологами як одне з найважливіших екологічних середовищ. Дослідження ґрунту як екологічного середовища було неможливим без розробки аналітичних методів вивчення ґрунту. У цьому питанні велика заслуга належить К.К. Гедройцу.

Були сформульовані й отримали розвиток важливі наукові напрямки у вивченні ґрунтового покриву:

- хімія ґрунтів;
- ґрунтова мікробіологія;
- органічна речовина ґрунту, біоенергетика (І.В. Тюрін, М.М. Кононова, С.А. Алєєв і ін.);
- фізика ґрунту (Н.А. Качинський);
- ґрунтова гідрофізика (Г.М. Висоцький, О.О. Роде);

- географія, класифікація ґрунтів (Б.Б. Полинов; Л.І. Прасолов; І.П. Герасимов, М.А. Глазовська, Н.Б. Вернандер);
- хімія ґрунтів (П.С. Коссович).

Завдяки роботам В.В. Докучаєва були здійснені перші кроки по організації наукового моніторингу ґрунтового покриву планети. Перша ґрунтова карта розроблена К.С. Веселовським разом з В.В. Докучаєвим. Створення В.В. Докучаєвим нової науки – ґрунтознавства послугувало науковою основою для збору матеріалу про ґрунтовий покрив Росії і фіксації цього матеріалу у вигляді ґрунтових карт і прикладених до них описів. Наприкінці 50- х років ХХ ст. розвиток ґрунтового моніторингу реалізовано при крупно масштабних ґрунтових обстеженнях в Україні. За всю історію розвитку науки ґрунтознавства створено величезний банк даних про стан морфогенезу і речовинний склад ґрунтів. Вивчено ґрунтові режими, процеси обміну речовини й енергії в ґрунті, встановлені основні параметри ґрунтової родючості. В наступні роки цей банк даних широко використовувався у ґрунтовому моніторингу.

Дослідження функцій ґрунту в екосистемі знайшли місце у вченні про біосферу, що розвивалося В.І. Вернадським. Відповідно до його вчення ґрунтовий покрив утворить на земній планеті особливу біогеохімічну оболонку. Будучи компонентом біосфери і продуктом взаємодії живої речовини і гірських порід, ґрунти являють собою область концентрації організмів, пов'язаної з ними енергії, продуктів метаболізму і відмирання.

Інтенсивне сільськогосподарське використання ґрунтів, а також знищення лісів породило величезну екологічну проблему. Виникла загроза втрати більшої частини ґрунтового покриву світу в результаті ерозії, деградації й опустелювання території. Від наслідків процесу опустелювання страждає приблизно одна шоста частина населення земної кулі, ним охоплені 70% всіх посушливих земель з загальною площею 3,6 млрд. га. Відомо, що за всю історію землеробства людство втратило 2 млрд. га ґрунтового покриву планети. Цей процес поки що не зупинений. Разом з тим, дослідження ерозійних процесів, їх механізму і природи, масштабів поширення ерозії на планеті одержали досить широкий розвиток, що дозволило отримати дані, необхідні для організації системи ґрунтового моніторингу (С.С. Соболев, О.С. Козменко, Г.П. Сурмач, Г.І. Швєбс, М. Й. Долгілевич та ін.). У результаті ґрунтового - ерозійних досліджень були розроблені методи встановлення модулів, темпів водної і вітрової ерозії, вивчені основні

фактори ерозії, без яких неможливо було ні прогнозувати ерозійні процеси, ні розробляти методи керування ними.

Поряд з тим, моніторинг ґрунтового покриву був сформований тільки в 70-ті роки минулого століття. Країни Європи з розвиненим сільськогосподарським виробництвом організували проведення моніторингу найважливіших ґрунтових параметрів. В ряді регіонів Австрії були намічені полігони, на яких систематично відбирались зразки ґрунту для визначення вмісту в ньому органічного вуглецю, азоту, важких металів, величини рН, суми обмінних основ. В Німеччині була створена мережа постійних полігонів для збору інформації про ступінь забрудненості ґрунтів. В Бельгії складені крупномасштабні ґрунтові карти, розроблені методи проведення наземного і дистанційного моніторингу ґрунтів, створена база даних про їх хімічні та фізико – хімічні властивості. В Нідерландах організований моніторинг ґрунтів включає спостереження на 4500 точках і передбачає збір даних про морфологію ґрунтів та їх хімічні властивості, інтегрованих в геоінформаційну систему. Широка програма ґрунтового моніторингу здійснюється в Угорщині. Вона забезпечує визначення майже 100 показників і систематичне спостереження на 1200 репрезентативних майданчиках не лише на ґрунтах сільськогосподарських і лісових угідь, але й на інших землях, що використовуються для різних потреб. В Швеції і Норвегії проведення ґрунтового моніторингу забезпечується державною службою моніторингу. Центром розробки теоретичних і методичних основ ґрунтового моніторингу в Україні є Національний науковий центр “Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського”.

2.5. Спостереження за станом лісових екосистем

Лісові екосистеми Землі охоплюють величезну територію планети площею понад 44 млн. км². В Україні площа лісів складає близько 90 тис. км². Рослинність лісових екосистем, взаємодіючи з атмосферою, підтримує баланс кисню і вуглекислого газу. Разом з тим, ресурси фітомаси, тварин, ґрунти являють собою об’єкти життєзабезпечення людини. З давніх часів людина заготовляла продукти харчування в лісі. Там же вона отримувала матеріали для будівлі житла. У районах, придатних для землеробства, людина спалювала ліс і на звільненій

площі вирощувала сільськогосподарські культури. Розвиток скотарства вимагав звільнення лісової площі під пасовища і випасання худоби в лісах. Крім того, деревина використовувалася для приготування деревного вугілля, поташу. У лісі заготовлювалася каніфоль, скипидар та інші потрібні для людини речовини.

В даний час основними функціями лісових екосистем є екологічні та функція ресурсу деревини. Серед екологічних функцій лісам належать водо- і ґрунтоохоронні функції. Використовуючи екологічні властивості лісу, людина навчилася створювати штучні лісові насадження з заданими екологічними функціями. Як наслідок було сформовано науку - агролісомеліорацію, яка забезпечує теоретичні основи захисного лісорозведення і розробляє практичні рекомендації для створення різних категорій захисних лісових насаджень.

Особливо підсилювався вплив на ліс у рабовласницькому суспільстві, коли почало розвиватися землеробство. Розвиток землеробства супроводжувалося руйнуванням ґрунтового покриву планети. Відомо, що за всю історію землеробства загублено і знищено дві третини лісів планети.

Другий етап впливу на ліс відбувся, коли лісові площі почали швидко скорочуватися. Він розпочався в період швидкого розвитку кораблебудування. Для будівництва одного корабля використовувалося близько 4 тис дубів, що рівнозначно знищенню лісу на площі 10 га.

У середині XIX століття капіталізація виробництва і зростання міських поселень вимагали величезної маси деревини для використання її як палива і будівельного матеріалу. Усе це призвело до того, що за останні 200-300 років площі лісів, особливо в Європі, зменшилися в два рази.

Перші спостереження в лісових екосистемах пов'язані з обліком лісового фонду головним чином як ресурсу деревини. У цьому плані були необхідні, насамперед, дані про площі лісів, склад порід, запаси деревини. Крім того, для підтримки потрібного запасу деревини виникла необхідність охорони лісу від пожеж, ушкодження деревних і чагарникових рослин шкідниками і хворобами. Уже при феодализмі були розроблені охоронні акти на вирубку лісу. З XV ст. у Росії було узаконено лісокористування. Розвиток ремесел, деревообробки і торгівлі з кінця XV і на початку XVI століть обумовив торгівлю лісом і його продукцією. Знищення великої площі лісів Європи, у тому числі й

України, пов'язане з виробництвом поташу з деревини. Щоб збалансувати лісокористування, був розроблений ряд державних законів стосовно обмеження виробництва і торгівлі поташем.

Однак, перші підприємства лісового господарства почали створюватися в Росії тільки на початку ХУІІ ст. Саме з цього періоду почали проводитися спостереження за станом лісів, здійснюватися заходи для його охорони, впроваджувалися методи наукового лісокористування і лісорозведення. Вже в ХІХ ст. наукові ідеї лісокористування були розроблені вітчизняними вченими М.В. Шелгуновим, П.І. Жудрою, А.А. Краузе, О.Ф. Рудзьським і іншими.

Як уже підкреслювалося, у проблемі збереження лісів і балансу лісових екосистем важливого значення набуває моніторинг лісових площ і складання лісових карт. Перша карта, що показує поширення лісів на початку ХІІІ ст., опублікована А.М. Семеновою - Тянь-Шанською. Збереглися атласи і картографічні матеріали про поширення лісів в Україні ХУІІ ст., складені Г. Бопланом, В. Кордтом і іншими.

До початку ХХ ст. виникла проблема вирощування лісу в безлісних, степових районах України як в екологічних цілях, так і для одержання деревини. У цьому зв'язку завдяки роботам Г.М. Висоцького почали розроблятися теоретичні основи біологічної стійкості деревних рослин, методи створення лісових культур. У цей час покладений початок вирощуванню лісових насаджень на пісках, створенню полезахисних, стокорегулюючих і інших категорій захисних насаджень.

Проведенню моніторингу лісових екосистем передували дослідження з класифікації лісів (Г.Ф. Морозов), лісової типології (В.М. Сукачов, Е.В. Алексєєв, П.С. Погребняк, Д.В. Воробйов, О.Л. Бельгардт), методів визначення складу насаджень, оцінки продуктивності лісу, росту деревних порід. Наукові основи лісової таксації закладені і розвиваються завдяки роботам Б.О. Шустова, М.А. Анучина, М.В. Третякова, та ін. Багатофункціональність лісу і захисних лісових насаджень, біологія деревних рослин були досліджені завдяки роботам Г.М. Висоцького, Д.В. Воробйова, О.С. Скородумова, С.В. Зонна, Б.Й. Логгінова, Я.С. Смалько, Ю.П. Бялловича, Ф.М. Харитоновича, М.М. Дрюченка. Значні роботи з полезахисного лісорозведення розпочалися з 1948 р. на території колишнього СРСР. Завдяки "Плану перетворення природи" в Україні

були створені полезахисні та водорегулюючі лісові насадження на площі 438 тис га. В останні роки інтенсивно розвиваються дослідження в напрямку створення екологічно стійких лісоаграрних ландшафтів (М.Й. Долгілевич, В.Ю. Юхновський).

В 70-ті роки минулого століття в результаті техногенних викидів в Європі було пошкоджено 12 млн. га лісів. Зростаюча небезпека пошкодження лісових масивів в результаті збільшення техногенних викидів в атмосферу викликала необхідність проведення моніторингових спостережень за станом лісових формацій. В 1985 р. Європейською Комісією ООН була розроблена Міжнародна програма по оцінці й моніторингу впливу забруднення повітря на ліси (ICP – Forests), в якій беруть участь 35 країн Європи, США і Канада.

У 80-ті роки ХХ ст. програма і методика моніторингу лісів Європейської частини СРСР була розроблена Литовським науково - дослідним інститутом лісового господарства (проф. М.В. Вайчис). В Україні моніторингові спостереження за станом лісів розпочаті в 1989 р. Українським НДІ лісового господарства і агролісомеліорації.

Контрольні питання:

1. *Яким чином відбувалось формування метеорологічного та кліматичного моніторингу в Україні?*
2. *Яким чином відбувалось формування гідрологічного моніторингу в Україні?*
3. *Які наукові напрямки у вивченні ґрунтового покриву стали теоретичною основою ґрунтового моніторингу?*
4. *Якими були перші спостереження, що проводились в лісових екосистемах?*

РОЗДІЛ 3

Екосистеми та їх складові як об'єкт моніторингу

- 3.1. Атмосфера як об'єкт моніторингу
- 3.2. Педосфера як об'єкт моніторингу. Ґрунтовий покрив України
- 3.3. Агроєкосистеми - об'єкт моніторингу
- 3.4. Лісові екосистеми як об'єкт моніторингу
- 3.5. Водні екосистеми як об'єкт моніторингу. Гідросфера України

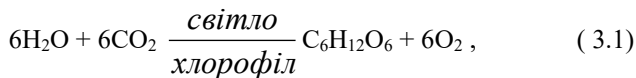
3.1. Атмосфера як об'єкт моніторингу

Атмосферу варто розглядати як невід'ємну частину планети Земля. Екологічні властивості атмосфери визначаються її фізичними властивостями і речовинним складом. У нижньому, приземному шарі атмосфери зосереджене життя людини. У ньому ж, використовуючи педосферу, ростуть і рослини. Атмосфера являє собою також найважливіший природний ресурс, широко використовуваний для виробництва ряду хімічних сполук, необхідних для господарської діяльності людини.

Атмосфера разом із ґрунтовим повітрям являє собою так звану *аеросферу* – оболонку Землі, що включає приземний шар повітря і ґрунтове повітря, що підкреслює їхню єдність і взаємозв'язок. Разом з тим, атмосфера частково входить до складу *аеробіосфери*, під якою розуміють приземний шар біосфери до висоти 6-7 км від поверхні Землі, населеної організмами.

Атмосфера - це газоподібна оболонка Землі. Її речовинний склад утворився в результаті діяльності екзогенних процесів, рослинності й океанів протягом мільярдів років. Поява зелених водоростей в океані, а потім зелених рослин на суші, які були здатні фотосинтезувати виявилася могутнім джерелом генерації вільного кисню в атмосфері.

Продуктування кисню в результаті фотосинтезу можна уявити наступним рівнянням:



Разом з тим, фотосинтез викликає зв'язування вуглекислого газу в атмосфері.

Підраховано, що Світовий океан у результаті діяльності фітопланктону продукує 80% вільного кисню, а рослинність суші продукує лише 20%. При фотосинтезі 61 млрд. т органічної фітомаси на Землі щорічно виділяється 88 млрд. т вільного кисню. За іншими даними площа океану в 1 км² виділяє за рік 170 т вільного кисню, а та ж площа суші дає тільки 70 т вільного кисню. Сумарна продуктивність вільного кисню складає 61 млрд. т на рік.

За даними В.І. Вернадського (1863-1945 рр.) загальна кількість вільного кисню в атмосфері оцінюється в $1,5 \cdot 10^{15}$ т. В атмосфері кисень знаходиться не тільки у вигляді молекули O₂: на висоті, що перевищує 150 км., йдуть процеси дисоціації O₂, і з'являються атоми кисню. Поряд з цим, відбувається і зворотний процес - синтез O₂. Тому в атмосфері вміст вільних атомів кисню малий і підтримується постійна концентрація O₂ у нижньому її шарі. З висотою концентрація вільних атомів кисню збільшується за рахунок зниження інтенсивності його синтезу в O₂. З висоти приблизно 100 км вільні атоми кисню є переважаючим компонентом атмосфери. При дисоціації води під впливом ультрафіолетового опромінення в атмосфері утворюється й певна кількість водню. Нагромадження N₂ в атмосфері викликане його вулканічними викидами. Оскільки азот являє собою інертний газ, він не бере участі у хімічних реакціях в атмосфері, що й викликає його нагромадження.

У процесі еволюції як рослинний і тваринний світ, так і людина адаптувалися до складу і фізичних властивостей атмосфери. Однак, сучасний склад атмосфери утворився не тільки в результаті розвитку ландшафтів, фотосинтетичної діяльності рослинності і функціонування океанів. На її речовинному складі позначився техногенез, що, як ми побачимо нижче, викликає зміни клімату і тим самим зміни екологічних умов біосфери. В атмосфері протікають хімічні реакції, що викликає зміну її хімічного складу. Зауважимо, що всі організми, які населяють Землю, протягом мільйонів років адаптувалися до складу атмосфери. Тому його стабільність виключно важлива для екологічних умов живих організмів.

Разом з тим, як природні, так і техногенні викиди в атмосферу викликають зміну концентрації газів. На концентрацію озону в атмосфері впливають деякі гази, з якими озон вступає в реакції. Тому концентрація окремих газів, таких як CO₂, NO₂, збільшується (рис. 3.1).

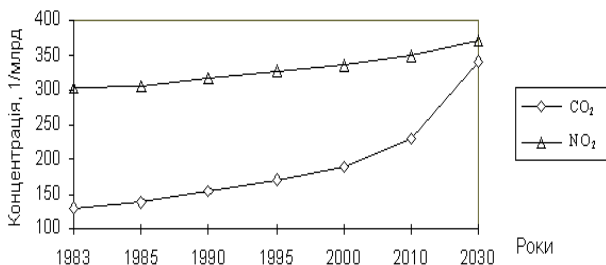
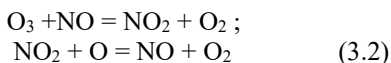


Рис.3.1. Прогноз концентрації газів у нижньому шарі тропосфери середніх широт Північної півкулі [4]

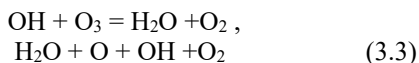
Максимальна концентрація озону - $1-2 \cdot 10^{-4}$ % спостерігається на висоті від 15 до 25-30 км. Але, протягом року концентрація озону змінюється. У Північній півкулі на широтах, більших за 30° , максимальна концентрація озону відзначається узимку і на початку весни, а мінімальна - восени. Найбільший контраст спостерігається на широтах $70-80^{\circ}$ пн. ш. Зі зменшенням широти амплітуда сезонних коливань зменшується, і на широті 30° і менше вона практично відсутня. У відносно «спокійній» тропічній зоні в атмосфері знаходиться 52% всього озону. Ця зона охоплює 57% території Землі, а над рештою частиною планети знаходиться 48% озону. Як ми побачимо нижче, озон як і інші гази, виконує певні екологічні функції. Тому важливою є підтримка постійної концентрації озону, до якої адаптувалися організми на Землі. Однак, концентрація озону в атмосфері зменшується завдяки хімічним реакціям, що проходять між O_3 і NO :



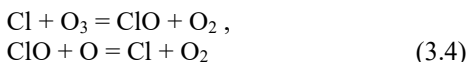
Як видно з реакцій, утворюються дві молекули O_2 .

Які ж джерела каталізаторів NO_2 і NO в атмосфері? Це викиди реактивних двигунів під час польотів літаків у стратосфері, азотні добрива, що при внесенні в ґрунт частково розпорошуються в атмосфері. За рахунок азотних добрив в атмосферу надходить 25-40% природного надходження закису азоту. Закису азоту утворюється як побічний продукт спалювання промислового палива.

Крім оксидів азоту в хімічних реакціях, що приводять до руйнування озону, беруть участь і оксиди водню:



Джерелом утворення оксидів водню є продукти дисоціації в результаті ультрафіолетового опромінення атмосферної води, а також промислові викиди. Нарешті, руйнування озону відбувається й в результаті наступної хімічної реакції, що має місце в атмосфері:



Тут атоми і молекули хлору є каталізаторами. Але, саме ці оксиди хлору є найбільш небезпечними для озону. Джерелом оксидів хлору є хлорвісні сполуки - фреони: F-11 (CFCl_3) і F-12 (CF_2Cl_2). Виробництво фреонів розпочалося в зв'язку з виготовленням холодильної техніки. Разом з тим, фреони одержали поширення в зв'язку з виробництвом різних аерозолів - дезодорантів, лаків, інсектицидів тощо. В зв'язку з цим концентрація фреонів у атмосфері постійно зростає (рис. 3.2).

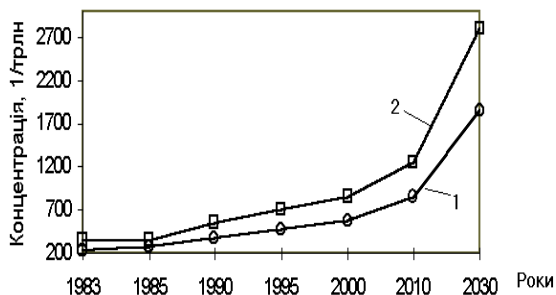


Рис. 3.2. Прогноз концентрації фреонів у нижній тропосфері середніх широт Північної півкулі; 1-Фреон-11; 2-Фреон-12 [4]

При проведенні моніторингу атмосфери важливо знати фотохімічні реакції, що в ній відбуваються. Розглянувши деякі фотохімічні реакції, що відбуваються в атмосфері, відзначимо, що й інші газові компоненти беруть в них участь, що в свою чергу приводить до утворення цілого ряду хімічних сполук. В атмосфері відбуваються основні фотохімічні реакції, які обумовлюють

біогеохімічні цикли наступних елементів: кисню, вуглецю і водню, азоту, сірки, хлору, бром, фтору.

Крім того, в атмосфері відбуваються реакції фотодисоціації, які викликають дисоціацію таких молекул як O_2 , O_3 , H_2O_2 , CO_2 , N_2O , CS_2 , HCl , HBr , $CFCl_3$ і інших. Однак низька концентрація того або іншого газу в атмосфері ще не означає його незначну екологічну функцію. Так, вміст CO_2 в атмосфері всього 0,033%. З огляду на те, що він є природним ресурсом для фотосинтезу, формування рослинами фітомаси, йому приділяється значна увага вчених. Відомо, що в процесі фотосинтезу рослини поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень. Таким чином відбувається регенерація кисню. У цьому процесі беруть участь не лише рослини, а і Світовий океан, що зв'язує 36% усього вуглецю CO_2 .

Таблиця 3.1. Щорічна біологічна продуктивність і зв'язування CO_2 поверхнею Землі

Поверхня Землі	Площа		Біологічна продуктивність (органічна суха речовина)		Зв'язування CO_2	
	млн. км ²	%	млрд. т	%	млрд. т	%
Океан, моря	363,0	71	22	36,0	37,4	36,0
Ліс	40,7	8	28,5	46,8	48,4	46,7
Пустелі	54,9	10,7	1,1	1,8	1,9	1,8
Відкриті простори	25,7	5	3,8	6,2	6,5	6,3
Рілля	14,0	2,8	5,6	9,2	9,5	9,2
Антарктика і високогір'я	12,7	2,5	0	0	0	0
Всього	511	100	61	100	103,7	100

Ліси зв'язують близько 47% CO_2 . Підраховано, що 1га лісу за годину зв'язує 8кг вуглекислого газу, тобто стільки ж, скільки за той же час видихають 200 чоловік Сільськогосподарські рослини на ріллі зв'язують трохи більше, ніж 9% вуглекислого газу. Вміст вуглекислого газу в атмосфері постійно збільшується. Такі процеси як гниття, лісові пожежі, деякі інші хімічні реакції відбуваються з виділенням CO_2 . У результаті техногенних викидів в атмосферу надходить величезна кількість вуглекислого газу. За рахунок діяльності людини щорічне надходження CO_2 в атмосферу перевищує 14 млрд т. Тому концентрація CO_2 в атмосфері постійно збільшується. Моніторинг

показав, що концентрація CO₂ за останні 100 років збільшилася з 0,027 до 0,0325%, а в найближчі 100 років його концентрація досягне 0,40%. Як ми побачимо далі, зі збільшенням концентрації CO₂ учені пов'язують зміну багатьох екологічних умов на Землі.

Повний цикл відновлення CO₂ на Землі відбувається за 300 років. У результаті ультрафіолетового опромінення в атмосфері відбувається дисоціація молекул N₂, H₂O, CO₂ і інших. Хімічні реакції викликають утворення нових хімічних сполук. Наприклад, утворюються кислоти і солі, що випадають потім на землю з атмосферними опадами.

Вода постійно знаходиться в атмосфері у вигляді пари, а також у рідкому і твердому стані. Загальний вміст води в складі атмосфери коливається від 0,1 до 40 м на кілограм сухого повітря. З висотою вміст вологи зменшується.

У складі атмосфери знаходяться й аерозолі, що являють собою дрібні часточки твердих тіл різних за походженням і природою.

У результаті функцій ландшафтів, океанів, циркуляційних процесів в атмосфері її газовий склад у середньому постійний. Лише концентрація таких її компонентів як вуглекислий газ і озон змінюється протягом останніх років. З висотою концентрація газів, аерозолів і пароподібної вологи зменшується. У відповідність із густиною газів відбувається їхній перерозподіл в атмосфері. Концентрація більш легких газів, таких як водень і гелій, збільшується у високих шарах атмосфери і на висоті понад 1000 км вони переважають в атмосфері.

Атмосфера являє собою простір куди викидаються техногенні відходи у вигляді газів і пароподібної вологи. Світові викиди газів складають щорічно понад 257 млрд. т. У зв'язку з забрудненням атмосфери в ній порушуються фізичні процеси, пов'язані з потоками сонячної радіації, що у свою чергу позначається на фотосинтезі і продукційному процесі рослин. Завдяки циркуляційним процесам в атмосфері переноситься величезна кількість поллютантів, які забруднюють суміжні ландшафти.

Разом з тим, в атмосфері формуються хмари, як результат конденсації водяної пари. З хмар випадають опади. Їхня річна кількість у рівнинних ландшафтах України складає 300-700 мм. Атмосфера виконує і гідрологічні функції, беручи участь у вологообміні води в ландшафтах. Крім впливу на енергетичні процеси, атмосфера забезпечує обмін речовиною і певний рівень потоків речовини в ландшафтах. Циркуляція атмосфери, особливо сильні вітри, викликають посилення потоків речовини в агроландшафтах. Виникаючі пилові бурі супроводжуються переносом пилу - ґрунтової речовини.

Разом із ґрунтовими частками в процесі вітрової ерозії переносяться хімічні речовини, що знаходяться в них, (мінеральні добрива, пестициди), а також радіонукліди. Тому в ландшафті здійснюються переміщення потоків хімічних і радіоактивних речовин. Важливо підкреслити, що перенесення ґрунтових часток у районах радіоактивного забруднення викликає перенесення енергії радіоактивного випромінювання. Перенесення забруднювачів відбувається не тільки в межах певного виду агроландшафту, він є трансландшафтним, в результаті чого відбувається хімічне і радіоактивне забруднення суміжних ландшафтів. Крім потоків речовини, викликаних циркуляцією атмосфери, формуються потоки речовини, що знаходиться в гравітаційному полі Землі. Формування потоків води і ґрунту під впливом сил ваги реалізується в структурах ландшафту, де наявні схилі землі. Як тільки виникають умови для руху речовини в гравітаційному полі, розвивається кінетична енергія, що забезпечує рух речовини на схилах. Розвиваються ерозійні і денудаційні процеси. Потрібно відзначити, що в результаті цих процесів формуються нові або перебудовуються старі структури ландшафту. У перенесенні речовини відіграє роль швидкість потоків води, що пов'язана з ухилом поверхні.

Таким чином, можна твердити, що екологічні функції атмосфери є досить багатогранні: вона є середовищем, що впливає на інші екологічні сфери, забезпечує транскордонне перенесення забруднювачів в біосфері тощо.

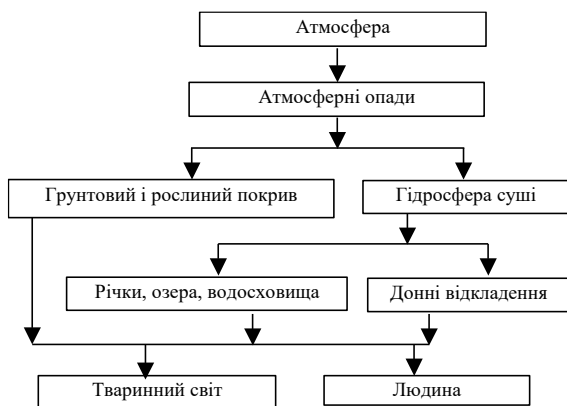


Рис. 3.3. Екологічні функції атмосфери у перенесенні забруднювачів

3.2. Педосфера як об'єкт моніторингу. Ґрунтовий покрив України

Педосфера або ґрунтовий покрив являє собою найважливіший елемент ландшафту. Ґрунт є функцією рослинності, ґрунтотворних порід, клімату, рельєфу, а також господарської діяльності людини. Ґрунт, крім того, - найважливіший ресурс у сільському господарстві. Він також є простором, куди скидаються техногенні відходи. Ґрунтовий покрив України сформувався в двох ґрунтово-біокліматичних поясах: бореальному і суббореальному. Розмаїтість ґрунтового покриву характеризується сотнями ґрунтових видів, які генетично пов'язані з ландшафтами України і є їх складовою частиною.

Сільськогосподарське використання ґрунтів протягом тривалого періоду, починаючи з часів Трипільської культури, що виникла 2-3 тис. років до н.е., і до наших днів, викликало істотні зміни в ґрунтовому покриві. Діяльність людини як фактора ґрунтоутворення викликала істотні зрушення в ґрунтотворному процесі. Ці зміни простежуються в морфогенезі, речовинному складі ґрунту, його режимах. Спостереження за цими змінами повинне починатися з відправної точки - від стану ґрунту в конкретний час. Тому з точки зору екологічного моніторингу важливим є фоновий речовинний склад ґрунтів. Уявлення про речовинний склад основних ґрунтів України дають дані таблиць 3.2- 3.6.

Таблиця 3.2. Еталони потужності гумусного шару деяких ґрунтів України [46, 48]

Ґрунти	Потужність гумусного шару, см			
	Волинська область	Житомирська область	Вінницька область	Донецька область
Дерново-підзолисті на деревноалювіальних воднольодовикових відкладах	31 - 36	32 - 50	31 - 37	--
Чорноземи типові на лесових породах	85 - 135	60 - 100	65 - 90	97
Чорноземи звичайні і південні	-	-	-	55 - 90
Дернові ґрунти	8 - 45	35 - 37	37	40 - 50

Таблиця 3.3. Еталонні параметри фізичних і водних властивостей орних ґрунтів України [46, 48]

Ґрунти	Щільність будови, г/см ³	Шпаруватість, %	Вологість в'янення, %	Найменша вологемісткість, %	Агрегатний склад, %	
					сухі агрегати	водостійкі агрегати
Дерново-подзолисті супіщані	1,57	40,2	2,7	18,0	40,3	28,7
Сірі й світло-сірі лісові супіщані й легкосуглинкові	1,48	43,4	3,6	22,0	41,9	42,0
Темно-сірі й чорноземи опідзолені середньосуглинкові	1,36	47,9	14,1	24,2	56,2	44,0
Чорноземи типові середньосуглинкові	1,20	58,6	15,4	30,2	61,6	54,4
Чорноземи звичайні важко суглинисті і глинисті	1,17	55,5	12,1	29,4	75,0	55,6
Чорноземи південні важко суглинисті і глинисті	1,25	54,8	12,1	28,8	69,9	53,4
Темно-каштанові й каштанові солонцюваті важкосуглинисті	1,30	53,1	11,8	26,4	44,9	48,9

Таблиця 3.4. Еталонний вміст гумусу в орних ґрунтах України, % [46, 48]

Ґрунти	Шар ґрунту, см				
	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
Дерново-підзолисті	2,0	0,6	0,3	0,2	0,2
Темно-сірі лісові	3,5	3,1	1,6	1,1	0,6
Чорноземи типові	5,5	4,9	4,2	2,7	2,2
Чорноземи звичайні	4,5	3,8	1,3	0,7	0,4
Темно-каштанові	3,0	2,3	1,0	0,8	0,6

Таблиця 3.5. Еталонні величини рН, вмісту валового азоту, фосфору і калію в орних ґрунтах України, %
(шар 0 – 30 см) [46, 48]

Ґрунти	Азот	Фосфор	Калій	рН
Дерново-підзолисті супіщані	0,05	0,06	1,32	4,8
Темно-сірі лісові	0,14	0,12	2,24	5,9
Чорноземи типові важкосуглинисті	0,29	0,15	1,93	6,1
Чорноземи звичайні важкосуглинисті	0,26	0,16	1,96	6,5
Темно-каштанові солонцюваті важкосуглинисті	0,16	0,11	2,34	Відсутні дані

Таблиця 3.6. Еталонний склад обмінних основ в орних ґрунтах України, мекв/100 г ґрунту [46, 48]

Ґрунти	Ca	Mg	H	K	Na	Сума
Дерново-підзолисті суглинкові	8,1	3,6	4,2	0,5	0	16,4
Дерново-підзолисті супіщані	1,5	0,7	2,4	0,1	0	4,7
Сірі лісові	19,2	5,5	3,1	0	0	27,8
Чорноземи типові	36,3	6,6	0	0,8	0,6	44,3
Чорноземи звичайні	34,6	7,6	0	0,6	0,8	43,6
Чорноземи південні	27,5	7,1	0	1,0	1,0	36,6
Каштанові солонцюваті	20,5	8,6	0	1,0	1,6	31,7

Ці параметри відповідають морфогенезу, хімічним і фізико-хімічним параметрам цілинних земель. Проте, у процесі сільськогосподарського використання при вирощуванні культур ґрунт відчуває ряд екологічних навантажень. Систематична глибока оранка, застосування важких колісних тракторів, недостатнє внесення органічних добрив спричиняють агрофізичну деградацію ґрунту. Мінеральні добрива, хімічні засоби захисту рослин, внесені в ґрунт, частково залишаються в ньому, викликаючи зміну його хімізму, і по харчових ланцюгах надходять в організм людини. Забруднення ґрунту викликають промислові й енергетичні підприємства. Ґрунтовий покрив здавна розглядався як місце для збереження, поховання, скидання побутових і техногенних відходів, в тому числі й небезпечних. Для ґрунтового моніторингу важливим є знання видів, маси і джерел викидів забруднювачів ґрунту. Крім того, ґрунт, як жодне з

екологічних середовищ, піддається сильному руйнуванню. Відомі такі агенти руйнування ґрунту як вода і вітер, що викликають ґрунтову ерозію. Тому для ґрунтового моніторингу також потрібно мати чіткі уявлення про інтенсивність ерозії та основні параметри факторів, що її викликають. Завдяки педосфері відбувається міграція забруднювачів (рис. 3.4.)

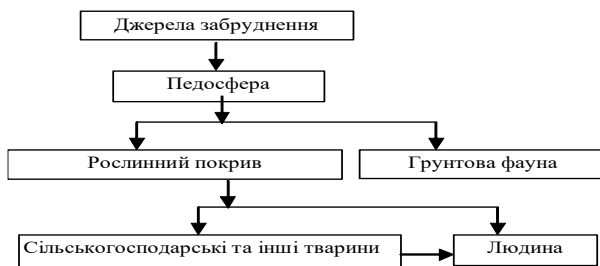


Рис. 3.4. Функції педосфери в динаміці потоків речовин–забруднювачів

3.3. Агроєкосистеми - об'єкт моніторингу

В даний час господарська діяльність людини призвела до трансформації природних екосистем. Практично вони перетворені в напівприродні й антропогенні екосистеми. Агроєкосистема (агробіогеоценоз) – це сукупність однорідних природних явищ на певному відрізку агроландшафту, які взаємодіють між собою. Він включає в себе біоценоз і екотоп. Біоценоз, в свою чергу, складається з агрофітоценозу (автотрофних компонентів або продуцентів), та зооценозу (консументів та редуцентів). Агроєкосистема не є системою, що функціонує самостійно. Для її нормального функціонування необхідне втручання людини.

Розглянемо видову просторову структуру і трофічні зв'язки в агроєкосистемі. Її *структура* – це особливе розміщення компонентів системи по поверхні і вертикалі, а також закономірні кількісні зв'язки між ними, сезонні зміни агрофітоценозу. Кожна конкретна агроєкосистема має свій визначений видовий склад. Він формується людиною, яка культивує якийсь певний вид культурної рослини. Супутниками даної рослини є окремі види бур'янів і тварин, які пристосовуються до неї в процесі історичного розвитку.

Видовий склад зумовлює специфіку агроєкосистеми, її зовнішній вигляд, або аспект, визначений в основному вищими рослинами, або агрофітоценозом.

Агрофітоценоз (АФ) – це сукупність існуючих разом на одній і тій самій території рослинних організмів, що створені людиною з метою одержання необхідної їй органічної маси шляхом висіву трав'янистих (найчастіше культурних) рослин на спеціально для цієї мети відведеній і відповідним чином підготовленій ділянці.

Висіяні людиною культурні рослини є *домінантами* або едифікаторами створеного (АФ), інші його компоненти входять до складу (АФ) незалежно від бажання людини. Розміщення видів в агроєкосистемах не хаотичне, а залежить від агротехніки, що узгоджується з екологічними закономірностями.

У *видовому відношенні агроєкосистеми* – це угруповання, яким властива наявність здебільше 1-го виду культурних рослин та кількох десятків бур'янів, але агроєкосистеми представлені великою кількістю особин культурних рослин, що й визначає їх зовнішній вигляд. Так, зовнішній вигляд пшеничного поля визначається одним видом - пшеницею – та 16-49 видами бур'янів. Загальне ж число рослин пшениці досягає до 4,5 млн. на 1 га.

Складні агроєкосистеми створюють дві або більше культур. До складних належать також угруповання, що складаються з однієї культури, але в посівах якої наявна значна кількість бур'янів. Видову насиченість вищих рослин у агроєкосистемах формує людина, визначаючи норми висіву насіння. Тому вони характеризуються одноманітністю. Щільність культурних рослин регулюється нормою висіву насіння, яка залежить від кліматичної зони, ґрунту, культури. Вибір того чи іншого виду культурних рослин зумовлюється потребою людини, кліматом і родючістю ґрунтів. Щільність популяцій визначається кількістю особин на одиниці площі і залежить від погодних умов, при цьому найбільший ефект досягається в оптимальних умовах. Крім того, щільність залежить від способу і норми висіву насіння та умов агротехніки, біологічних і екологічних особливостей вирощуваних рослин, рівня забур'яненості ґрунтів. Спосіб і норми висіву визначають також умови кореневого і повітряного живлення рослин. Щільність впливає на світловий, тепловий та газовий режими в надземній і підземній частинах, вологість повітря, інтенсивність транспірації, енергію фотосинтезу, умови кореневого і повітряного живлення, характер взаємодії рослин між собою і середовищем. Від цих факторів, а також від агротехніки,

що застосовується, якщо виключити вплив шкідників, залежить і продуктивність агроecosистем.

Спосіб висіву визначається розмноженням рослин на площі і може бути рядковим, вузько-, широкорядним, гніздовим. Зменшення норми висіву культури, що призводить до зрідження стеблостою, зумовлює забур'яненість посівів, а збільшення - їх вилягання і пригнічення. Підвищення продуктивності сільськогосподарських культур можливе при оптимальному розміщенні рослин по площі на фоні високої агротехніки і створення в ряді випадків складних агроecosистем з різних, але біологічно та екологічно сумісних видів і сортів, а також сумісних посівів на одній ділянці ранніх і пізніх культур або різних сортів. Це дає змогу використовувати екологічні ніші, що їх займають бур'яни. Крім того, варто підкреслити, що практично всі культурні рослини – це інтродуценти, які зайняли кращі екологічні ніші за допомогою людини.

Для агроecosистем характерні специфічні і численні взаємозв'язки між вищими рослинами і популяціями окремих видів шкідників, що їх населяють. Причому, характер цих зв'язків значною мірою залежить від кліматичних факторів та господарських особливостей. Наприклад, з озимою пшеницею пов'язано 669 видів, з них 416 видів фітофагів і 253 види ентомофагів, але кількість і співвідношення видів різні. Найбільша кількість (462) види комах, як фіто- так і ентомофагів, спостерігається в степовій зоні. Тут домінують 5 видів пластинчатовусих жуків, з яких жук -кузька становить за чисельністю 94%, серед рослиноїдних журилиць 49,5% становить хлібна і 20% велика хлібна. Із 5-ти видів хлібних клопів на шкідливу черепашку припадає 90,6%, із 15 видів підгризаючих совок на озиму совку – 88,5%, з 13 видів злакових мух найбільш численні гессенська, вівсяна і шведська. Поширені також шкідливі ковалики: степовий – 55%, посівний – 24%, широкий – 15%, із пилкоїдів – протей (72,9%), серед чорнотілок домінує піщаний мідляк.

У Лісостепу на озимій пшениці домінують ковалики, росткові мухи, шведська, озима, гессенська мухи, велика злакова попелиця, звичайна черемхова попелиця, житній і пустоцвітний трипси, п'явиця звичайна. Всього тут налічується 411 видів комах і кліщів, з них 320 видів фітофагів і 191 вид ентомофагів.

У Нечорноземній зоні відмічають 328 видів, з них 169 видів фітофагів і 159 видів ентомофагів.

Фауна АГ формується в основному за рахунок місцевих видів комах, серед яких є як моно- так і поліфаги. Первинні біогеоценози, як правило, багаті на види рослин і тварин, а також відносно стійкі, що є

результатом тривалого їх пристосування в процесі еволюції. Відомо, що чисельність окремих видів тварин у природному біоценозі, як правило, невисока, а її коливання ніколи не досягають такої амплітуди, як у АГ. Культури, що мають своїх предків у місцевій флорі, заселені тими ж видами комах, що і їх дикі родичі (наприклад жито, пшениця, овес, ячмінь, капуста, буряки). В умовах монокультури в АГ виявлено дуже обмежену кількість видів комах, але для деяких з них створюються особливо сприятливі умови, що зумовлює їх масове розмноження. Так з цієї причини у Степу в зв'язку з культурою пшениці розмножується жук - кузька, а в Лісостепу на цукрових буряках – довгоносик.

Для зменшення кількості окремих видів комах застосовують зміну культур у сівозміні. Та, незважаючи на це, загальна чисельність комах збільшується, що пов'язано з тим, що після кожної культури залишаються специфічні для неї комахи. У сівозміні з багаторічними травами в наступних культурах спостерігається підвищена кількість личинок коваліків та деяких хрущів, продовжують розвиватися довгоносики. На полях цукрових буряків, висіяних після озимих, у великій кількості зустрічаються личинки жука - кузьки. Фауна бобових трав завжди багатша, ніж злакових. На райграсі виявлено 31 вид, на пирії безкореневищному – 47, на люцерні – 67 видів. У травосумішках ентомофауна багатша. На суміщі еспарцету - 84 види, а на суміші люцерни з пирієм - 94.

Кількість видів у фауні культурних полів збільшується також за рахунок інтродуцентів. Вони завозяться разом з культурами або заносяться людиною. До таких належить горохова зернівка, що походить із Середземномор'я, квасолева зернівка, походження якої - Південна Америка, колорадський жук, який походить з Північної Америки.

Просторова структура, або ярусність агроєкосистеми – це її вертикальний розподіл у наземній та підземній частинах на структурно-функціональні горизонти, тобто розміщення функціональних органів (листя, коріння) на різній висоті від землі та глибині ґрунту. Розрізняють надземну і підземну структуру агроєкосистеми. Формування *надземної структури* залежить від вибагливості рослин до світла та родючості ґрунту. Тому верхній ярус створюють більш світлолюбні, нижче розміщені рослини з середньою вибагливістю до світла, під їх наметом – найбільш тіневитривалі. Рослини різних ярусів мають неоднакові вимоги щодо тепла, вологи та сили вітру. Рослини верхнього ярусу краще переносять коливання температури, вологи та сили вітру. Рослини нижнього ярусу

приспосувались до більш стабільних умов, які формуються під наметом культурного ярусу.

При одновидових посівах велике значення має рівномірне розповсюдження листкової поверхні в товщі посіву і рівномірне освітлення в середині травостою. У цьому випадку підвищується оптимальна площа листкової поверхні й одержують вищі добові прирости біомаси. Структура посівів є цілісною оптичною системою, тому ставиться питання про спрямований підбір сортів рослин, здатних утворити найбільш сучасні ценози.

У функціональному відношенні чистий посів – відносно елементарне угруповання, але рослини в ньому зв'язані в єдину систему завдяки наявності різних, проте біологічно сумісних особин. Біологічна сумісність рослин одного виду сприяє тому, що рослини освоюють і використовують фактори середовища для нагромадження біомаси, розвиваються, утворюють органи, розростаються, зріджуються і розмножуються з користю для всього виду.

Рослинний покрив значною мірою згладжує коливання температури ґрунту. Так, амплітуда коливання температури ґрунту на ділянках скошеного степу в два рази ширша, ніж нескошеного. Залежно від цього, складаються різні умови для росту та розвитку рослин. Мікрокліматичні умови в природному угрупованні відрізняються від таких у штучно створених ценозах. Температура повітря у агроєкосистемах протягом доби вища, що свідчить і про більше випаровування вологи на сільськогосподарських полях. На сільськогосподарських угіддях вертикальний градієнт вологості повітря виражений дуже слабо, на відміну від степу, де він досить високий.

Підземна структура агроєкосистем формується завдяки розподілу кореневої системи рослин у ґрунті, проникненню коренів на різну глибину, де вони перебувають у неоднакових умовах, щільності, вологості, тепла, повітряного режиму, живлення. Це вплив на нагромадження в них вуглеводів, постачання надземним частинам рослин води й елементів живлення, що надходять із коріння, а також на процес створення і перетворення органічних речовин. У відповідності до умов росту і розвитку формується морфологічна будова надземних і підземних органів рослин. У агроєкосистем виділяють наступні надземні яруси:

- культурний (К), створений висіяними культурними рослинами;
- верхній (В), що піднімається над культурним ярусом і представлений невеликою кількістю високорослих рослин;

- середній (С) – розміщений нижче культурного ярусу;
- нижній (Н) – включає рослини, розташовані на невеликій (до 25 см) висоті над ґрунтом.

Культурний ярус створений в основному висівом культурних рослин. До нього входить також невелика кількість бур'янів, що мають однакову з ним висоту. Оскільки цей ярус створений великою кількістю культурних рослин, він, як правило, відіграє вирішальну роль у створенні внутрішнього середовища агроєкосистем і формує умови для існування бур'янів. У створенні *верхнього ярусу* беруть участь як бур'яни, так і культурні рослини (жито в посівах пшениці). *Середній ярус* створений бур'янами. Він значно відрізняється від культурного невеликою кількістю рослин та меншою їх висотою, але під час збирання врожаю він зрізується разом з культурними рослинами. *Нижній ярус*, що складається з однорічних післяжнивних бур'янів (жабрій, чистець) під час збирання не зрізується, тому є досить небезпечним, бо значно розростається. У змішаних посівах, що створені двома культурами, одна з яких менша за розмірами, культурний ярус складається з 2-х підярусів – культурного верхнього (Кв) і культурного нижнього (Кн). Останній разом з середнім ярусом агроєкосистем створює один ярус. У такому випадку ярусна структура агрофітоценозу буде складена з В (верхнього), Кв (культурного верхнього), Кн+Б (культурного нижнього + бур'яни) і Н (нижнього) ярусів.

Ярусний розподіл рослин підвищує загальну продуктивність агроєкосистем, оскільки пом'якшує взаємовідносини між рослинами: зокрема, розмежовує життєвий простір окремих рослин, послаблює боротьбу за існування між ними й одночасно створює умови для повнішого використання ресурсів зовнішнього середовища.

У агроєкосистемах людина намагається одержати найвищу продуктивність не всіх рослин, а лише культурних. Тому вона позбувається бур'янів, що створюють верхні, середні і нижні яруси. Бур'яни в процесі свого розвитку пристосовуються до умов існування в агроєкосистемах. Майже кожна культура має свої види спеціалізованих бур'янів з близькими ареалами.

Агроєкосистеми мають різний набір видів культурних рослин, але вони займають у них одні й ті самі екологічні ніші. Наприклад, посіви пшениці, вівса чи жита належить до різних видів культурних рослин, але в агроєкосистемах займають одні й ті ж екологічні ніші, оскільки виконують одну функцію – продуцентів-ефікаторів, створюючи особливе середовище – фітосередовище.

У агроекосистемах, як і в кожній екосистемі між організмами існують певні *трофічні зв'язки*. Однак, завдяки заходам, що застосовуються людиною з метою одержання найбільшої кількості продукції, вони значно деформовані. Ця деформація особливо помітна при застосуванні пестицидів. Трофічні ланцюги стають коротшими або руйнуються, оскільки гинуть консументи, а якщо вони й зберігаються, то кількість цих ланцюгів значно зменшується. Досвід застосування отрутохімікатів показав, що повністю знищити шкідників ними не вдається, більше того, шкідники подекуди швидко пристосовуються до пестицидів і харчові зв'язки відновлюються. Відомі численні факти коли неправильно здійснена хімічна боротьба з шкідниками в майбутньому викликала їх нове масове розмноження в зв'язку з тим, що одночасно із шкідниками знищувалися і їх природні вороги, відбувалася адаптація шкідників до отрут і формування стійких популяцій.

3.4. Лісові екосистеми як об'єкт моніторингу

Лісові екосистеми відносяться до класу наземних екосистем і являють собою складний, взаємозалежний комплекс рослин і живих організмів та ґрунтовий покрив. Лісові екосистеми включають нижчі і вищі рослини, деревні, чагарникові, трав'янисті рослини, гриби, мохи, лишайники, ґрунтові організми. Серед рослинних організмів у лісових екосистемах важливими є продуценти - переважно деревні рослини, що синтезують органічну речовину. У лісових екосистемах активно функціонує величезна кількість редуцентів, яка забезпечує розкладання маси рослинного опаду і відмерлих організмів. У лісових екосистемах існують складні харчові ланцюги, що відіграють важливу роль у забезпеченні внутрішніх зв'язків екосистеми і її функціонування.

За своєю природою лісові екосистеми є відкритою природною системою, що одержує сонячну енергію для свого функціонування. На основі вчення про ліс Г.Ф. Морозова і В.М.Сукачова *під лісом* розуміють географічний ландшафт, що складається із сукупності деревних, чагарникових, трав'янистих рослин, тварин і мікроорганізмів, біологічно взаємозалежних у своєму розвитку, які впливають один на одного і на зовнішнє середовище.

Ліси планети Земля виконують найважливіші *екологічні функції*, основними з яких є наступні:

- підтримка газового складу земної атмосфери;

- участь у вологообміні;
- формування ґрунтового покриву і охорона його від руйнування.

Разом з тим, ліси являють собою ресурс деревини і мають також не деревні ресурси. Кліматичні умови планети обумовили розміщення лісів. Основні їх масиви зосереджені в Євразії, включаючи територію Росії (табл. 3.7.).

Таблиця 3.7. Площі і запаси деревини в лісах Світу [42]

Континенти	Площа, млн. га		Запас деревини, млрд. м ³	
	лісова	у т.ч. покрита лісом	усього	у т.ч. хвойних порід
Євразія	1 615	1 388	137	83
Африка	800	760	35	0,5
Австралія й Океанія	96	92	5	0,3
Північна Америка	750	630	59	40
Південна Америка	800	750	123	3
Усього	4 061	3 620	359	126,8

Один з найбільших материків Землі - Євразія. Її площа складає 53,4 млн. км², з якої 30,2% території або 16,1 млн. км² займають ліси. Тут є тропічні ліси, вологі вічно зелені ліси, прибережні мангрові і пальмові зарості, тайгові світлохвойні ліси і ін. У Євразії нараховується 3 тис. видів великих дерев, 17 тис дрібних дерев і кущів, близько 400 видів ліан.

Інший великий континент Землі - Африка. Його площа складає 30,3 млн. км². На території цього континенту площа лісів займає 826,1 млн. га, що становить 27,5% від загальної його площі.

Ліси Австралії в Тихоокеанському районі розташовані в тропіках і субекваторіальній зоні. Тут є 600 видів евкаліптів, численні види акацій, банксії. Ростуть тут і хвойні ліси з місцевих видів дерев (агатис, каллітрис, араукарія й ін). Сухі евкаліптові ліси поширені в Південно-Східній Австралії на висоті 300-900 м над рівнем моря. На північному узбережжі континенту є мангрові ліси.

Північна Америка представлена зонами тундри, тайги, преріями і субтропіками. Відповідно до зональності представлена і лісова рослинність. У зоні тундри рослинність мохово - кущикова і мохово - лишайникова. У лісотундрі, по улоговинах і долинах рік ростуть хвойні ліси з ялини і модрина, а також берези. Основні ліси займають тайгову зону. Тут основними видами є біла, канадська і чорна ялини, ялиця бальзамічна, сосна звичайна і сосна Банкса. У центральній тайзі змішані листяні й хвойно-листяні ліси. Широколистяні ліси поширені в районі Великих озер. У межах США найбільш продуктивні і цінні хвойні ліси знаходяться на заході. Тут, особливо в Каліфорнії, збереглися древні хвойні ліси із секвої вічнозеленої. На південному-сході Техасу і на півдні Флориди є тропічні ліси.

Ліси Південної Америки поділяються на 5 висотних поясів: тропічний, субтропічний, середньогірський, високогірний і субальпійський. За площею на цьому континенті переважають тропічні ліси, розташовані на висоті до 800 м над рівнем моря. У субтропічному поясі ростуть так звані дощові ліси, які мають водоохоронне значення. Хвойні ліси зосереджені в середньогірському поясі, а на високогір'ях ростуть вологі ліси.

В Україні різноманітні кліматичні умови обумовлюють досить неоднорідне розміщення лісів. Уся площа лісів держави складає близько 10 млн. га., що становить 15,7% від загальної її площі. Фактична лісистість України й оптимальна (рекомендована) лісистість її території подані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.8. Лісистість України, % [42]

Природні зони	Фактична лісистість(станом на 2005 р.)	Рекомендована (оптимальна) лісистість, за різними джерелами
Полісся	26,8	32
Лісостеп	13,0	18
Степ	5,3	9,0
Крим	10,4	19,0
Карпати	42,0	45,0

Полісся, як засвідчує сама назва цієї ґрунтово-екологічної зони є основною лісовою зоною, у якій зосереджено 36,6% усього лісового фонду держави і 33% загального запасу деревини. Ліси тут представлені переважно сосновими, сосново-дубовими, дубово-грабовими і вільховими насадженнями. Хвойні ліси, переважно

соснові, займають 64,5% покритої лісом площі, ліси з переважанням твердолистяних порід - 9,7%, м'яколистяних порід - 25,8%.

Ліси України згідно ст. 39 Лісового кодексу за екологічним і соціально-економічним значенням та залежно від основних виконуваних ними функцій поділяються на такі *категорії*:

1) захисні ліси (виконують переважно водоохоронні, ґрунтозахисні та інші захисні функції);

2) рекреаційно-оздоровчі ліси (виконують переважно рекреаційні санітарні, гігієнічні та оздоровчі функції);

3) ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення (виконують особливі природоохоронні, естетичні, наукові функції тощо);

4) експлуатаційні ліси.

У степовій зоні України лісистість невелика, але саме тут створені штучні лісові насадження у вигляді полезахисних і стокорегулюючих лісосмуг, які виконують екологічні функції по забезпеченню захисту ґрунтів від водної і вітрової ерозії, а посівів сільськогосподарських культур - від посух і суховіїв. Такі насадження розміщені на площі 430 тис га.

У степовій зоні, у нижній течії Дніпра на його лівому березі створено систему захисних лісових насаджень на пісках з метою їх закріплення і захисту від вітрової ерозії.

В Україні функціонує цілий ряд різноманітних видів захисних лісових насаджень:

- на берегах рік і ярів;
- на рекультивованих землях;
- на пісках;
- уздовж шосейних доріг і залізниць;
- паркові й озеленювальні насадження.

Кожен з цих видів насаджень виконує свої екологічні функції. Насадження на берегах малих і середніх рік призначені для перехоплення твердого стоку. Вони забезпечують чистоту річкової води, захист її від забруднення, викликаного стоком з водозборів. Насадження на берегах ярів закріплюють їх від руйнування внаслідок водної ерозії. На рекультивованих землях лісові насадження закріплюють ґрунт від руйнування вітром і водою. Ці насадження забезпечують і формування ґрунтів. Лісосмуги уздовж доріг, особливо автомобільних, забезпечують захист прилеглих територій від шкідливих газоподібних викидів автотранспорту. Паркові й озеленювальні насадження виконують рекреаційні функції, частина з

них є засобом захисту населення і житла від шкідливих техногенних викидів у промислових містах.

а. Водні екосистеми як об'єкт моніторингу.

Гідросфера України

Протягом багатьох сторіч море для людини являло собою безкрайню стихію, що вічно хвилюється. У стародавні часи море було небезпечною стихією, яку було важко здолати. Але, як тільки людина навчилася будувати кораблі і робити морські подорожі, вона пізнала море, пізнала океан і відкрила для себе багате і різноманітне життя у водній стихії. Море являє собою величезні запаси різноманітної їжі. Морські шельфи берегів континентів є величезними резервуарами морських тварин і водоростей. Історія цивілізації свідчить про те, що людина одержувала продукти харчування, заселяючи й освоюючи сушу. Тільки потім, коли природні ресурси суші почали виснажуватися, людина стала звертатися до моря.

Гідросфера є елементом глобальної кліматичної системи, формуючи клімат планети та її атмосферу. Світовий океан бере участь у кругообігу речовини, він є носієм сонячної енергії. Величезні запаси зелених водоростей забезпечують синтез вуглекислого газу з атмосфери і підтримують концентрацію кисню в ній.

України (шельфи) океанів являють собою комори мінералів, нафти і газу. Розміщення мінералів на шельфах визначилося шляхом, по якому йшло переосадження багатих рудоносних порід. Океан варто розглядати як складову частину загальної цілісної системи, що підтримує існування людини. Порушення цілісності цієї системи небезпечно для існування життя на Землі. От чому необхідні екологічно безпечні технології для розробки і видобутку природних ресурсів моря. Особливо це стосується видобутку нафти, з чим пов'язане забруднення моря, та вилову риби і інших морепродуктів.

Чим же характеризується Світовий океан як водне середовище? Сьогодні вода покриває 71% площі Землі (361,3 млн. км²) шаром близько 4 тис м². Об'єм гідросфери становить близько 1,5 млрд. км³ води (табл. 3.9.). У силу свого походження вода Світового океану являє собою іонізований розчин, який містить солі і гази. Середня концентрація солей складає 3,5%. До складу основних солей входить 88,7% хлоридів, 10,8% сульфатів і 0,3% карбонатів. Солоність, як і температура, є основними факторами, що лімітують можливість життя для морських мешканців. Зелені водорості забезпечують баланс кисню у воді, що важливо для підтримання життя в океані. Світовий океан багатий такими природними ресурсами як нафта, газ, вугілля, залізо, важкі метали. Морська сіль є сировиною для одержання багатьох хімічних препаратів і елементів.

Таблиця 3.9. Світові запаси води [11]

Вид води	Площа, зайнята водою, млн. км ²	Об'єм води, тис. км ³	Частка загальних запасів, %	Період відновлення, років
Світовий океан	361,3	1338000	96,5	2500
Підземні води	134,8	23400	1,7	1400
Переважаючі прісні підземні води	134,8	10530	0,76	
Грунтова волога	82,0	16,5	0,001	1
Льодовики і постійний сніговий покрив	16,228	24064,1	1,74	9700
Підземні льодовики зони багаторічних мерзлих порід	21,0	300	0,022	10000
Запаси води в озерах	2,058	176,4	0,013	17
у т.ч. в прісних	1,236	91,0	0,007	
в солоних	0,822	85,4	0,006	
Води боліт	2,683	11,47	0,0008	5
Води в руслах рік	148,8	2,12	0,0002	16 днів
Біологічна вода	510,0	1,12	0,0001	Кілька годин
Вода в атмосфері	510,0	12,9	0,001	8 днів
Загальні запаси води	510,0	1385984,6	100	
Прісні води	148,8	35029,21	2,53	

Завдяки кругообігу води на Землі підтримується її баланс. Провідне місце в цьому кругообігу належить системі Світовий океан – атмосфера - Світовий океан, у якій участь у вологообміні бере 411, 6 км³ води, тоді як на систему суша – атмосфера - суша припадає лише 113,5 км³ води.

Підраховано, що Світовий океан у результаті діяльності фітопланктону продукує 80% вільного кисню, а рослинність суші - 20%. При фотосинтезі 61 млрд. т органічної фітомаси на Землі щорічно виділяється 88 млрд. т вільного кисню. За іншими даними площа океану в 1 км² виділяє на рік 170 т вільного кисню, а та ж площа суші дає його лише 70 т.

Крім Світового океану до водної оболонки Землі входить і прісноводне середовище, представлене ріками, озерами, болотами, ґрунтовими водами. Ріки є основним джерелом прісної води на Землі, запаси якої не перевищують 2, 5% від загальних запасів води. Разом з тим, запаси прісної води досить нерівномірно розподілені по території суші Землі. Тому режими прісної води, її запаси, баланс являють собою об'єкт моніторингу.

Прісноводні водойми поділяються на дві групи:

- *стоячі водойми* (болото, озеро, ставок);
- *проточні водойми* або лотічне середовище (лат. lotus –

той, що омиває), сюди відносяться ріки, джерела, струмки.

Різких меж між цими типами водойм немає. Зміна геологічних та гідрологічних умов може призвести до зміни типу водойми. До цього ж приводить і діяльність людини. Струмки, а іноді і ріки часто зникають в результаті ерозії, замулювання русел, у результаті проведення осушувальної меліорації. Іноді, навпаки, діяльність людини призводить до утворення нових водойм штучного походження. Наприклад, створення каскаду водоймищ на Дніпрі, утворення величезного озера замість Аральського моря, яке висихає.

У порівнянні з океаном або з морями прісноводні водойми займають невелику частину суші. Однак їх екологічна роль досить велика:

- прісноводні водойми - доступне і дешеве джерело прісної води;
- прісноводні водойми саме вузьке місце планетарного геологічного циклу: так маса кругообігу води в океані складає 13800 геограмів, у внутрішніх прісних водах суші - 0,25 геограма, у ґрунтових водах суші - 2,5 геограма (1 геограм = 10^{20} г); маса вуглекислого газу в кругообігу між атмосферою й океаном більша, ніж над водоймами суші;
- прісноводні водойми є самими зручними і дешевими екологічними системи по переробці відходів, але це призводить до їх забруднення;
- вода наземних екосистем являє собою єдине джерело прісної води для людини.

Основна кількість води в прісноводні водойми надходить з атмосфери, волога в атмосфері переноситься з боку океанів (випаровування води з їх поверхні). Вологообіг води на суші відбувається протягом року (прихід води з опадами і стік). Частина води надходить у ґрунтові води. У ріках вода змінюється до 30 разів на рік.

До числа факторів, які мають велике значення, лімітують розвиток живих організмів у прісноводних водоймах і є об'єктом моніторингу, відносяться : температура води; швидкість течії; прозорість води; концентрація кисню і вуглекислого газу у воді; вміст біогенних речовин.

Температура води в прісноводних водоймах обумовлює життя організмів. Її діапазон складає від 2-3°C до 18-20°C. *Прозорість* впливає на процеси фотосинтезу зелених рослин у водоймах. *Каламутність* (обернена величина прозорості) води, зумовлена наявністю зважених часток глини і мулу, створює небезпеку для організмів. Але, якщо каламутність виникає за рахунок самих живих

організмів, то це показник продуктивності водойми. Прозорість змінюється від декількох сантиметрів у дуже каламутних водоймах до 40 м у дуже прозорих, але не продуктивних водоймах. Вважається, що якщо прозорість забезпечує 5% від сонячної радіації, що падає на поверхню водойми, то це відповідає нижній межі фотосинтетичної зони. *Течія* у прісноводних водоймах підтримує концентрацію біогенної речовини, створює умови для поширення живих організмів. *Концентрація кисню і вуглекислого газу* є показником екологічних умов організмів у прісноводних водоймах. Кисень і вуглекислий газ у водоймах знаходяться в зворотній залежності. Для коропових риб мінімальний вміст кисню має бути 0,5 моль/л, для форелі - 2,5 моль/л. Оптимум кисню в прісній воді складає влітку до 10 моль/л, узимку – до 20 моль/л. Збільшення вмісту кисню до 30 моль/л вже вважається шкідливим для риби. *Концентрація біогенних солей* значно впливає на життя прісноводних живих організмів. Концентрація мінеральних солей не повинна перевищувати 0,5 мг на 1 літр. У чистій і задовільно чистій воді концентрація фосфору має бути меншою 0,1 г/л, а нітратів - меншою 1,5 г/л.

Організми, що населяють водойми, класифікуються в такий спосіб:

- *автотрофи* (продуценти) - це зелені рослини і хемосинтезуючі мікроорганізми;
- *фаготрофи* (макроконсументи) - первинні і вторинні, хижаки, паразити;
- *сапрофіти* (мікроконсументи) - переважно мікроорганізми.
- Водні організми класифікуються також по життєвих формах:
 - *бентос* - організми, що знаходяться на дні, прикріплені до дна. Сюди ж відносяться організми, які знаходяться в товщі донних осадів - це молюски, зелені рослини;
 - *перифітон* - тварини і рослини, що прикріплюються до вищих рослин, або тримаються за інші поверхні і піднімаються над поверхнею водойми;
 - *планктон* - організми, що плавають, переміщуються переважно за допомогою течій (зоопланктон і фітопланктон);
 - *нектон* - організми, що плавають - риби, амфібії, великі комахи.

Значну роль у житті океану відіграє процес, названий *апвелінгом*. Цей процес відбувається там, де вітри постійно переміщують поверхневу водну гладь від материкового схилу. У цих місцях на

поверхню океану піднімається холодна глибинна вода, багата накопиченими біогенними елементами. У цих же місцях зосереджене й життя океану, тут наявні основні запаси риби. Один з найбагатших районів рибальства знаходиться в районі підняття глибинних вод, викликаному Перуанською течією. Тут же зосереджена велика популяція птахів (узбережжя Перу, гуано, нітрати). Там, де немає морської течії і підйому глибинних вод, залишки рослин і тварин занурюються на дно, утворюючи величезні скупчення. Відбувається кругообіг: підйом біогенних елементів із глибинних шарів і їхня втрата в глибині океану, утворення донних відкладень.

Ще один процес, який вносить вклад у продуктивність океанів, - процес *аутвелінгу*. Цей процес відбувається там, де в море вливаються багаті біогенними елементами води *естуаріїв* (затоплюване гирло ріки, яка впадає в море). Але, це не завжди так. Як відомо, в екології відомий закон оптимуму. Надходження біогенних елементів у море з естуаріїв понад оптимум, необхідний для нормального розвитку організмів у воді, призводить до небажаного ефекту - цвітіння води (евтрофікації), забруднення її такими біогенними речовинами як нітрати, фосфати, калійні сполуки тощо. Це супроводжується загибеллю риб. Прикладом такого небажаного перебігу процесу аутвелінгу є естуарії Дунаю, Дніпра, Дону. Варто відмітити й те, що морська вода має високу буферність: вона стійка до зміни рівня рН.

Вода Світового океану і континентальних вод є середовищем існування рослинних і тваринних організмів. З 32 класів рослин у Світовому океані представлені 15. З 63 класів тварин в океані живе 52. А всього в океанах і морях живе 150 тис. видів тварин, 10 тис. видів рослин. Біологічна продуктивність живих організмів складає в середньому 170 кг/км^2 , а в теплих водах Тихого й Атлантичного океанів вона досягає $1,5\text{-}2,5 \text{ т/км}^2$. Особливо багаті на представників тваринного світу океанічні і морські шельфи, де розвинуте рибальство. Число видів риб у Світовому океані досягає 16 тис. Для деяких народів світу тваринні ресурси океану є єдиним джерелом харчування.

Населення *пелагіалей* (грунтових відкладів дна) представлене переважно бактеріями і водоростями, а фауна складається з найпростіших, кишковопорожнинних, ракоподібних, головоногих, молюсків, риб і ссавців. Донна флора включає бактерії, водорості і деякі квіткові рослини. Фауна дна представлена хробаками, червононогими і двостулковими молюсками, голкошкірими.

В міру переходу від зон *батіалі* й *абісали* до шельфу склад зообентосу стає багатшим. Зміна кам'янистих ґрунтів на піщані і мулисті супроводжується зростанням чисельності донних тварин. Шельфи і мілководдя характеризуються багатством морських тварин.

Так, з 150 видів морських тварин на глибині 2,5-4,5 км зустрічається всього 990, на глибині 4,5-6 км – 306, а глибше 6 км - лише 286 видів.

У Тихому океані на глибині 100-200 м запаси біомаси бентосу досягають десятків і сотень грамів на 1 м², на глибині 2-3, 5-6 і 7-9 км запаси складають відповідно всього 7; 1,25 і 0,5 г/м².

З просуванням у глибину океану спостерігається заміна дрібних тварин на більш великі у зв'язку з різним температурним режимом води в її поверхневому шарі і на дні континентального шельфу. Продуктивність і розмаїтість морських організмів зменшується від північних широт до тропічної й екваторіальної зон. Так, у Тихому океані з просуванням від помірних широт до екватора біомаса зоопланктону знижується у 5-10 разів, бентосу в - 40-80 разів, риб - у 2-3 рази.

У континентальних прісних водоймах нараховується 13 класів водних рослин і 19 класів тварин. На умови життя організмів у ріках впливають вирівняність рік і паводковий режим, швидкість течії, прозорість, температура і хімічний склад води, що нерідко визначається техногенними викидами в ріки. Видова розмаїтість планктону зростає в міру просування від витoku до гирла ріки. Запаси планктону змінюються протягом року, досягаючи максимуму влітку. Річковий бентос представлений переважно тваринами. Розподіл бентосу також характеризується зміною його видового складу і біомаси в напрямку від витoku до гирла ріки. Нектон рік представлений винятково рибами, частина яких живе тільки в ріках, інша частина живе в морі і приходить у низов'я рік для нересту - так звані напівпрохідні риби. В естуаріях морські умови переплітаються з річковими. Тому тут спостерігається велике різноманіття форм морських і прісноводних організмів.

В озерах і водоймищах видовий склад і біомаса організмів значно залежать від географічного положення водойм, будови улоговин, температурного і гідрологічного режимів, хімічного складу води. Найбільш сприятливі умови для життя озерних організмів створюються при мінералізації води в межах 0,1-1 г/л. Планктон озер складається винятково з автохтонних видів. Чисельність бактерій досягає значних величин – 1-3 млн. штук у 1 молі води. На запаси фітопланктону істотно впливають і біогенні елементи, що потрапляють у водойми в результаті поверхневого стоку і скидання відходів. Улітку запаси фітопланктону збільшуються, чому сприяє утворення сполук азоту в результаті розкладання відмерлих організмів.

Запаси зоопланктону також збільшуються влітку, що пов'язано з посиленням харчуванням організмів в результаті збільшення запасів

фітопланктону. Нектон водойм представлений винятково рибами, а нерідко і ссавцями.

Екологічні функції гідросфери також різноманітні. Одна з них – перенесення речовин, в тому числі й забруднювачів в біосфері (рис. 3.5).

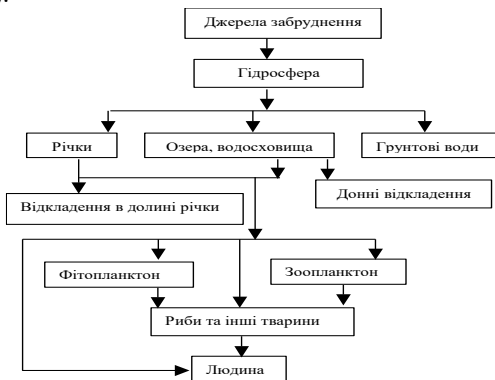


Рис. 3.5. Функції гідросфери в динаміці потоків речовин - забруднювачів

Гідросфера України представлена акваторіями Чорного й Азовського морів, річковими системи, водоймами, лиманами, ставками, болотами, ґрунтовими водами. ці складові частини гідросфери виконують кліматичні, екологічні й різноманітні інші функції, а їх стан знаходиться, насамперед, у залежності від антропогенних навантажень, включаючи й рівень використання прісних вод [13, 66, 67, 68].

Чорне море являє собою внутрішній басейн Атлантичного океану. Воно зв'язане із Середземним морем протокою Босфор, Мармуровим морем і протокою Дарданелли. Площа водного дзеркала моря складає 422 тис. км². Об'єм води в морі становить 547 тис.км³. Загальна довжина берегової лінії - 4090 км. Глибина моря в середньому складає 1271 м, а максимальна досягає 225 м. На українському узбережжі моря є затоки, найбільші з яких Каркінітська, Каламітська, Феодосійська, Ягорлицька, Джарилгацька. У море врізається великий півострів - Кримський. Острови в море нечисленні, найбільші з них - Зміїний, Березань, Джарилгач. У Чорне море в межах української території впадає ряд великих, багатоводних рік: Дніпро, Дунай, Дністер, Південний Буг.

Чорне море бере участь у формуванні клімату значної частини України. Його акваторія охоплюється поясами субтропічного і степового клімату. Над акваторією моря зима тепла, волога В січні температура повітря знаходиться в межах від 0 до +8⁰С. Літо жарке і

сухе. У серпні температура повітря становить +22-25⁰С. На заході акваторії моря випадає 200-600, на сході - до 2000мм (Кавказьке узбережжя) опадів. Температура води на поверхні моря узимку збільшується з 1-2-⁰С на північному заході до 10-10,5⁰С на південному сході. Улітку температура складає 22⁰С на північному заході і 24-25⁰С на південному сході.

Солоність поверхневих вод моря складає 14-18,3‰, а на глибині 22,3-22,6 ‰. На мінералізацію води впливають води рік, що впадають у море, і морські течії. течії з Мармурового моря приносять води, солоність яких досягає 35‰. Ріки приносять прісну воду. У море надходить 170 км³ води і витікає 360 км³ за рік. З глибиною моря змінюється солоність і щільність води, що ускладнює її перемішування, надходження кисню, й обумовлює формування шарів води, насичених сірководнем, обсяг яких складає 87% від загального об'єму всієї морської води.

Поверхневі води до глибини 200 м, а також прибережні води характеризуються найбільшою біологічною продуктивністю. Саме тут зосереджені основні рибні запаси. Разом з тим, ріки приносять з водою значну масу хімічних речовин у вигляді залишків мінеральних добрив і пестицидів. Це викликає забруднення прибережних вод в гирлі рік і різко позначається на видовому складі і кількості морських організмів, насамперед цінних промислових риб. Разом з тим, забруднення вод ряду заток створює небезпеку для курортних зон.

Азовське море є внутрішнім басейном Атлантичного океану. Воно з'єднується з Чорним морем Керченською протокою. Площа, займана морем, складає 39 тис. км². Обсяг води в морі становить 290 км³. Азовське море досить мілке, середня глибина його 7,4 м, максимальна - 15 м. Арабатська стрілка, що відгороджує Азовське море від Сиваша, а також привнесення прісної води ріками в замкнуте море обумовлює його порівняно невелику солоність, що складає в середньому 13,8 г/л. У місці впадання в Азовське море Дону солоність вод Таганрозької затоки не перевищує 2-5 г/л (для порівняння вкажемо, що в Сиваській затоці солоність моря досягає 250‰).

Акваторія Азовського моря знаходиться в поясі степового клімату. Азовське море обумовлює клімат прибережної частини материка. У прибережній частині акваторії температура повітря в січні складає в середньому -1...-6⁰С, а у липні - 22-24⁰С. Кількість опадів, що випадає на заході, складає 350 мм, а на сході її величина знаходиться на рівні 500мм.

Для Азовського моря характерні течії, викликані вітрами, що мають північно-східний напрямок узимку і південно-західний влітку.

Сильні вітри викликають течії, швидкість яких досягає 10-20 м/с, а нерідко й 125 м/с. Течії сприяють водообміну.

Фотосинтетичні процеси влітку підтримують досить високу концентрацію кисню в поверхневих водах - до 200-250 % і практичну відсутність вуглекислого газу. Концентрація фосфатів у воді складає в середньому 10 мг/м³, а нітратів - 23 мг/ м³. Море характеризується багатством планктону, кількість якого досягає 200 г/м², та зоопланктону, кількість якого знаходиться на рівні 1,5 г/м², що забезпечує гарні умови для життя риб і інших морських тварин.

Ріки України відносяться до трьох морських басейнів: Чорного, Азовського і частково (близько 2% рік) Балтійського. В Україні функціонує 9 основних річкових систем, представлених Дніпровською, Дунайською, Дністровською, Південно-Бузькою, Сіверсько - Донецькою системами. На території держави нараховується також понад 63 тис. малих річок і водотоків, загальна довжина яких складає 135,8 тис. км. По ріках плаває близько 1500 вантажних, пасажирських і буксирних суден та близько 600 допоміжних суден. Сумарний вантажообіг у 1989 р. склав 11,9 млрд. тоннокілометрів.

Головна ріка Дніпровського водозбору - Дніпро. Його довжина складає 2201 км, площа водозбору - 504000 км², з них у межах України довжина 981 км, площа водозбору - 286000 км². Ширина долини складає у верхів'ях до 2км, у пониззі - до18 км. У районі м. Києва витрата води в Дніпрі складає 1370 м³/с. На Дніпрі споруджені кілька водоймищ - Київське, Канівське, Кременчуцьке, Дніпродзержинське, Дніпровське, Каховське. До басейну Дніпра належить 14529 малих рік із загальною довжиною водотоків 75087 км. До їхнього числа належать такі ріки, як Прип'ять, Горинь, Десна, Случ, Тетерів і інші. Ці ріки досить повноводні. Так, витрата води в Десні складає 323 м³/з, у Случі (м. Сарни)- 45,5 м³/с, у Горині - 6-23,5 м³/с. Воду з Дніпра використовують в наступних цілях :

- для одержання дешевої електроенергії;
- в якості глибоководного річкового шляху в межах України;
- як ресурс для зрошення;
- для водопостачання населення, промислових і сільськогосподарських підприємств;
- для розвитку рибного господарства;
- для регулювання річкового стоку.

Дунай - одна з найголовніших водних артерій Європи. Довжина цієї ріки складає 2900км, у межах України довжина її всього лише 174 км. Однак, на його величезній водозбірній площі, що досягає 817000км², функціонує 18796 рік із загальною довжиною 42668 км.

Серед них для України мають значення Тиса, Уж, Латориця, Прут і інші. Про повноводість рік свідчать величини витрати води в них. Так, витрата води в Тисі (смт. Качан) складає 216 м³/с., в річці Уж (с. Заричево) - 20,1 м³/с, у Латориці (м. Мукачево) - 24 м³/с, у Пруті (м. Чернівці) - 74,4 м³/с. Одна з головних функцій Дунаю - це забезпечення річкового транспорту. Ряд рік Закарпаття мають значення для забезпечення водопостачання населення, сплаву деревини.

Басейн *Дністра* має площу водозбору 72100 км². У ньому нараховується 16890 рік, загальна довжина водотоків яких складає 42761 км. Головна ріка - Дністер. Його довжина 1352 км. Витрата води в районі м. Залишки складає 225 м³/с. Основні ріки басейну Дністра - Стрий, Бистриця, Серет, Збруч і інші. Ці ріки характеризуються невеликою витратою води: Стрий - найбільш повноводний серед них, його витрати води складають 19,2 м³/с; для Серету цей показник знаходиться на рівні 12,1, для Бистриці - 2,7, а для Збруча - 2,7 м³/с.

Басейн *Південного Бугу* має водозбірну площу 63700 км². У ньому знаходиться 6600 рік із загальною довжиною 22535 км. Південний Буг, довжина якого 806 км, характеризується порівняно невеликою витратою води в різних частинах його русла - 28,7 - 85,6 м³/с. Основні ріки басейну - це Синюха, Велика Вись, Інгул і інші. Витрати води в цих ріках не перевищують 27,5 м³/с.

На території України в *басейні Вісли* - найбільшої ріки Східної Європи протікають річки Сан і Західний Буг. Їхня загальна довжина 457 км. Площа водозбору - 12600 км². Ріки ці не повноводні, витрати води в них не перевищують 12, 4 м³/с. Крім того, водозбору цих рік належать 3552 малі річки.

Басейн *Сіверського Дінця* має площу 98900 км². Йому належать 3112 малих річки. Їхня загальна довжина 21142 км. Основні ріки басейну: Вудь, Оскол, Айдар, Лугань, Калитва й інші. Сіверський Донець має довжину 1053 км. Це основна водна артерія східної частини України. Витрата води в ріці в районі м. Змієва становить 45,5 м³/с, а в районі м. Лисичанська - 105 м³/с. Витрата води в інших ріках басейну Сіверського Дінця складає від 1,3 до 5,6 м³/с.

Крім того, у Приазов'ї є кілька невеликих річок, що мають важливе значення у водопостачанні цього безводного регіону. У їхнє число входить ріка Молочна, довжина якої 197 км, річка Кальміус довжиною 209 км, річка Міус довжиною 258 км і річка Кринка, довжина якої 180 км. Площа водозбору цих рік - 17830 км². Водність їх невелика - від 0,4 до 8,3 м³/с. Крім них, на водозборі нараховується 1776 малих рік, які часто пересихають улітку.

В Україні переважно у басейнах рік, їх гирлах, на узбережжі моря функціонує безліч озер та лиманів. Крім того, для цілей водоспоживання, регулювання річкового стоку створена безліч ставків і штучних водоймищ. До 1990 р. В Україні нараховувалося 20 тис озер, 1094 водоймищ і 27579 ставків. Основна кількість озер і лиманів знаходиться в басейні Дніпра, де їх число складає 4822. Площа водного дзеркала озер і лиманів становить 1272 км². Найбільші лимани - Дніпровський, Збур'євський. Вони не глибокі, але площа їхнього водного дзеркала досить велика і складає відповідно 800 і 20 км². Великим водним дзеркалом - 17,2 км² характеризується й Дніпровське водосховище. Найбільш великі озера у басейні Дунаю - Ялпуг, Кугурлай, Китай. Їхня глибина також невелика – відповідно 2,6; 1 і 1,7 м, площа водного дзеркала складає 4300, 4430 і 143 км², а об'єм води - 387,4; 82 і 02 млн. м³ відповідно. Басейн Дністра включає такий великий лиман як Дністровський із площею водного дзеркала 360 км² і об'ємом води 540 млн. м³. У басейні Вісли відомі великі озера - Світязь, Турське, Пулемцьке, Пісочне. Площа їхнього водного дзеркала складає 12-27,5 км². Світязь - одне з найбільших і найглибших озер Полісся, його глибина досягає 58 м.

Штучні водойми відіграють велику роль у забезпеченні населення прісною водою, а також водою для зрошення і господарських цілей. Найбільша кількість штучних водойм - 148 знаходиться в Донецькій області, у Дніпропетровській області їх налічується 121, у Вінницькій - 70. Найбільше штучне водоймище - Дніпровське живить прісною водою практично увесь південь України, включаючи й Крим. Сумарна площа водного дзеркала ставків і водосховищ, наявних на території України, досягає 9660 км², а об'єм води в них становить 58,2 км³.

Болота безпосередньо не є ресурсом води. Але, вони виконують гідрологічну й екологічну роль. Ряд боліт живлять водою джерела рік, підтримують рівень ґрунтових вод. Вони є місцями для гніздування водоплавних птахів. У болотах формуються запаси торфу. В Україні площа боліт і торфоболотних земель нараховує 903,2 тис га.

Підземні води також є важливим ресурсом прісної води. Основна частина (понад 60%) ресурсів підземних вод зосереджена в північних областях України (Чернігівська, Київська, Полтавська, Харківська, Рівненська, Сумська, Львівська). Найменш забезпечені ресурсами підземних вод (362-758 тис.м³ добу) Чернівецька, Кіровоградська, Миколаївська, Івано-Франківська, Житомирська й Одеська області. Загальна кількість підземних водних ресурсів держави оцінюється в 57,2 млн.м³ добу (21 км³ рік). Із розрахунку на одного жителя найбільша кількість ресурсів (5,54 м³ добу) припадає на Чернігівську область, а мінімальна (0,28-0,43 м³ добу) – на

Дніпропетровську, Одеську, Кіровоградську, Донецьку, Миколаївську, Житомирську та Вінницьку області при середній забезпеченості по Україні 1,13 м³ добу. Більша частина цих ресурсів (60%) належить до басейну Дніпра (35,3 млн. м³ добу).

Експлуатаційні запаси підземних вод, які характеризують розвіданість ресурсів підземних вод, дорівнюють 15,7 млн. м³ добу, а їх розподіл також має нерівномірний характер. Найбільшою розвіданістю експлуатаційних запасів підземних вод характеризуються області Донбасу (58-63%), Дніпропетровська (69%) та Автономна Республіка Крим (90%).

Найбільшу кількість родовищ підземних вод (202) із запасами 4,92 млн. м³ добу розвідано у Дніпровському артезіанському басейні, мінімальну - в гірсько-складчастих областях України. У південних районах України, які характеризуються порівняно невеликими ресурсами підземних вод і великою потребою в них, розвідано від 26% (Причорноморський артезіанський басейн) до 100% (Азово-Кубанський артезіанський басейн). У північній частині України розвідано від 19% (Волино - Подільський артезіанський басейн) до 20% (Дніпровський артезіанський басейн) запасів підземних вод.

Контрольні питання:

1. *Які складові частини біосфери розглядаються як основні об'єкти моніторингу навколишнього середовища?*
2. *Які функції атмосфери у перенесенні речовин антропогенного походження в довкіллі?*
3. *Які антропогенні навантаження на ґрунт спричиняє ведення сільськогосподарського виробництва?*
4. *Якою є структурна організація агро екосистем і в чому її відмінність від такої у екосистем природних?*
5. *Охарактеризуйте екологічні функції лісових екосистем.*
6. *Які функції водних ресурсів у перенесенні речовин антропогенного походження в довкіллі?*
7. *Які основні екологічні проблеми гідросфери України?*

РОЗДІЛ 4

Забруднювачі екосфери

- 4.1. *Поняття про забруднення. Класифікація забруднювачів.*
- 4.2. *Припустимі концентрації забруднювачів в навколишньому середовищі. Екологічне нормування*
 - 4.2.1. *Нормування якості навколишнього середовища: основні поняття та визначення*
 - 4.2.2. *Нормування якості атмосферного повітря*
 - 4.2.3. *Нормування якості поверхневих водних об'єктів та ґрунтових вод*
 - 4.2.4. *Нормування якості ґрунту*
- 4.3. *Джерела й основні види забруднювачів атмосфери.*
- 4.4. *Джерела і основні види забруднювачів гідросфери.*
- 4.5. *Техногенні забруднювачі ґрунтового покриву*

4.1. Поняття про забруднення. Класифікація забруднювачів

Речовини різної природи і складу, переважно антропогенного походження, які надходять в екологічні середовища, розглядаються як забруднювачі. Під *забруднювачами екологічних середовищ* розуміють речовини як природного, так і техногенного (антропогенного) походження. Якщо концентрація забруднювачів природного походження перевищує їх природний рівень, сформований у процесі еволюції відповідних середовищ, то ці речовини розглядаються як забруднювачі. Ці речовини викликають *забруднення* і впливають на склад екологічних середовищ, та на організми, що живуть у них. Під *забрудненням навколишнього середовища* розуміють процес надходження забруднювачів в об'єкти довкілля чи створення в них різних механічних, хімічних, біологічних агентів, в результаті чого ці об'єкти стають частково чи повністю непридатними для використання за цільовим призначенням, або стають реальною загрозою для життя людини чи інших живих організмів. Поряд з цим, зміни властивостей і складу екологічних середовищ викликаються й іншими причинами. Тому доцільно ввести поняття *антропогенних чинників впливу на середовище*.

За здатністю накопичуватись (або акумулюватись) у середовищі

розрізняють 2 групи антропогенних забруднювачів:

- 1) забруднювачі, які існують короткий час безпосередньо після того, як виробляються людиною;
- 2) забруднювачі, здатні акумулюватися і довго зберігатися після безпосереднього виробництва, а в силу цього чинити посилений вплив на середовище (хімічні та радіоактивні речовини різного походження);
- 3) забруднювачі, котрі утворюються в результаті проходження хімічних реакцій.

Згадана здатність до акумуляції різко посилює значення антропогенного чинника як забруднювача (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1. Порівняльна акумуляція ^{90}Sr у ґрунті, рослинах та в живих організмах

Луки пасовища	та	Коефіцієнт концентрації	Луки в долині	Коефіцієнт концентрації
Ґрунт		1	Ґрунт	1
Трава		21	Трава	6,6
Кістки овець		714	Кістки овець	115

Крім того, слід враховувати акумуляцію ряду чинників не тільки в середовищі, а також у тілах живих організмів. Це характерно як для радіонуклідів, так і для хімічних речовин антропогенного походження. Виявлення такої акумуляційної здатності виключно важливе, так як з часом і концентрація й ареал їх поширення зростає з відповідним посиленням негативного впливу. Антропогенні забруднювачі діють на фоні природних і можуть посилювати, послаблювати або взагалі усувати дію останніх. Наприклад:

- дія ультрафіолетового випромінювання послаблюється внаслідок запиленості атмосфери;
- каламутність води в ріках посилюється через ерозію;
- асфальтована поверхня позбавлена впливу сонячного випромінювання й ін.

Тому з огляду на дану обставину важливо відокремити природний чинник впливу на середовище від антропогенного.

Окремі чинники здатні до *міграції* – процесу переносу і перерозподілу в природному середовищі. Це здебільшого радіоактивні речовини та стійкі хімічні сполуки (ДДТ), тверді викиди промислових підприємств. Поняття про закономірності міграції забруднювачів досить важливе, так як "місцеві" чинники слід "відокремити" від тих,

що утворені в іншому місці. Це дасть змогу виявити шляхи зменшення або припинення їх надходження (скорочення або припинення виробництва).

Дія одних забруднювачів виявляється відразу ж і без зусиль, а інші, які діють на об'єкт через ряд проміжних ланок, вдається виявити тільки з часом і з певними труднощами. Хоча така на перший погляд стороння дія забруднювачів іноді буває більш сильною за своїми наслідками, ніж безпосередній вплив. Розчленувати пряму та сторонню дію чинників часто досить складно. Особливо при дії на живі організми хімічних речовин, так як вони при цьому впливають на ряд їх органів, організм у цілому, а також на середовище їх існування.

Небезпека дії забруднювача пов'язана з його дозою. *Доза забруднювача* — це його кількісна характеристика в просторі. Наприклад, доза хімічного забруднення — концентрація речовини в одиниці простору. Конкретне виявлення дози забруднювача має бути ув'язане з особливостями об'єкту. Так при вивченні впливу ДДТ на лісових тварин не достатньо виявити лише кількість ДДТ на 1 га лісу, а слід точно встановити, скільки ДДТ потрапить на підстилку, так як частина препарату буде затримана листям дерев та кущів. Одна і та ж доза в різних умовах чинить різний вплив. Так історично високостенобіонтні види будуть більш чутливими до одних і тих самих забруднень у порівнянні з тими ж видами інших водних джерел.

При визначенні характеристики дії антропогенного забруднювача також слід враховувати періодичність його прояву. За тривалістю дії розрізняють:

- безперервно діючі забруднювачі, які діють постійно і забруднюють атмосферне повітря, воду, ґрунти;
- періодично діючі забруднювачі, які діють не постійно.

Антропогенні забруднювачі як правило діють на всі елементи середовища, але вплив одних з них є більшим, інших — меншим. Наприклад, специфіка дії радіоактивних речовин проявляється в тому, що наслідки опромінення можуть проявитись через декілька поколінь. Нагромадження забруднювачів у середовищах формує той або інший рівень їхнього забруднення. До показників, що характеризують забруднення середовища відносять:

1) при сільськогосподарському виробництві:

- речовини, що викидаються в середовище на одиницю виробленої продукції;
- незасвоєні та змиті з полів добрива та отрутохімікати;
- органічні речовини із тваринницьких приміщень та підприємств первинної переробки сільськогосподарської продукції;
- скинуті в середовище паливно-мастильні матеріали;

- викиди двигунів внутрішнього згоряння та інших об'єктів, де проводиться спалювання та інші відходи.
- 2) при промисловому виробництві у розрахунок приймаються добути та вироблена продукція і усі викиди в середовище: тверді, рідкі та газоподібні.
- 3) для видів транспорту розрахунок проводиться на 1 тонну перевезеного вантажу: враховуються викиди транспорту, а також викиди, розсіяні у процесі перевезення вантажу.

Питому здатність до забруднення довкілля можна обрахувати як для конкретного виробництва, так і для групи виробництв, регіону і т.д.

Порівняння даних показників показує наступне:

- ступінь раціональності використання ресурсів;
- ступінь шкідливості видів діяльності для довкілля. При цьому необхідно враховувати наявність у відходах особливо отруйних, зокрема, радіоактивних речовин і ін.

Висока питома здатність до забруднення є свідченням недосконалості технологічного процесу.

Питома забрудненість середовища розраховується окремо як для ґрунту, води та повітря, так і для різних речовин: звичайних речовин, тепла, а також радіоактивних речовин, так як останні є різноякісними. Поняття *питома забрудненість* являє собою ступінь наявного (здійсненого) забруднення середовища. Так для ґрунту - це сумарна вага всіх забруднень на 1 м² поверхні або на 1 кг маси ґрунту на рік; для води та повітря - на 1 м³ на рік, питома теплова забрудненість - це число градусів, на які нагріте середовище в даний момент, або в середньому за рік.. При цьому є доцільним окремо виділити особливо небезпечні для живих організмів речовини канцерогенної, мутагенної або кумулятивної дії.

Визначення ступеню шкоди, що наноситися середовищу антропогенними чинниками є виключно важливим завданням. *Шкода від забруднення* - це втрати як економічного, так і не економічного характеру, які пов'язані зі зниженням врожайності сільськогосподарських культур та продуктивності тварин, зростанням частоти захворюваності людей і інших негативних явищ, причиною яких є забруднення середовища. Шкода може бути *якісною* - це якісні зміни досліджуваного об'єкту. Так для ґрунту, води та повітря це забруднення; для живих організмів - це поява в їх тілі сторонніх і як правило шкідливих речовин, які в кінцевому рахунку призводять як до фізіологічних та морфологічних, так і до спадкових змін. *Кількісною оцінкою якісної шкоди* може бути наприклад, відсоток якісно зміненого об'єму (обсягу) об'єкту, що охороняється, до всього його об'єму (обсягу). *Кількісна шкода*, (а це можуть бути певні зміни або

втрати), оцінюється звичайними способами. Для цього можна використовувати ті ж статистичні дані й щодо окремих видів діяльності людини: сінокошення, випасання худоби, розорювання угідь, вирубка лісу, обробіток території отрутохімікатами, насадження лісу й ін. Такі дані можуть бути проілюстровані графіками, які більш наочно показують динаміку дії антропогенних чинників протягом певного періоду: годин, доби, тижня, сезонів, ряду років). При цьому важливо охопити облік час, коли антропогенний вплив був мінімальним, і мати уявлення про стан середовища в цей момент. Це дасть можливість провести порівняльний аналіз, а отже й оцінити нинішній стан довкілля.

З метою вирішення ряду завдань, пов'язаних з охороною довкілля, важливо мати узагальнене уявлення про потужність (або напруженість) впливу антропогенного забруднювача на середовище. Даний показник важливо виразити числом, так як у цьому випадку буде можливість порівняти вплив антропогенного забруднювача в різних районах, місцях і т.д.

Усі речовини техногенного походження, що знаходяться в екологічних середовищах, являють собою забруднювачі. Крім того, в екологічних середовищах в основному завдяки діяльності людини, виникають збурювання, що обумовлюють перенесення енергії.

Забруднювачі екологічних середовищ за своєю природою класифікуються наступним чином:

- хімічні;
- фізичні;
- механічні;
- енергетичні;
- біологічні.

Хімічні забруднювачі являють собою розчини солей, кислот, складні органічні сполуки, нафтопродукти. Небезпечними є складні хімічні сполуки синтетичної природи.

Фізичні забруднювачі - це електромагнітні й акустичні хвилі з різних джерел шум та вібрації. Серед них виділяють також *механічні забруднювачі*, що являють собою тверді частки будь-якої речовини, та *енергетичні забруднювачі* - потоки тепла та радіоактивне випромінювання.

Біологічне забруднення представлене патогенною мікрофлорою, залишками рослин і тварин, що розкладаються.

Антропогенні забруднення біосфери поділяють на *матеріальні* та *енергетичні*. Матеріальні забруднення, в свою чергу, бувають хімічно інертними (не токсичними) і хімічно активними (токсичними). Останні поділяють на наступні групи:

- *загальносоматичні* – призводять до отруєння всього організму (оксиди карбону, ціаністі сполуки, свинець, ртуть, арсен та його сполуки);
- *подразнювальні* – призводять до подразнення дихальних шляхів та слизової оболонки (хлор, аміак, сірчистий газ, фторид гідрогену, оксиди нітрогену, озон, ацетон та ін.);
- *сенсibiliзуючі* – діють як алергени (розчинники, лаки);
- *канцерогенні* – призводять до появи злоякісних новоутворень (азбест, радон, оксиди хрому та ін.);
- *мутагенні* – зумовлюють зміну спадкової інформації (свинець, радій, уран та ін.).

Енергетичні забруднення біосфери поділяють на здатні до акумуляції (теплові та йонізуючі) і не здатні до неї (електромагнітні поля, світлові, ультразвукові, лазерні випромінювання, шум, вібрація, інфра- та ультразвук).

Хімічні та біологічні забруднювачі володіють тим чи іншим ступенем активності, що виявляється в їхній токсичності стосовно живих організмів. Активність забруднювачів зв'язана з їхньою природою. Нариклад хімічні забруднювачі характеризуються фазою, розміром (табл. 4.2.)

Таблиця 4.2. Фізико-хімічна характеристика основних речовин – забруднювачів довкілля [37]

Речовина	Фаза	Діаметр часток, мкм	Хімічна активність
SO ₂	Газ		Висока
H ₂ SO ₄	Аерозоль	0,1-1	Висока
MeHSO ₄	Аерозоль	0,1-1	Помірна
MeSO ₄	Газ	0,1-1	Відсутня
NH ₃	Газ	0,1-1	Помірна
NO	Газ	0,1-1	Висока
NO ₂	Газ	0,1-1	Висока
HNO ₃	Газ, аерозоль	0,5-5	Висока
MeNO ₃	Аерозоль	0,5-5	Слабка
Важкі метали		1-10	Відсутня
ПАВ, ГГВ	Аерозоль	0,1-10	Слабка

ПАВ-поліароматичні вуглеводні; ГГВ- газогенезовані вуглеводні; Me - катіон

Залежно від природи речовини гази мають сильну токсичність, аерозолі характеризуються помірною і слабкою токсичністю, пил, особливо ґрунтовий, та зола мають слабку токсичність.

**4.2. Припустимі концентрації забруднювачів в
навколишньому середовищі. Екологічне нормування**
**4.2.1. Нормування якості навколишнього середовища: основні
поняття та визначення**

Організація і проведення моніторингу пов'язані з інформацією і застосуванням даних про екологічне нормування. Під *екологічним нормуванням* розуміється широкий спектр параметрів, що характеризують стан екологічних систем, які відчувають нестабільність унаслідок порушення харчових ланцюгів між організмами і, особливо, через підвищене техногенне навантаження [24]. *Екологічне нормування* - це комплекс обмежень, лімітів впливу на довкілля, межі яких в екологічних середовищах істотно не впливають на життєві функції організмів, що їх населяють. У результаті досліджень встановлені норми у вигляді концентрації речовини, рівнів енергії, напруженості енергетичних полів, ступеня зруйнованості середовищ. Такі норми спрямовані на підтримку функціонування всієї екологічної системи, що відчуває антропогенні навантаження. На ці норми, які набули чинності закону, орієнтуються фахівці-екологи як при оцінці екологічної ситуації, так і при розробці природоохоронних заходів. У відповідності з природоохоронним законодавством України *нормування якості навколишнього середовища* здійснюється з метою встановлення гранично допустимих норм впливу, які гарантують екологічну безпеку населення і збереження генофонду та забезпечують раціональне використання і відновлення природних ресурсів в умовах сталого розвитку господарської діяльності. При цьому під впливом розуміють антропогенну діяльність, яка пов'язана з реалізацією економічних, рекреаційних та культурних інтересів і вносить фізичні, хімічні та біологічні зміни в довкілля. Визначена мета передбачає накладання граничних умов (нормативів) як на сам вплив, так і на фактори середовища, що відображають і впливи, і відгуки екосистем.

Антропоцентричний підхід, що був притаманний багатьом сферам суспільного життя, характерний і для історії розвитку нормування: раніше за інші були встановлені нормативи сприятливих *для людини* умов середовища (перш за все, виробничого). Тим самим було закладено підвалини робіт у галузі санітарно-гігієнічного нормування. На відміну від санітарно-гігієнічного, екологічне нормування передбачає урахування так званого припустимого навантаження на екосистему (принцип біоцентризму). Допустимим вважається таке навантаження, під дією якого відхилення від нормального стану екосистеми не перевищує природних змін і,

відповідно, не спричиняє небажаних наслідків у живих організмів і не призводить до погіршення якості середовища. На даний час відомі лише деякі спроби урахування навантаження для рослин суходолу та для водного населення водойм рибогосподарського призначення (більш детально про це сказано в підрозділі 5.3, присвяченому нормуванню якості поверхневих вод). Як екологічне, так і санітарно-гігієнічне нормування ґрунтуються на знанні ефектів впливу на живі організми різноманітних факторів. Одним з найважливіших у токсикології та нормуванні є поняття шкідливої речовини. У спеціальній літературі *шкідливими* прийнято називати всі речовини, вплив яких на біологічні системи може призвести до негативних наслідків. Як правило, всі *ксенобіотики* (чужорідні для живих організмів, штучно синтезовані речовини) розглядаються як шкідливі. Встановлення нормативів якості навколишнього середовища і продуктів харчування ґрунтується на концепції порогової дії. *Поріг шкідливої дії* — це мінімальна доза речовини, при впливі якої в організмі виникають зміни, що виходять за межі фізіологічних та пристосувальних реакцій, або ж прихована (тимчасово скомпенсована) патологія. Таким чином, порогова доза речовини (або порогова дія взагалі) викликають у біологічного організму відгук, який не може бути скомпенсований за рахунок *гомеостатичних механізмів* - механізмів підтримання внутрішньої рівноваги організму. В основу санітарно-гігієнічного та екологічного нормування покладене поняття *гранично допустимої концентрації (ГДК)* - нормативу, що встановлює концентрації шкідливих речовин в одиниці *об'єму* (повітря, води), *маси* (харчових продуктів, ґрунту) або *поверхні* (шкірний покрив), які при дії протягом визначеного проміжку часу практично не впливають на здоров'я людини і не викликають несприятливих наслідків у її нащадків. У класичних роботах гігієністів-токсикологів відображене уявлення про те, що вся сукупність наукових досліджень (маються на увазі токсикологічні експерименти) вказує тільки порядок величин, у межах яких має знаходитись гранично припустима концентрація. Точна фіксація такої концентрації (вибір із визначених у результаті досліджень величин) має визначатися низкою інших умов, у тому числі й "технічною досяжністю". Санітарно-гігієнічне нормування охоплює всі середовища та різноманітні шляхи надходження шкідливих речовин в організм, хоча рідко відображає їх *комбіновану дію* (одночасний чи послідовний вплив декількох речовин при тому самому шляхові надходження) й не враховує ефектів - *комплексного* (надходження шкідливих речовин в організм різними шляхами і з різних середовищ - з повітрям, водою, їжею, через шкіру) та

сполучного впливу всього розмаїття фізичних, хімічних і біологічних факторів навколишнього середовища. Існують лише обмежені переліки речовин, що проявляють ефект комбінованої дії в разі їх одночасної присутності в атмосферному повітрі. Визначити концентрацію деякої речовини, тривала дія якої завдає організму шкоди, досить складно, оскільки для цього необхідні довгострокові експерименти і дослідження, а вплив забруднюючої речовини зазвичай перекривається іншими ефектами - кліматичними, виробничими тощо.

Нормативи, що обмежують шкідливу дію, встановлюються і затверджуються спеціально уповноваженими державними органами в галузі охорони навколишнього природного середовища та санітарно-епідеміологічного нагляду й удосконалюються (розробляються, приймаються, схвалюються, переглядаються, змінюються, їх дія припиняється) з розвитком науки і техніки з урахуванням міжнародних стандартів у порядку, встановленому законодавством. Зазначимо також, що санітарні правила, норми і гігієнічні нормативи, затверджені колишнім Міністерством охорони здоров'я СРСР, до прийняття відповідних нормативних актів України продовжують діяти на території нашої держави в частині, що не протирічить санітарному законодавству України.

Аналіз того, як змінюються з часом значення гранично допустимих концентрацій, свідчить про їх відносний характер, а точніше про відносність наших знань щодо безпечності або небезпечності тих чи інших речовин. Достатньо пригадати, що в 50-ті роки ХХ століття ДДТ вважався одним з найбезпечніших для людини інсектицидів і широко рекламувався для використання в побуті, а нині він заборонений майже в усіх країнах світу. Для речовин, про дію яких не накопичено достатньої інформації, можуть встановлюватися *тимчасово допустимі концентрації (ТДК), орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ)*, а для ґрунтів - *орієнтовно допустимі концентрації (ОДК)* - нормативи, отримані в основному розрахунковим шляхом і рекомендовані для використання строком на 2-3 роки. У публікаціях інколи можна зустріти й інші характеристики шкідливих речовин. Так, під *токсичністю* розуміють здатність речовини викликати порушення фізіологічних функцій організму, що, у свою чергу, призводить до захворювань (інтоксикацій, отруєнь) або, у важких випадках, до загибелі. Фактично токсичність - це міра несумісності речовини із життям. Стосовно радіоактивних речовин, то розроблені державні гігієнічні нормативи (ДР-97), що регламентують концентрацію ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr в питній воді та продуктах харчування, що реалізуються на території України або ввозяться на її територію з метою реалізації.

4.2.2. Нормування якості атмосферного повітря

Близько 20 % забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу стаціонарними джерелами (*джерело викиду* - об'єкт (підприємство, цех, агрегат, установка, транспортний засіб тощо), з якого забруднююча речовина або суміш таких речовин надходять в атмосферне повітря; *стаціонарне джерело викиду* - джерело викиду в атмосферне повітря забруднюючих речовин, яке, на відміну від *пересувного джерела викиду*, зберігає свої просторові координати протягом певного часу), є мутагенами, тобто являють загрозу здоров'ю не тільки нинішнього, а й наступних поколінь. Вивчивши вплив атмосферного повітря на генетичні структури статевих клітин людини, вчені дійшли висновку: наслідки цього хімічного "пресингу", виражені в біологічних еквівалентах рентгена (берах), за 30 років у Запоріжжі оцінюються 80, а в Маріуполі - 180 берами.

Під *якістю атмосферного повітря* розуміють сукупність властивостей атмосфери, які визначають ступінь впливу фізичних, хімічних і біологічних факторів на людей, рослинний і тваринний світ, а також на матеріали, конструкції і навколишнє середовище в цілому. Відповідно до концепції захисту (охорони) атмосферного повітря, прийнятої рядом промислово розвинених країн (наприклад, Німеччиною), *забрудненням атмосфери* вважають пряме чи опосередковане внесення в неї будь-якої речовини в такій кількості, яка впливає на якість і склад зовнішнього повітря, завдає шкоди людям, живій та неживій природі, екосистемам, будівельним матеріалам, природним ресурсам - усьому навколишньому середовищу. Згідно із цим визначенням до забруднення атмосфери можна віднести навіть викид великої кількості водяної пари градирнями електростанцій, оскільки це може призвести до утворення туману (погіршення видимості), ожеледиці на дорогах, посилення корозійної дії атмосфери тощо.

Згідно з прийнятим в 2001 р. Законом України "Про охорону атмосферного повітря" під *забрудненням атмосферного повітря* розуміють зміну його складу і властивостей у результаті надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних факторів і (або) хімічних сполук, які можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища. При цьому *забруднюючими речовинами* вважаються речовини хімічного чи біологічного походження, що присутні або надходять в атмосферне повітря і можуть прямо або опосередковано негативно впливати на здоров'я людини та стан довкілля.

Для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря застосовують *нормативи якості атмосферного повітря*, якими є гранично допустимі максимальні величини вмісту в ньому забруднюючих речовин, і які дають змогу сформулювати вимоги до очисних споруд та визначити санітарно-захисну зону об'єкта господарської діяльності.

Згідно чинного законодавства України під *атмосферним повітрям* розуміють природну суміш газів, що знаходиться за межами житлових, виробничих та інших приміщень.

Технологічний норматив припустимого викиду забруднюючої речовини - гранично допустимий викид забруднюючої речовини або суміші цих речовин, який визначається в місці його виходу з устаткування;

Норматив вмісту забруднюючої речовини у відпрацьованих газах пересувного джерела - гранично допустима кількість забруднюючої речовини у відпрацьованих газах пересувного джерела, що відводяться в атмосферне повітря.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – норматив, що встановлює *концентрації шкідливих речовин* в одиниці об'єму повітря, які при дії протягом визначеного проміжку часу практично не впливають на здоров'я людини і не викликають несприятливих наслідків у її нащадків. Для визначення якості атмосферного повітря послуговуються двома ГДК – максимально разовою (*ГДК_р*) і середньодобовою (*ГДК_{сд}*).

Максимальна разова гранично допустима концентрація ГДК_р встановлюється з метою попередження рефлекторних реакцій у людини (відчуття неприємних запахів, чхання, алергічних явищ, зміни біоелектричної активності головного мозку, світлової чутливості ока тощо) через подразнення рецепторів органів дихання та чуття при короткочасній (до 20 хвилин) дії атмосферних домішок. У зв'язку з тим, що концентрації забруднень в атмосферному повітрі не постійні в часі і змінюються залежно від метеорологічних умов, рельєфу місцевості, характеру викиду, виду та щільності забудови тощо, відповідно до вимог стандартів разові проби повітря необхідно відбирати регулярно декілька разів за добу протягом короткого проміжку часу (20...30 хвилин). Найбільше значення вмісту забруднюючої домішки в атмосферному повітрі, отримане при аналізі багаторазово відібраних проб, називають *максимальною разовою концентрацією*. Поняття *ГДК_р* використовують при встановленні науково-технічних нормативів - гранично допустимих викидів шкідливих речовин: у результаті розсіювання домішок у повітрі

концентрація шкідливої речовини на межі санітарно-захисної зони підприємства в будь-який момент часу, у тому числі й при несприятливих метеорологічних умовах, не повинна перевищувати *ГДК_{мр}*.

Середньодобова ГДК_{сд} речовини встановлюється для попередження загальнотоксичної, канцерогенної, мутагенної та іншої прямої чи опосередкованої дії забруднювача на живий організм. *Середньодобова концентрація* речовини визначається як середнє арифметичне значень разових концентрацій, для яких вказана тривалість відбору, або як вміст шкідливої домішки в пробах атмосферного повітря, що відбираються протягом 24 годин безперервно чи з однаковими інтервалами між відборами однакової тривалості, але не менше 4-х разів. Як правило, оцінки середньодобових і максимальних разових концентрацій відносяться як 1/10.

Для *робочої зони* (під якою розуміють простір на висоті 2 м від підлоги, де знаходяться місця постійного чи тимчасового перебування працюючих) встановлюється *ГДК_{рз}* – концентрація забруднювача, яка при щоденній (крім вихідних днів) роботі протягом 8 годин чи при іншій тривалості робочого дня, але не більше 40 годин на тиждень протягом всього робочого стажу, не може викликати захворювань чи відхилень стану здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень, в процесі роботи чи у віддалені строки у теперішнього і наступного поколінь.

Поряд із переліченими вище нормативами якості атмосферного повітря використовують низку нормативних показників, таких як летальна концентрація, порогова концентрація, що викликає відчуття запаху, порогова концентрація гострої дії при одноразовій інгаляції, порогова концентрація хімічної дії, порогова концентрація подразнювальної дії та ряд інших. Ці показники, які в основному використовуються в дослідницьких роботах, у природоохоронній діяльності практичного застосування не набули.

Останнім часом зростає кількість публікацій, що описують ефекти дії забруднюючих речовин на біоту, у тому числі атмосферних домішок на рослинність (таблиця 4.3). Так, встановлено, що шпилькові породи дерев та лишайники чутливіше за інші види реагують на присутність у повітрі кислих газів, у першу чергу, сірчистого ангідриду. Важливо встановити гранично допустимі концентрації для деяких видів з тим, щоб використовувати ці

нормативи при оцінці шкоди та обмеженні впливу на природні об'єкти, що знаходяться під особливою охороною.

Таблиця 4.3 Фітоіндикація шкідливих речовин в повітрі [1]

Компонент забруднення	Рослина-індикатор		Симптоми ушкоджень
	Українська назва	Латинська назва	
Фтористий водень, HF	Косарики садові	<i>Gladiolus gandevensis</i> cv <i>Snow Princess</i>	Верхівкові та крайові некрози листків
	Тюльпан садовий	<i>Tulipa gesneriana</i> cv <i>Blue Parrot</i> , <i>Preludium</i>	Те ж
	Петрушка кучерява	<i>Petroselinum vulgare</i> var. <i>crispum</i>	Нагромадження фтору в сухій речовині
Озон, O ₃	Тютюн	<i>Nicotiana tabacum</i> cv <i>BeiW₃</i>	Специфічна реакція - білі металеві плями на верхньому боці листка
	Шпинат городній	<i>Spinacia oleracea</i> cv <i>Subito</i> , <i>Dynamo</i>	Сіро-білі плями, некрози листкі
	Картопля	<i>Solanum tuberosum</i>	Те ж
	Соя	<i>Glycine max</i>	Те ж
	Кавун	<i>Citrulus sativus</i>	Те ж
	Огірок	<i>Cucumis sativus</i>	Білі крапки
	Цибуля	<i>Allium cepa</i>	Те, ж, знебарвлені кінці листків
	Ясен	<i>Fraxinus</i> sp.	Пурпурове бронзовіння, білі плями на листках
	Квасоля	<i>Phaseolus</i> sp.	Бронзовіння, хлороз
	Кручений панич	<i>Ipomoea</i>	Коричневі плями, хлороз
	Сосна	<i>Pinus</i> sp.	Кінці глиці жовтувато - коричневі, крапчасті
	Виноград	<i>Vitis</i> sp.	Крапки від червоно-коричневих до чорних
Пероксиацетил нітрат	Кропива жалка	<i>Urtica urens</i>	Смугові некрози на нижньому боці листка
	Тонконіг однорічний	<i>Poa annua</i>	Смугові некрози на листках
Оксид сірки, SO ₂	Люцерна посівна	<i>Medicago sativa</i> cv <i>Du Purts</i>	Міжжилкові хлорози і некрози
	Гречка посівна	<i>Fagopirum esculentum</i>	Те ж

Продовження табл. 4.3.

	Подорожник великий	<i>Plantago major</i>	Те ж
	Горох посівний	<i>Pisum sativum</i>	Те ж
	Конюшина багряна	<i>Trifolium incarnatum</i>	Те ж
	Малина, ожина	<i>Rubus sp.</i>	Міжжилкові знебарвлення, побуріння, почервоніння
	Ясен американський	<i>Fraxinus americana</i>	Значні міжжилкові знебарвлені плями
	Сосна	<i>Pinus sp.</i>	Глища з некротичними смужками, буріє, швидко опадає
	Ялина	<i>Picea sp.</i>	Те ж
Оксид азоту, NO_2	Шпинат городній	<i>Spinacia oleracea</i> cv <i>Subito, Dynamo</i>	Міжжилкові некрози
	Тютюн, махорка	<i>Nicotiana rustica</i>	Те ж
	Селера	<i>Apium graveolens</i>	Те ж
Хлор, Cl_2	Шпинат городній	<i>Spinacia oleracea</i> cv <i>Subito, Dynamo</i>	Забарвлення листків бліде. Деформація хлоропластів
	Квасоля	<i>Phaseolus vulgare</i>	Те ж
	Салат - латук	<i>Lactuca sativa</i>	Те ж
Етилен, C_2H_4	Петунія	<i>Petunia nyctaginiflora</i> cv <i>White joy</i>	Відмирання квіткових бруньок, дрібні квітки
	Салат-латук	<i>Lactuca sativa</i>	Скручування країв листка, підвищення пероксидазної активності
	Гледичія трьохколючкова	<i>Gleditchia triacanthos</i>	Специфічна реакція - гіпертрофовані сочевички
	Чорнобривці	<i>Tagetes sp.</i>	Специфічна реакція- епінастія: пагони загинаються донизу, листя поникає
	Гвоздика	<i>Dianthus sp.</i>	Пелюстки поникають і закриваються „сонні квіти”

Продовження табл. 4.3.

	Огірок	<i>Cucumis sativus</i>	Сповільнене розпускання листа, збільшення частки жіночих квіток або усі квітки жіночі
Радіонукліди, ⁹⁰ Sr, ¹³⁷ Cs	Оленьчий мох	<i>Cladonia rangiferina</i>	Нагромадження у сухій речовині
	Ісландський мох	<i>Cetraria islandica</i>	Те ж
Фторид-іон, іони металів Pb, Zn, Cd, Mn, Cu	Райграс багатоквітковий	<i>Lolium multiflorum</i>	Те ж
	Мітлиця повзуча та тонка	<i>Agrostis stolonizans</i> , A. <i>tenuis</i>	Те ж

Проте, широкого застосування чутливість рослин набула лише в біологічному моніторингу, екологічне нормування стану атмосферного повітря на практиці фактично не реалізоване.

Відповідно до ст. 7 чинного Закону України "Про охорону атмосферного повітря" для діючих підприємств і підприємств, що проєктуються, окремих типів обладнання і споруд залежно від часу розроблення та введення в дію, наявності наукових і технічних розробок та економічної доцільності встановлюються: *норматив гранично допустимого викиду (ГДВ)* забруднюючої речовини стаціонарного джерела; *технологічні нормативи* допустимих викидів забруднюючих речовин або їх суміші, які визначаються в місці їх виходу з устаткування; до них належать: *поточні* технологічні нормативи, які визначаються на рівні підприємств з найкращою існуючою технологією виробництва аналогічних за потужністю технологічних процесів; *перспективні* технологічні нормативи, які визначаються з урахуванням досягнень на рівні передових вітчизняних і світових технологій та обладнання.

Регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами здійснюють для найбільш поширених і небезпечних забруднюючих речовин, перелік яких встановлюється Кабінетом Міністрів України і переглядається не рідше одного разу на п'ять років за пропозицією Мінекоресурсів та МОЗ України.

Гранично допустимий викид (ГДВ) забруднюючої речовини або суміші цих речовин в атмосферне повітря від стаціонарного джерела викиду є науково-технічним нормативом, який встановлюється для

кожного окремого стаціонарного джерела забруднення атмосфери за умови, що викиди шкідливих речовин від даного джерела та від усієї сукупності джерел міста чи іншого населеного пункту з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств та розсіювання (при найбільш несприятливих метеорологічних умовах) і перетворення шкідливих речовин в атмосфері забезпечать приземну концентрацію, що не перевищить встановлених норм якості повітря. При цьому критеріями якості повітря, що використовуються в розрахунках, є гранично допустимі концентрації (ГДК_{мр}) шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів (таблиця 4.4.).

Таблиця 4.4. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів [7]

Назва речовини - забруднювача	Значення ГДК, мг/м ³	
	максимальна разова	середньодобова
Оксид нітрогену	0,085	0,085
Аміак	0,2	0,2
Ацетон	0,35	0,35
Бензин нафтовий	5,0	1,5
Бенз(а)пірен	-	0,1 мкг/100м ³
Бутиловий спирт	0,1	0,1
Оксид ванадію	-	0,002
Дихлоретан	3,0	1,0
Метанол	1,0	0,5
Нітробензол	0,008	0,008
Ртуть металева	-	0,0003
Сажа	0,15	0,05
Свинець та його сполуки	-	0,0007
Сірчистий ангідрид	0,5	0,05
Гідрогенсульфід	0,008	0,008
Карбондисульфід	0,03	0,005
Ціанідна кислота	-	0,01
Хлоридна кислота	0,2	0,2
Оксид карбону	3,0	1,0
Фенол	0,01	0,01
Хром	0,0015	0,0015
Етанол	5,0	5,0
Етилен	3,0	3,0

При подальшому розвитку методики нормування викидів шкідливих речовин мають додатково враховуватися й інші фактори, включаючи накопичення забруднюючих речовин, їх перетворення та надходження в організм людини з харчовими продуктами, а також нормативи якості повітря для рослинного і тваринного світу (таблиця 4.5.).

Таблиця 4.5. Гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин – забруднювачів у повітрі [11]

Назва речовини - забруднювача	Значення ГДК, мг/м ³	
	для рослин (максимальна разова)	для людини
Двооксид сірки	0,02	0,5
Аміак	0,05	0,2
Бензол	0,1	1,5
Хлор	0,25	0,1
Сірководень	0,02	0,008
Формальдегід	0,02	0,035
Пил, цемент	-	0,5
Метанол	0,2	1,0

Екологічні критерії якості атмосферного повітря при встановленні нормативів викидів забруднюючих речовин можуть використовуватися тільки після їх затвердження у встановленому порядку і у тих випадках, коли вони є більш жорсткими, ніж ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів.

У випадках, коли на даному підприємстві або групі підприємств, розташованих в одному районі, нормативи ГДВ з причин об'єктивного характеру не можуть бути досягнуті на теперішній час, за погодженням з органами Мінекоресурсів України на підприємствах вводиться поетапне зниження викидів забруднюючих речовин до значень, які забезпечують додержання нормативів ГДВ. На період реалізації заходів, що забезпечують дотримання гранично допустимих викидів, для об'єктів, які мають стаціонарні джерела забруднення атмосферного повітря, повинні розроблятися і погоджуватися проекти нормативів *тимчасово погоджених викидів (ТПВ)* та плани поетапного зниження цих викидів до встановленого нормативу ГДВ.

Тимчасово погоджений викид (ТПВ) - це гранична кількість забруднюючих речовин, встановлена для підприємства на відповідний строк до досягнення ГДВ з урахуванням впровадження повітроохоронних заходів і на рівні викидів, досягнутих на підприємствах, аналогічних за потужністю і технологічними процесами, з найкращою (у частині охорони навколишнього середовища) технологією даного виробництва.

Величини ГДВ і ТПВ встановлюються в г/с і не повинні перевищуватися в будь-який двадцятихвилинний інтервал часу (у

відповідності з інтервалом, прийнятим при встановленні максимальних разових значень гранично допустимих концентрацій речовин). Контрольні значення ГДВ і ТПВ встановлюються в т/рік. Величини ГДВ і ТПВ встановлюють для кожного джерела забруднення окремо для умов повного навантаження технологічного і газоочисного обладнання та їх нормальної роботи. Поряд із встановленням ГДВ і ТПВ для окремих джерел, підсумовуючи їх величини, встановлюють значення цих нормативів для підприємств, промислових об'єктів і комплексів у цілому. При встановленні ГДВ і ТПВ вказують кількість викиду по кожній речовині окремо з урахуванням значень ГДК для всієї групи речовин, що мають властивість сумачії шкідливої дії.

При встановленні ГДВ і ТПВ для джерел забруднення мають враховуватися *фонові концентрації*, тобто концентрації, що фактично утворюються рештою джерел даного та інших підприємств населеного пункту чи промислового району. Фонові концентрації встановлюють по даних спостережень на мережі постів державної гідрометеорологічної служби або визначають розрахунковим шляхом.

Величини ГДВ і ТПВ затверджуються у встановленому порядку територіальними органами Мінекоресурсів України й органами санітарного нагляду України. Перегляд їх здійснюється у випадку зміни потужності, технології виробництва або режиму роботи підприємства, екологічної обстановки в регіоні (при появі нових або уточненні параметрів існуючих джерел забруднення), але не рідше одного разу на 5 років.

У випадку одночасної присутності в атмосферному повітрі декількох речовин спостерігаються наступні ефекти їх комбінованої дії: адитивність (сумачія дії), потенціювання (підсилення дії), антагонізм (послаблення дії). При короткочасній дії суміші забруднень, як правило, має місце ефект сумачії (адитивності). У табл. 4.6. наведений затверджений МОЗ України перелік речовин, для яких встановлена необхідність урахування їх комбінованої шкідливої дії і розрахунку Ккд – коефіцієнта комбінованої дії, який проводять за формулою:

$$K_{\text{кд}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_i}{ГДК_i} \right)$$

де q_i – концентрація i -ї забруднюючої речовини;

$ГДК_i$ – гранично – допустима концентрація i -ї забруднюючої речовини.

Таблиця. 4.6. Перелік речовин, для яких встановлена необхідність урахування їх комбінованої шкідливої дії [45]

Ефект сумачії (коефіцієнт комбінованої дії $K_{\text{кд}}$ дорівнює 1) мають:
Азоту двооксид, гексен, сірчистий ангідрид, вуглецю окис
Азоту двооксид та оксид, мазутна зола, сірчистий ангідрид
Аміак, сірководень
Аміак, сірководень, формальдегід
Аміак, формальдегід
Ацетон, фенол
Ацетон, ацетофенон
Ацетон, фурфурол, формальдегід, фенол
Ацетальдегід, вінілацетат
Аерозолі п'ятиоксиду ванадію та оксидів марганцю
Аерозолі п'ятиоксиду ванадію та сірчистий ангідрид
Аерозолі п'ятиоксиду ванадію та триоксиду хрому
Бензол і ацетофенон
Валеріанова, капронова і масляна кислоти
Вольфрамівий і сірчистий ангідриди
Гексахлоран, фазолон
2, 3-Дихлор-1,4-нафтахінон та 1,4-нафтахінон
1,2-Дихлорпропан, 1,2,3-Трихлорпропан та тетрахлоретилен
Ізопропілбензол та гідроперекис ізопропілбензолу
Ізобутенілкарбінол та діметилвінілкарбінол
Метилдигідропіран та метилентетрагідропіран
М'ишяковидний ангідрид та свинцю ацетат
М'ишяковидний ангідрид та германій
Азон, діоксид азоту і формальдегід
Оксид вуглецю, діоксид азоту, формальдегід, гексан
Пропіонова кислота та пропіоновий альдегід
Свинцю оксид та сірчистий ангідрид
Сірчистий ангідрид та аерозоль сірчаної кислоти
Сірчистий ангідрид та нікель металевий
Сірчистий ангідрид та сірководень
Сірчистий ангідрид та діоксид азоту
Сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, фенол та пил конверторного виробництва
Сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, двооксид азоту і фенол
Сірчистий ангідрид і фенол
Сірчистий ангідрид і фтористий водень

Продовження таблиці 4.6.

Сірчаноокислі мідь, кобальт, нікель та сірчистий ангідрид
Сірчаний та сірчистий ангідриди, аміак і оксиди азоту
Сірководень та диніл
Сірководень та формальдегід
Сильні мінеральні кислоти (сірчана, соляна та азотна)
Вуглецю оксид та пил цементного виробництва
Оцтова кислота та оцтовий ангідрид
Фенол і ацетофенон
Фурфурол, метиловий та етиловий спирти
Циклогексан та бензол
Етилен, пропілен, бутилен та амілен
Фталевий ангідрид, ацетон та акролеїн
Акрилова та метакрилова кислоти
Акрилова та метакрилова кислоти, бутилакрилат, бутилметакрилат, метилакрилат, метилметакрилат
Ацетон, трикрезол, фенол
<i>Ефект потенціювання мають:</i>
Бутилакрилат та метилакрилат з коефіцієнтом комбінованої дії $K_{КД} = 0,08$
Фтористий водень та фторсолі з коефіцієнтом $K_{КД} = 0,08$
<i>При спільній присутності ефект неповної сумачії мають:</i>
Вольфрам натрію, парамолібдат амонію, свинцю ацетат (коефіцієнт комбінованої дії $K_{КД}$ дорівнює 1,6)
Вольфрам натрію, миш'яковистий ангідрид, парамолібдат амонію, свинцю ацетат ($K_{КД}$ дорівнює 2,0)
Вольфрам натрію, германію двоокис, миш'яковистий ангідрид, парамолібдат амонію, свинцю ацетат ($K_{КД}$ дорівнює 2,5)

4.2.3. Нормування якості поверхневих водних об'єктів та ґрунтових вод

Контроль та управління якістю води є одним із засобів санітарної охорони водойм від антропогенного забруднення та забезпечення максимальної продуктивності водних екосистем і раціонального використання водних ресурсів.

Природні та зворотні води містять стабільні (консервативні) і нестабільні (неконсервативні) забруднюючі речовини. У переважній більшості природа та концентрація стабільних речовин не змінюються в часі, природа ж нестабільних речовин (радіонуклідів, органічних сполук) у часі змінюється. Концентрації деяких стабільних речовин

можуть зменшуватися внаслідок їх летючості, реакції з іншими речовинами (при нейтралізації кислот і лугів, утворенні важкорозчинних сполук тощо) або через біохімічні процеси (деструкцію органічних речовин). Крім того, зміна концентрації всіх стабільних і нестабільних речовин при скиданні зворотних вод у водні об'єкти відбувається за рахунок їх розбавлення поверхневими водами. У результаті сумарної дії зазначених процесів спостерігається зменшення концентрації речовин, що надійшли у водойму, аж до повного зникнення деяких з них - відбувається *самоочищення* водного об'єкта.

Здатність водних об'єктів до *самоочищення*, тобто їх *асимілююча здатність* - здатність приймати певну масу речовини за одиницю часу без порушення *норм якості води в контрольних створах (пунктах)* водокористування, має велике санітарне та економічне значення. Вона відіграє важливу роль при вирішенні питань використання водойм для випуску в них зворотних вод та при визначенні необхідного ступеня попереднього очищення цих вод. Слід зазначити, що самоочисна здатність природних водних об'єктів може використовуватися тільки в суворо визначених межах, що гарантують певний ступінь чистоти води в них.

Показники, що входять до сукупності норм якості води, називаються *нормованими показниками* складу і властивостей води. Вони включають в себе *нормовані властивості води*, тобто загальні вимоги до фізичних, хімічних і біологічних характеристик її властивостей (температури, водневого показника рН, запахів, присмаків, токсичності), і *нормовані речовини*, що характеризуються *нормами їх вмісту і гранично допустимими концентраціями (ГДК)* у воді водних об'єктів для різних видів і категорій водокористування.

Таблиця 4.7. Деякі нормовані показники складу і властивостей води в поверхневих водних об'єктах [26, 67]

Показник	Одиниця вимірювання	Норматив не більше, ніж
Запах	бали	2
Кольоровість	градуси	20 (35)
Присмак	бали	2
Каламутність	мг/дм ³	0,5(1,5)
Мінералізація	мг/дм ³	500* - 2000**
Зважені речовини	мг/дм ³	20,0
Розчинений кисень	мг/дм ³	7,1
ХСК	мгО ₂ /дм ³	25,0
БСК	мгО ₂ /дм ³	3,0
Бактеріопланктон	млн кл./дм ³	2,5
Біомаса фітопланктону	мг/дм ³	3,0

* - для Полісся; ** - для посушливого Степу

Під *гранично допустимою концентрацією* у воді водного об'єкта *господарсько-питного* та *культурно-побутового* водокористування розуміють таку концентрацію шкідливої речовини у воді, яка не впливає безпосередньо чи опосередковано на здоров'я людини (при дії на організм впродовж всього життя), не викликає несприятливих наслідків у її нащадків і не погіршує гігієнічних умов водокористування (таблиця 4.8.).

Таблиця 4.8. *Гранично допустимі концентрації деяких домішок у водоймах господарсько-побутового водокористування [32]*

Домішки	ГДК шкідливих домішок у водоймах, мг/дм ³	
	господарсько-побутового призначення	рибогосподарських
Аміак (у перерахунку на азот)	2,0	0,1
Арсен [As(III)], крім органічних сполук	0,05	0,05
Солі амонію (в перерахунку на NH ⁴⁺)	-	5,0
Бензин	0,1	-
Бензол	0,5	-
Берилій (Be)	0,0002	-
ДДТ технічний	0,2	0,0
Дихлоретан	2,0	-
Залізо [Fe(II)]	0,5	-
Кобальт (Co ²⁺)	1,0	0,01
Магній (Mg ²⁺)	—	50,0
Мідь (Cu ²⁺)	0,1	0,01
Нітрати за азотом	10,0	-
Поліакриламід	2,0	-
Свинець (Pb)	0,1	0,01
Гідрогенсульфід	1,0	1,0
Сульфід	-	-
Нафтосірковмісна	0,1	0,05

Місця на водних об'єктах, де мають дотримуватися встановлені норми якості води, називають *контрольними створами* (на водотоках) або *пунктами* (на водоймах).

При *господарсько-питному* водокористуванні норми якості води або (у випадках природного перевищення цих норм) її природний склад і властивості мають дотримуватися вище за течією впродовж 1 км (для водотоку) або на акваторії в межах 1 км (для водойми) від місця розташування водозаборові для господарсько-питного водопостачання населення чи водопостачання підприємств харчової промисловості.

При *комунально-побутовому* водокористуванні норми якості води або (у випадках природного перевищення цих норм) її природний склад і властивості мають дотримуватися на ділянках водних об'єктів у межах населених пунктів, а також у водотоках впродовж 1 км вище найближчого за течією пункту водокористування (місця організованого відпочинку на воді населення, території прилеглого до водного об'єкта населеного пункту), у водоймах - на акваторії в межах 1 км від пункту водокористування, у прибережних зонах морів - на найближчій границі районів водокористування або зони санітарної охорони.

При *рибогосподарському* використанні водного об'єкта норми якості води або її природний склад і властивості мають дотримуватися на ділянці водотоку або акваторії водойми, починаючи з контрольного створу або пункту, що розміщується не далі ніж на відстані 500 м від місця скидові зворотних вод або розташування інших джерел надходження забруднень у водний об'єкт (місця видобутку корисних копалин,

Для підприємств, що будуються (реконструюються), потрібно забезпечити дотримання нормативів ГДС до введення цих об'єктів в експлуатацію. Діючі підприємства-водокористувачі, які скидають зворотні води з перевищенням ГДС, разом із проектом нормативів ГДС розробляють план заходів по їх досягненню. У період реалізації зазначених планів або їх окремих етапів, які відповідають нормативним строкам будівництва та введення в експлуатацію водоохоронних споруд, підприємства здійснюють скиди зворотних вод на підставі дозволів, які видають органи Мінікоресурсів України. Ліміти *тимчасово погодженого скиду (ТПС) речовин* із зворотними водами, які вказуються в цих дозволах, встановлюються за найкращими результатами, що можуть бути досягнуті на даному підприємстві, виходячи з наявних систем зворотного водопостачання, очисних та інших водоохоронних споруд. У разі надходження у водний об'єкт зворотних вод від декількох окремо розташованих підприємств враховується сума забруднень, що скидаються ними. Відповідно до асимілюючої спроможності водойми кількість забруднень, яка може бути допущена до скидання в неї, має розподілятися між підприємствами залежно від характеру зворотних вод, що ними скидаються, та можливостей їх очищення.

З метою стандартизації процедури вибору розрахункових умов, що формують лімітуючі величини асимілюючої здатності річок басейну, для водотоків застосовують такі *регламенти* визначення окремих характеристик річок та господарських факторів [45]:

- *вода стічна* — вода, що утворюється в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності, а також при відведенні із забудованої території стоку атмосферних опадів;
- *вода дренажна* — вода, що профільтрувалася в дренаж із тіла гідротехнічної споруди або її фундаменту, а також з очисних споруд фільтруючого типу, осушуваного (зрошуваного) земельного масиву, підтопленої території підприємства, міста і т. ін;
- *вода скидна* - вода, що відводиться від зрошуваних сільгоспугідь, забудованих територій, які поливають, а також вода, що відводиться від ділянок, на яких застосовується гідромеханізація;
- *витрати води річок на незарегульованих (необводнюваних) ділянках* - мінімальні середньомісячні витрати по лімітуючих сезонах року 95 %-ої забезпеченості з урахуванням впливу господарської діяльності;
- *витрати води річок на зарегульованих (обводнюваних) ділянках* - такі, що дорівнюють визначеним гарантованим попускам (перекиданням) води з урахуванням впливу господарської діяльності (не нижче розрахункових мінімальних середньомісячних витрат по лімітуючих сезонах року 95 %-ої забезпеченості);
- *витрати скидів зворотних вод та заборів води* - максимальні годинні витрати по лімітуючих сезонах року за період дії встановлюваних ГДС речовин;
- *склад зворотних вод* - такий, що не перевищує значень фактичних середніх та відповідних типовому способу очищення концентрацій речовин;
- *якість води у фонових створах* - розрахункова фоновая якість води для лімітуючих сезонів року за заданих розрахункових умов, що передбачають дотримання ГДС речовин по випусках зворотних вод і норм якості води в прикордонних створах на розташованих вище за течією ділянках басейну;
- *природна фоновая якість води* - приймається за даними довгострокових натурних гідрохімічних спостережень при виключенні забруднюючого впливу господарської діяльності, що піддається регулюванню (розрахункову природну фонову якість води водних об'єктів визначають у лімітуючі періоди з урахуванням умов водності, регламентованих для розробки ГДС речовин);
- *відстань до створів* - по фарватеру ріки в км;

- швидкості течії, морфометричні характеристики, коефіцієнти змішування та неконсервативності - усереднені для ділянок між суміжними за течією річки створами за прийнятих розрахункових умов.

Вибір розрахункових умов для водойм здійснюється із застосуванням регламентів, аналогічних тим, що застосовуються для річок, а та специфічних для водойм. До останніх відносяться:

- об'єми та рівні води у водоймі - розрахункові мінімальні середньомісячні рівні води по лімітуючих сезонах року 95 %-ої забезпеченості;
- швидкість водообміну у водоймі - розрахункова для умов року 95 %-ої забезпеченості;
- частоти та швидкості вітру вздовж берегового та нормального до берегу напрямі;
- характеристики підльодової течії води;
- час добігання до контрольного створу - розрахунковий за найкоротшою відстанню при максимальній швидкості перенесення водних мас (з урахуванням впливу вітру);
- асимілююча здатність водойми - розрахункова при максимальній стратифікації водних мас, мінімальних коефіцієнтах змішування та коефіцієнтах неконсервативності речовин по лімітуючих сезонах року 95 %-ої забезпеченості.

Сумарна кількість забруднень, що може бути скинута у водойму із зворотними водами, має бути такою, щоб концентрації нормованих речовин (з урахуванням розбавлення і самоочищення) у максимально забрудненій струмині розрахункового створу не перевищували їх гранично допустимих концентрацій. Якщо зворотні води можуть містити шкідливі речовини, що мають ефект комбінованої дії, то при їх скиданні має враховуватися їх комплексна дія (синергізм), ефект якої зазвичай більший, ніж дія кожного окремо взятого компонента. Комбінована дія речовин може проявлятися в різній формі. У деяких випадках токсичність однієї шкідливої речовини послаблюється в присутності іншої шкідливої чи нешкідливої речовини (*антагонізм дії речовин*), в інших - вона різко підсилюється (*потенціювання*), а при наявності шкідливих речовин, що мають ту ж саму лімітуючу ознаку шкідливості (*ЛОШ*), - сумується (*адитивність*). Для забезпечення якості води недостатнім є дотримання самих лише гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин. Тому для гарантування якості води в створі водокористування і водоспоживання для кожного підприємства встановлюється *гранично допустиме скидання (ГДС)* шкідливих речовин. ГДС – це маса забруднень у стічних водах, допустима для відведення зі встановленим режимом у

певному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті. Встановлення ГДС речовин проводиться для речовин I (свинець та його сполуки, оксид хрому) та II (алюміній, барій, арсен, селен) класів небезпечності при господарсько-питному і комунально-побутовому водокористуванні та для всіх нормованих речовин, крім головних іонів мінерального складу води, при рибогосподарському водокористуванні.

Для речовин, по яких нормується *приріст до природного фону* (завислі речовини, алюміній, іони міді, селен, телур, фтор тощо), ГДС встановлюється з урахуванням цього припустимого приросту. До переліку речовин, що нормуються у всіх випадках скидання зворотних вод, входять: *розчинений кисень, завислі речовини, мінералізація води, сульфати, хлориди, азот амонійний, нітрати, нітрили, фосфати, нафтопродукти*. Крім того, обов'язково нормуються такі фізико-хімічні показники, як *біохімічна потреба в кисні (БПК), хімічна потреба в кисні (ХПК)* - перманганатна та біхроматна окисності, *рівень токсичності води* (на основі біотестування), *показники бактеріологічного забруднення і рівень радіоактивності води* (сумарна радіоактивність), а також враховуються *водневий показник (рН) і температура*. Для води культурно-побутового та господарсько-питного призначення в основу нормування якості покладені санітарно токсикологічні, загальносанітарні та органолептичні обмеження. Всього ж для води господарсько-питного призначення встановлені ГДК для 640 речовин. Основні вимоги до якості питної води регламентовані Державними санітарними нормами і правилами (САПНІН), затвердженими у 1997 році Міністерством охорони здоров'я України (табл. 4.9.).

Таблиця. 4.9. Показники якості питної води [29, 32]

Показник	Одиниця	Норматив, не більше	Клас небезпеки
<i>Неорганічні компоненти — токсикологічні показники</i>			
Алюміній	мг/дм ³	0,2(0,5)	2
Барій	мг/дм ³	0,1	2
Арсен	мг/дм ³	0,01	2
Селен	мг/дм ³	0,01	2
Свинець	мг/дм ³	0,01	2
Нікель	мг/дм ³	0,1	3
Нітрати	мг/дм ³	45,0	3
Фтор	мг/дм ³	1,5	3
<i>Органічні компоненти</i>			
Тригалометани (ТГМ, сума)	мг/дм ³	0,1	2
Хлороформ	мг/дм ³	0,06	2
Дибромхлорметан	мг/дм ³	0,01	2
Тетрахлоркарбон	мг/дм ³	0,002	2

Продовження таблиці 4.9.

Пестициди (сума)	мг/дм ³	0,001	-
<i>Інтегральні показники</i>			
Окиснюваність (K ₂ MnO ₄)	мг/дм ³	4,0	-
Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	4,0	-
Органолептичні показники			
Запах	бали	2	-
Каламутність	мг/дм ³	0,5(1,5)	-
Кольоровість	град	20(35)	-
Присмак	бали	2	-
Водневий показник, рН, у діапазоні	Одиниці рН	6,5-8,5	-
Мінералізація загальна (сухий залишок)	мг/дм ³	1000(1500)	-
Твердість загальна	мекв/дм ³	7(10)	-
Сульфати	мг/дм ³	250(500)	4
Хлориди	мг/дм ³	250(350)	4
Мідь	мг/дм ³	1,0	3
Манган	мг/дм ³	0,1	3
Залізо	мг/дм ³	0,3	3
Хлорфеноли	мг/дм ³	0,0003	4
<i>Показники радіаційної безпеки</i>			
Загальна об'ємна активність альфа-випромінювачів	Бк/дм ³	0,1	-
Загальна об'ємна активність бета-випромінювачів	Бк/дм ³	2,0	-
<i>Мікробіологічні показники безпеки</i>			
Число бактерій в 1 см ³ води, що досліджується (ЗМЧ)	Колонієутворювальних одиниць (мікроорганізмів)/см ³ , КУО/см ³	100	-
Число бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) в 1 см ³ води, що досліджується (індекс БГКП)	Колонієутворювальних одиниць (мікроорганізмів)/дм ³ , КУО/дм ³	3	-
Число термостабільних кишкових паличок (фекальних колиформ індекс Фк) в 100 см ³ води, що досліджується	Колонієутворювальних одиниць (мікроорганізмів)/100см ³ , КУО/100см ³	-	-

Продовження таблиці 4.9

Число патогенних мікроорганізмів в 1 м ³ води, що досліджується	Колонієутворювальних одиниць (мікроорганізмів)/дм ³ , КУО/дм ³	-	-
Число коліфагів в 1 дм ³ води, що досліджується	Бляшкоутворювальних одиниць/дм ³ , БУО/дм ³	-	-
<i>Паразитологічні показники безпеки</i>			
Число патогенних кишкових найпростіших у 25 дм ³ води, що досліджується	Штук (клітин, цист)/25дм ³	-	-
Число кишкових гельмінтів у 25 дм ³ води, що досліджується	Штук (клітин, яєць, личинок)/25дм ³	-	-

4.2.4. Нормування якості ґрунту

Контроль та управління якістю ґрунтів повинні проводитись з урахуванням їх специфічних особливостей порівняно з іншими компонентами навколишнього середовища. Серед таких особливостей найпильнішої уваги заслуговують наступні:

- ґрунт, будучи стабільним елементом середовища, не може здійснювати самоочищення шляхом розбавлення забруднювача в середовищі, що має місце у випадку забруднення атмосфери та гідросфери;
- антропогенне забруднення ґрунту, завдяки його властивостям як біокосної речовини може зазнавати підсилення за рахунок утворення речовин, більш токсичних, ніж вихідні компоненти;
- очищення ґрунту відбувається в процесі виносу речовин і елементів з урожаєм.

Екологічний стан ґрунту – це інтегральний показник його екологічної стійкості, рівня родючості та санітарно-гігієнічного стану, який оцінюється в балах. Під *екологічною стійкістю* ґрунту розуміють його здатність протистояти змінам під дією зовнішніх факторів. Для визначення цього показника використовують ґрунтові параметри, які дуже повільно змінюються протягом тривалого часу: гранулометричний склад, вміст гумусу та потужність гумусового

горизонту, сума ввібраних основ, нітрифікаційна здатність ґрунту, ступінь насичення ґрунтово-вбирного комплексу обмінними основами, реакція ґрунтового розчину, рівноважна щільність будови, протиерозійна стійкість ґрунту тощо. Показник *ґрунтової родючості* репрезентується даними про нітрифікаційну здатність ґрунту, вміст у ньому гумусу та мінеральних поживних речовин – макро- і мікроелементів.

Санітарно-гігієнічний стан ґрунту визначають за ступенем забруднення його радіонуклідами, важкими металами, залишками пестицидів та збудниками хвороб і яйцями гельмінтів (табл. 4.10.).

Таблиця 4.10. Інфекційні захворювання, що можуть передаватись через ґрунт [32]

Тип інфекції та спосіб її передачі	Назва захворювання
Кишкові інфекції	Сибірська язва Бруцельоз Сап
Зоонози, що передаються гризунами	Чума Туляремія Інфекційна жовтяниця
Гельмінтози, що передаються комахами	Волосоголовець Аскариди Анкілостоми
Пилові інфекції, що спричиняються спороносними мікробами	Туберкульоз
Вірусні інфекції	Поліомієліт Вірусний гепатит

Першочерговим етапом ґрунтового моніторингу є *оцінка екологічного стану територій*, яка проводиться на основі аналізу інформації про співвідношення основних типів земельних угідь у ландшафтах, агрокліматичні умови, ґрунтовий покрив, ступінь порушеності агроландшафтів, еродованість земель, наявність у межах території небезпечних в екологічному відношенні промислових та інших об'єктів, види та рівень забруднення атмосфери, гідросфери та педосфери. Після збору, обробки і аналізу отриманих даних робиться попередній висновок про екологічний стан територій з поділом на 3 класи (табл. 4.11.).

Таблиця 4.11. Характеристика екологічного стану територій [1]

Клас території	Характеристика території
I клас	Територія придатна для отримання екологічно безпечних врожаїв всіх сільськогосподарських культур, районованих для даної ґрунтово-екологічної зони; ґрунти – високого або підвищеного рівня родючості, екологічно стійкі; шкідливі речовини відсутні або їх кількість знаходиться на рівні або нижче рівня ГДК
II клас	Територія обмежено придатна для виробництва екологічно безпечної сировини; загальноекологічний стан погіршений, показники ґрунтової родючості і вмісту токсикантів дозволяють одержувати екологічно чисту продукцію лише від культур, толерантних до токсичних речовин
III клас	Територія не придатна для виробництва екологічно безпечної сировини; екологічний стан несприятливий; ґрунтовий покрив екологічно нестійкий, забруднений, має низький рівень родючості

За аналогією з екологічною класифікацією територій, сільськогосподарські угіддя також поділяють на придатні, обмежено придатні та непридатні для створення екологічно чистих сировинних зон. Як буде показано далі, не всі ґрунти України мають параметри, необхідні для вирощування екологічно чистої сільськогосподарської продукції. Документом, що об'єднує увесь спектр інформації про екологічний стан ґрунту або земельної ділянки є *екологічний паспорт* – основний документ, в якому зосереджена інформація про родючість ґрунту (агрохімічні, агрофізичні та фізико-хімічні властивості) та рівень його техногенного забруднення. Екологічний паспорт повинне мати кожне сільськогосподарське підприємство будь-якої з форм власності за наявності у нього понад 100 га орних земель; для тих підприємств, у кого менше 100 га ріллі, екологічний паспорт розробляється при наявності на території явних джерел забруднення. Екологічний паспорт має містити інформацію і матеріали, що характеризують:

- співвідношення основних типів угідь;
- кількість наявних на території деградованих земель, їх агроекологічний стан;
- стан водних об'єктів з нормативною шириною водоохоронних санітарно-захисних зон;
- екологічну карту-схему розміщення всіх джерел забруднення території;
- рівень використання пестицидів і добрив, витрачання зрошуваної води, обсяги і місце скидання дренажних і стічних вод тощо.

Розробка екологічних паспортів сільськогосподарських підприємств проводиться обласними проектно-технологічними центрами охорони родючості ґрунтів. Термін дії документу має становити не менше 5 років.

Таблиця 4.12. Осереднені нормативні показники придатності сільськогосподарських угідь для створення екологічно безпечних сировинних зон [1]

Назва показника	Нормативи за ступенем придатності земель		
	придатні	обмежено придатні	непридатні
Показники екологічної стійкості ґрунтів			
Потужність гумусованого шару, см	>50	50-25	<25
Вміст гумусу в орному шарі, %	6-4	4-2	<2
Гранулометричний склад*	Св; Сс	Гл; С	Пз; Пп
Реакція ґрунтового розчину, рН _{KCl}	>5,5	5,5-4,6	<4,6
Сума ввібраних основ, мекв на 100 г ґрунту	>20	20-10	<10
Ступінь насичення обмінними основами	>70	70-50	<50
Противерозійна стійкість за вмістом агрегатів 0,25-10 мм, %:			
• водотривких	>45	45-25	<25
• повітряно-сухих	>75	75-50	<50
Рівноважна щільність складення, г/см ³ :			
• супіщаних і піщаних ґрунтів	1,3-1,5	1,5-1,7	<1,3 і >1,7
• середнього та важкого гранулометричного складу	1,1-1,3	1,3-1,5	<1,1 і >1,5
Агрохімічні показники родючості			
Нітрифікаційна здатність, мг NO ₃ /кг ґрунту	<15	15-8	<8
Вміст азоту, що легко гідролізується, мг/кг	<200	200-10	<150
Рівень вмісту рухомого фосфору та обмінного калію**	П; В; Дв	Ср	Н; Дн
Рівень вмісту рухомих форм мікроелементів	П; В	Ср	Н; Дн
Параметри санітарно-гігієнічного стану (забруднення)			
Вміст валових форм важких металів кларки/ГДК			<u>3,0 – 4,0</u> 1,0 – 1,5
Щільність забруднення радіонуклідами, Бк/м ² :			
• цезієм 137; 134	<7,4	7,4 – 37,0	>37
• стронцієм 90	<7,4	0,74 – 1,85	>1,85
Вміст залишків пестицидів, ГДК	<0,5	1,0-1,5	>1,5

Продовження таблиці 4.12.

Кількість патогенних мікроорганізмів в 1 кг ґрунту:			
• при забрудненні фекаліями	<10	10-10 ³	>10 ³
• при забрудненні екскрементами тварин	<10 ²	10 ² -10 ⁴	>10 ⁴
Вміст бітумізованих речовин при забрудненні нафтою, %	<1	1-2	>2

*Св – суглинок важкий; Сс – суглинок середній; сл – суглинок легкий; С – супісок; Пз – пісок зв'язний; Пп – пісок пухкий; Гв – глина важка; ** П – підвищений; В – високий; Дв – дуже високий; Ср – середній; Н – низький; Дн – дуже низький.

В основу нормування вмісту шкідливих речовин у ґрунті покладено принцип, що допускає додаткове надходження їх у ґрунт у кількостях, безпечних для живих організмів. Під *гранично - допустимою концентрацією* шкідливої речовини в ґрунті розуміють максимальну її кількість (мг\кг ґрунту), що гарантує відсутність негативного прямого чи опосередкованого впливу на здоров'я людини та санітарні умови проживання населення. При оцінці безпеки надходження шкідливих речовин в ґрунт необхідно виходити із неприпустимості перевищення межі адаптаційних можливостей організму і здатності ґрунту до самоочищення, тобто порогу безпечної дії. Під *порогом безпечної дії хімічних речовин*, які надходять (одноразово або протягом доби, року, всього життя) в організм людини з ґрунту, розуміють таку їх кількість, яка не викликає деструктивних змін в організмі, але перевищення якої призводить до появи негативних функціональних і біологічних наслідків.

Відносно вмісту в ґрунті залишків пестицидів, застосовують показник, який має назву *рівень пестицидного навантаження (РПН)* і показує яка кількість пестицидів (кг/га) вноситься на одиницю площі території. З урахуванням цього показника розрізняють наступні типи екологічної ситуації стосовно забруднення ґрунту пестицидами:

- *сприятлива* – рівень пестицидного навантаження не сягає 3 кг/га діючої речовини;
- *задовільна* - рівень пестицидного навантаження знаходиться у межах 3 – 4 кг/га діючої речовини;
- *передкривова* - рівень пестицидного навантаження складає 4 – 5 кг/га діючої речовини;
- *кривова* - рівень пестицидного навантаження складає 5 – 7 кг/га діючої речовини;
- *катастрофічна* - рівень пестицидного навантаження перевищує 7 кг/га діючої речовини.

Для більш об'єктивної оцінки застосовують також дані відносно залишкової кількості пестицидів у ґрунті і рослинах. Оцінку забруднення ґрунтів і рослинної продукції залишковою кількістю пестицидів проводять шляхом порівняння фактичного вмісту пестицидів в ґрунті чи у сільськогосподарській продукції з гранично допустимими концентраціями. З урахуванням величини залишкової кількості пестицидів в ґрунті розрізняють наступні типи екологічної ситуації стосовно забруднення ґрунту пестицидами:

- *сприятлива* – залишкові кількості пестицидів у ґрунті не виявляються;
- *задовільна* - залишкові кількості пестицидів у ґрунті істотно нижчі за ГДК (на межі визначення приладів);
- *передкризова* - залишкові кількості пестицидів у ґрунті знаходяться на рівні ГДК;
- *кризова* - залишкові кількості пестицидів у ґрунті в 1,1 – 1,5 рази перевищують ГДК;
- *катастрофічна* - залишкові кількості пестицидів у ґрунті в 2 – 10 і більше разів перевищують ГДК.

Таблиця 4.13. Гранично допустимі концентрації пестицидів у ґрунті [1]

Назва пестицидів	ГДК, мг/кг
Амбуш, І	0,05
2,4 Д (солі та ефіри), Г	0,25-0,1
Децис, І	0,01
Суміцидін, І	0,02
Ептам, Г	0,9
Раундап, Г	0,5
Тілт, Ф	0,2
Антіо, І	0,2
Арріво, І	0,02
Байлетон, П	0,03
Байтан-універсал, П	0,02
Банвел, Г	0,25
Бетанал АМ, Бетанал прогрес АМ, Г	0,25
БІ 58 новий, ІА	0,3
Гезагард, Г	0,5
Глісол, Г	0,5

Продовження таблиці 4.13

Дурсбан, I	0,2
Ептам, Г	0,9
Ерадикан, Г	0,9
Золон, I	0,5
Інта-Вір, I	0,02
Ковбой, Г	0,25
Купроксат, Ф	3,0
Ридоміл МЦ, Ф	0,05
Трофі, Трофі-Супер, Г	0,5
Фюрі, I	0,02
Харнес, Г	0,5
Хлорокис міді, Ф	3,0
Шерпа, I	0,02

Скорочення: ІА – інсектоакарицид; Г – гербіцид; П – протруйник;
Ф – фунгіцид

Більш складною є оцінка ситуації щодо забруднення ґрунтів важкими металами. При визначенні екологічного стану ґрунтів стосовно забруднення їх важкими металами слід керуватися не лише даними щодо порівняння фонового (кларків) та фактичного вмісту елементів в ґрунті, але й значеннями ГДК важких металів у ґрунті і рослинах. Типи екологічної ситуації стосовно важких металів набувають наступного вигляду:

- *сприятлива* – вміст валових форм важких металів у ґрунті знаходиться на рівні кларків, а вміст рухомих форм нижчий за ГДК; вміст рухомих форм важких металів у рослинницькій продукції нижчий за ГДК;
- *задовільна* – вміст валових форм важких металів у ґрунтах дещо вищий за кларки, але не перевищує ГДК, вміст рухомих форм – на рівні ГДК; у рослинницькій продукції вміст рухомих форм важких металів нижчий за ГДК;
- *передкризова* - вміст валових форм важких металів у ґрунтах знаходиться на рівні ГДК, а вміст рухомих форм перевищує ГДК в 1,5-2,0 рази; вміст рухомих форм важких металів у рослинницькій продукції знаходиться на рівні ГДК;
- *кризова* - вміст валових форм важких металів у ґрунтах у 2-10 разів, а рухомих – у десятки разів

- вищий за ГДК; у рослинницькій продукції вміст рухомих форм важких металів в 1,1-1,5 рази перевищує ГДК;
- *катастрофічна* - вміст валових і рухомих форм важких металів у ґрунтах у десятки і сотні разів вищий за ГДК; вміст рухомих форм важких металів у рослинницькій продукції у десятки разів вищий за ГДК.

В ґрунті важкі метали можуть перебувати у різних за ступенем рухомості формах: у вигляді комплексних сполук з органічними та неорганічними лігандами, у складі первинних та вторинних мінералів, адсорбованими на ґрунтових колоїдах, у складі солей різного ступеня розчинності, у вигляді іонів в ґрунтовому розчині тощо. За ступенем рухомості всі сполуки важких металів у ґрунті можна розділити на нерухомі, потенційно рухомі та рухомі форми. Саме важкі метали у рухомій формі зумовлюють негативний вплив на біоту та організм людини. На рухомості важких металів істотно позначаються властивості ґрунтів: у ґрунтах з низькою буферною здатністю кількість важких металів у рухомій формі буде більшою, ніж у високобуферних ґрунтах навіть за однакових інших умов – фоновому вмісті, антропогенному забрудненні. Виходячи з цього, для визначення реальної небезпечності важких металів проводять контроль за вмістом їх рухомих форм. Валовий вміст важких металів використовують як загальну характеристику їх потенційної небезпечності та стану ґрунтів. Фоновий вміст та гранично - допустимі концентрації важких металів у ґрунті наведені в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14. Фоновий вміст та гранично допустимі концентрації (ГДК) важких металів у ґрунтах, мг/кг [1]

Елемент забруднювач	Фоновий вміст		ГДК	
	валова форма	рухома форма	валова форма	рухома форма
Cd	0,5	0,1	3	0,7
Pb	10	0,5	32	2
Hg	0,02	-	2,1	-
Zn	50	5,0	100	23
Se	0,01	-	10	2
Ni	40	1,0	85	4
Co	8	0,5	50	5
Cu	20	0,5	55	3
Cr	75	0,1	100	6
Mn	850	-	1500	-

4.3. Джерела й основні види забруднювачів атмосфери

Атмосфера Землі, яка є її газовою оболонкою, у шарі висотою до 60 км має обсяги $3,82 \cdot 10^{12}$ км³. Маса атмосфери Землі становить $5,6 \cdot 10^{14}$ тонн. Багато людей звикли думати, що спричинене людством забруднення повітря настільки незначне в порівнянні з об'ємом атмосфери, що воно просто розсіюється до безпечних концентрацій. Уся людська діяльність по знищенню для сільськогосподарських потреб, усі димові викиди індустріальної цивілізації, здається, не змінили азотно-кисневого балансу атмосфери. Здавалося б, що в такий величезний обсяг повітря можуть надходити різні речовини і не впливати істотно а ні на склад, а ні на властивості атмосфери. Однак, моніторинг атмосфери показав, що техногенні забруднювачі - речовини хімічної природи штучного походження викликають істотні зміни фізичних процесів в атмосфері, що приводить до зміни клімату Землі. Небезпека забруднення атмосфери викликається ще й тим, що практично усі види забруднювачів зосереджуються в її нижньому шарі, де знаходяться живі організми. Під забрудненням атмосфери розуміється зміна фізичного і хімічного її стану під впливом домішок, що потрапляють до неї. Забруднювачі атмосфери являють собою домішки різної природи і різного походження і відносяться до класів механічних, хімічних, фізичних і радіоактивних забруднювачів. Серед домішок природного походження атмосферу забруднюють аерозолі у вигляді пилу, золи. Головні джерела викидів аерозолів, що надходять в атмосферу, і їхня кількість наведені в таблиці 4.15.

Таблиця 4.15. Середня кількість аерозолів та газів, що надходять в атмосферу з різних джерел

Техногенні аерозолі		Природні аерозолі	
Головні джерела Викидів	*10 ⁶ т за рік	Головні джерела викидів	*10 ⁶ т за рік
Спалювання вугілля	22	Морські солі	650
Спалювання інших матеріалів	8	Ґрунтовий пил	300
Металургія та інші галузі ромисловості	10	Вулкани	80
Сільське господарство	5	Лісові пожежі	75

Продовження таблиці 4.15

Індустрія	5		
<u>Разом</u>	50	<u>Разом</u>	1105
Перетворення газів			
Сульфати із сірчистого газу	170	Нітрати з оксидів азоту	250
Гідрокарбонати	50	Амонієві солі з аміаку	170
Нітрати з оксидів азоту	30	Сульфати із сірководню	170
<u>Разом</u>	250	Гідрокарбонати	140
Загальна сума	300	<u>Разом</u>	730
		Загальна сума	1830

Джерелами природного пилу є вулкани, а також лісові пожежі. Джерелами антропогенного пилу є сільське господарство, що генерує пил, який піднімається з оброблюваної ріллі. До газових забруднювачів природного й антропогенного походження відносяться вуглекислий газ, оксиди сірки, азоту. В епоху техногенезу ці гази викидаються в атмосферу в кількостях, що перевищують їхню генерацію внаслідок природних процесів. Разом з тим, внаслідок імпульверизації в атмосферу викидається значна маса солей, до неї потрапляє також мікрофлора, включаючи й патогенну. Під час туманів утворюються суміші і розчини різних забруднювачів у вигляді зважених крапель.

В Україні викиди забруднювачів в атмосферу складають 10015 тис т. У Житомирській області - 100,3 тис т., у Дніпропетровській області - 1751, у Донецькій області - 2403,5 тис т на рік. Забруднювачі атмосфери формуються у вигляді глобальних і локальних. Найбільша концентрація локальних забруднювачів в атмосфері спостерігається в промислових районах світу. Так, поблизу підприємств кольорової металургії в атмосфері спостерігається підвищена концентрація

аерозолів важких і рідких металів. Поблизу підприємств алюмінієвої промисловості основними забруднювачами атмосфери є сполуки фтору. Вуглевидобувна промисловість, підприємства теплоенергетики викидають в атмосферу сірчаний ангідрид, оксиди вуглецю та азоту. Основні забруднювачі, які надходять в атмосферу в результаті роботи підприємств хімічної промисловості - це оксиди і двооксиди азоту, вуглецю, сірчаний ангідрид, аміак, сірководень, сполуки хлору, фтору й ін.

З аерозольними викидами пов'язане радіоізотопне забруднення атмосфери. Використання атомної енергії для виробництва електроенергії і для інших цілей супроводжується викидами в атмосферу цілого ряду радіоізотопів. Особливо екологічно небезпечною була аварія на Чорнобильській атомній електростанції в 1986 р., коли в атмосферу були викинуті радіоізотопи із сумарною активністю 51 МКи.

Основна маса забруднювачів атмосфери зосереджена в нижньому шарі тропосфери до висоти 1 - 2 км. Помічено, що забруднення атмосфери над континентами і над великими промисловими районами є більшим, ніж над океанами. Разом з тим, у межах повітря робочої зони забруднювачів накопичується в багато разів більше, ніж в атмосфері міст. У зв'язку з цим, здійснюється локальний моніторинг як у містах, так і на підприємствах. Глобальне забруднення атмосфери пов'язане в основному з техногенезом. Одним з основних техногенних забруднювачів атмосфери є вуглекислий газ.

Атмосфера містить $2,3 \cdot 10^{12}$ т вуглекислого газу. Як показано в таблиці 4.16., щорічно в атмосферу тільки завдяки спалюванню палива викидається 10^{10} т вуглекислого газу

Таблиця 4.16. Світове надходження в атмосферу антропогенних забруднювачів [11]

Хімічні елементи, групи сполук	Вага за рік, т	Основні джерела викидів	Екологічні наслідки
Оксиди вуглецю	25,5 млрд.	Спалювання органічного палива в топках та двигунах внутрішнього згорання, деревини при лісових пожежах, викиди металургійної промисловості	Парниковий ефект, токсикація
Оксиди сірки	190 млн.	ТЕС, ТЕЦ, металургійна та хімічна промисловість	Кислотні опади – транскордонне перенесення, загибель лісів і озерної фауни

Продовження таблиці 4.16

Оксиди азоту	65 млн.	ТЕС, ТЕЦ, металургійна та хімічна промисловість	Кислотні опади – транскордонне перенесення, загибель лісів і озерної фауни, руйнування архітектурних пам'ятників
Свинець та його сполуки	500 млн.	Автотранспорт, енергетика, металургійна промисловість	Токсикація
Фреони та інші озон руйнуючі гази	1,4 млн.	Холодові агенти в кондиціонерах та холодильному устаткуванні, розчинники і розпилувачі	Руйнування озону

Значна частина вуглекислого газу поглинається Світовим океаном. Однак, щорічний приріст вуглекислого газу складає 0,2%. Серед техногенних забруднювачів атмосфери небезпечними є оксиди хлору, азоту, сірки, речовини, що містять свинець, ртуть, ряд фреонів, поліхлоровані біфеніли та інші.

Акустичне забруднення атмосфери викликається шумом і вібраціями і створюється механічними коливаннями повітря з різною частотою. Воно вимірюється рівнем інтенсивності звуку, що виражається в децибеллах (дБ), а частота коливання звукових хвиль - у герцах (Гц). Джерела різного рівня шуму наведені в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17. Значення рівнів інтенсивності звуку, що генерується різними джерелами

Джерела звуку	Рівень інтенсивності звуку, дБ
Ушкодження барабанної перетинки	160
Поріг болісного відчуття	130
Відбійний молоток	100
Автомобільний сигнал, що подається на відстані 6 км	90
Голосна мова	80
Міська вулиця вдень	75
Спокійна бесіда	55
Шум у кімнаті	40
Шум, що не заважає спати	35
Відкрита місцевість	10

Шум виникає в результаті діяльності людини, тому розрізняють шум побутовий, виробничий, промисловий, транспортний, авіаційний. Безумовно промислові і транспортні шуми більш інтенсивні, ніж, наприклад, побутові. Джерела і рівні промислових і транспортних шумів показані в таблиці 4.18.

Таблиця 4.18. Джерела і рівні промислових і транспортних шумів

Джерела шуму	Інтенсивності шуму, дБ
Промислові	
Газотурбінні енергетичні установки	100-110
Компресорні станції	100
Металургійні заводи	90-100
Будівельні підприємства	90-95
Машинобудівні заводи	80
Друкарні	72-75
Транспортні	
Автотранспорт (на відстані 7,5 м)	77-83
Легкові, вантажні автомобілі й автобуси	77-83
Залізничний транспорт(на відстані 20 м)	90-101
Авіаційний транспорт (під трасою польоту)	98-105

Безпечний вплив шуму на людину характеризується наступними шумовими параметрами (табл. 4.19.).

Таблиця 4.19. Граничні значення рівнів шуму для людини

Безпечний рівень інтенсивності звуку, дБ	Час впливу шуму на протязі доби, годин
90	8
92	6
95	4
97	3
100	2
102	1,5
105	1
110	0,5
115	0,25

Крім шуму механічне забруднення атмосфери викликається вібраціями. Під вібрацією розуміються механічні коливання матеріальних систем з дуже великою частотою і невеликою амплітудою. Динамічний вплив вібрацій оцінюється швидкістю вібрації, що має параметр мм/с. Фізіологічно допустима норма вібрації - 0,12 мм/с. Основні джерела вібрацій показані в таблиці 4.20.

Таблиця 4.20. Основні джерела вібрацій

Джерела вібрацій	Вібраційна швидкість, мм/с
Залізничний транспорт	0,3-160
Промислові установки	0,05-5
Будівельна техніка	0,002-1,6
Автотранспорт	0,005-0,07
Денний фон в місті	0,006-0,02
Нічний фон в місті	0,003-0,01
Безпечний «геологічний» рівень	0,225
Безпечний фізіологічний рівень	0,12

Вібраційні впливи на живий організм пов'язані з акустичними коливаннями, що лежать в області низьких і середніх частот. Вібрації з інфразвуковою частотою генеруються такими природними джерелами як урагани, діючі вулкани тощо. Однак потужність таких коливань невелика. Техногенні джерела вібрацій зосереджені в промислових підприємствах, містах. Вібрації генерують багато промислових і побутових установок: компресорні станції, вентилятори, кондиціонери, градирні, турбіни теплових і інших електростанцій, ліфти тощо. Робота невеликого компресора створює рівень інфразвукового тиску, що перевищує 80 дБ.

Акустичне забруднення атмосфери носить переважно локальний характер. Джерелами шуму є аеропорти, великі заводи, наземний і повітряний транспорт. У великих містах шум є одним з головних забруднювачів.

Однак, небезпечне акустичне забруднення формується й усередині підприємств і цехів, де технологічні процеси пов'язані з прокатом, штампом і іншою механічною обробкою металу. У цехах по обробці дерева в меблевій промисловості, у лісовій промисловості

акустичне забруднення атмосфери являє собою значну небезпеку для здоров'я людини. Які ж рівні шуму створюють різні джерела? Різні види наземного транспорту, наприклад, створюють наступний рівень шуму:

- вантажні автомобілі з дизельними двигунами -85-99 дБ;
- вантажні автомобілі з карбюраторними двигунами -75-85 дБ;
- автобуси - 80-85 дБ;
- мотоцикли -70-85 дБ;
- трамваї - 70-80 дБ.
- повітряний транспорт - 100-140 дБ.

Джерелом акустичного забруднення атмосфери є залізничні вокзали і залізничні сортувальні станції. Рівень шуму на відстані від них, рівній 50 м, досягає 80 дБ. Різного роду звукові сигнали на цих об'єктах створюють шум, що перевищує 100 дБ.

Крім шумового забруднення здоров'ю людини шкодять вібрації. Вібрації виникають у транспортних машинах, на підприємствах, де використовуються верстати по обробці металу, дерева, потужні вентилятори. Припустимий рівень шуму – вдень 55, уночі – 45 дБ. Максимальний рівень шуму відповідно дорівнює 70 і 60 дБ. На територіях, що прилягають до санаторіїв, лікарень, рівень шуму нижче на 10 дБ, для територій, розташованих поруч з готелями і гуртожитками вище на 5 дБ.

Магнітне поле Землі формує *магнітосферу* - фізичний простір, властивості, розміри і форма якого визначаються як магнітним полем Землі, так і характером його взаємодії з потоками заряджених часток, що надходять від Сонця. У межах тропосфери напруженість магнітного поля Землі зменшує з висотою (рис. 4.1.). До параметрів магнітного поля Землі за всю еволюцію адаптувалися живі організми, включаючи й людей. Однак, техногенез формує багато джерел підвищення рівня електромагнітного випромінювання. Наприклад, повітряні лінії електропередач (ЛЕП) формують напруженість електромагнітного поля порядку 5,5-2,5 кв/ м, електричні розподільні лінії -2,5-6 кв/м. Разом з тим, ЛЕП формують і магнітні поля. Такі поля негативно діють на здоров'я людей на відстані 400-800 м від ЛЕП. Гранично - припустимою величиною індукції магнітного поля встановлена величина в 0,2 мкТ.

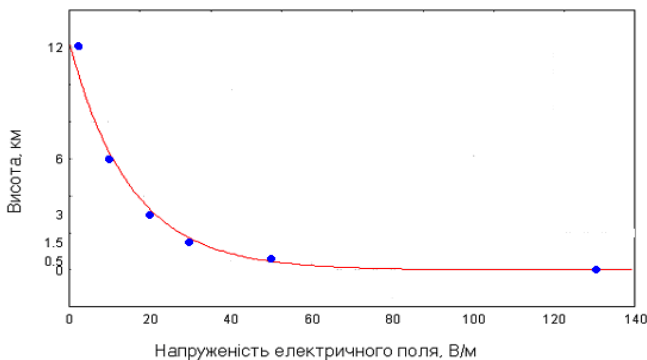


Рис. 4.1. Зміна напруженості електричного поля в тропосфері Землі.

Встановлені наступні припустимі рівні електромагнітного випромінювання для населення (табл. 4.21.).

Таблиця 4.21. Припустимі значення параметрів електромагнітного випромінювання для населення

Частота випромінювання	Рівень напруженості електричного поля, А/м
50 Гц	$5 \cdot 10^2$
30-300 кГц	20
0,3-3 МГц	10
3-30 МГц	4
30-300 МГц	2

Біосфера впродовж усієї еволюції знаходилась під впливом електромагнітних полів – так званого фонового випромінювання, викликаного природними причинами. В процесі індустріалізації людство додало до цього цілий ряд факторів, посиливши фонове випромінювання, в зв'язку з чим електромагнітні поля антропогенного походження почали значно перевищувати природний фон і перетворились у небезпечний екологічний фактор.

Електромагнітне забруднення атмосфери пов'язане із застосуванням електроенергетичного устаткування і ліній електропередач. Основні джерела електромагнітного забруднення атмосфери - це електричні двигуни, радіо- і телевізійні прилади, лінії електропередач, радіолокаційні станції. У процесі експлуатації цього

устаткування і приладів виникають електричні поля, що роблять шкідливий вплив на людину.

Систематичні дослідження впливу електромагнітних полів на людський організм, що розпочалися в 50-х роках минулого століття, свідчать, що в людському організмі виникають суб'єктивні розлади: загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, головний біль та біль в ділянці серця, зміна артеріального тиску, частота серцевого ритму. Фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, знижується концентрація альбуміну та зростає вміст глобуліну, виникають зміни складу крові.

Під *тепловим забрудненням* повітря розуміється локальне підвищення температури приземного шару за рахунок викидів теплого повітря з різних промислових, енергетично - теплових підприємств. При цьому спостерігається істотне підвищення температури повітря в порівнянні з температурою повітря поруч розташованих територій. Забруднення атмосфери формується у великих промислових центрах, де функціонують підприємства, що використовують велику кількість теплової енергії для здійснення виробничих процесів: доменні печі, сталеливарні конвертори, прокатні стани. Крім того, відходи теплої води в ряді виробництв є джерелами теплового забруднення атмосфери. У містах це система опалення житлових і виробничих будинків. небезпека теплового забруднення виникає при техногенних викидах в атмосферу як теплового повітря, так і інших, особливо хімічних, забруднювачів.

4.4. Джерела і основні види забруднювачів гідросфери

Гідросфера Землі представлена обсягом води $1,37 \cdot 10^9$ км³. Мінералізація води Світового океану є постійною. Мінералізація поверхневих вод суші, обсяг якої набагато менший обсягу вод Світового океану і складає $25 \cdot 10^6$ км³, піддається істотним змінам, викликаним постійними скиданнями техногенних, стічних вод в ріки і водойми. Ріки несуть в океан 1 млн. м³ води щодоби. Річкові води сильно забруднені, тому у Світовий океан викидається маса відходів. Забруднення Світового океану відбувається головним чином в естуаріях. Ріки України, що впадають у Чорне море, несуть значну масу забруднювачів. Тому відзначено зменшення запасів риби в морських естуаріях.

Оскільки на Землі відчувається дефіцит прісної води, то саме джерела і резервуари прісної води представляють головний об'єкт гідрологічного моніторингу. Міста України генерують масу забруднювачів, що викидаються в ріки. Склад забруднювачів пов'язаний з видами промислового виробництва в містах (табл. 4.22.).

Таблиця 4.22. Хімічні елементи в стічних водах деяких виробництв [13]

Види виробництв	Середня концентрація, мкг/ л				
	Cu	Cr	Ni	Zn	Cd
М'ясна промисловість	150	150	70	460	11
Виробництво жиру	220	210	280	3890	6
Рибна промисловість	240	230	140	1590	14
Виробництво хліба	150	330	430	280	2
Виробництво пива	410	60	40	470	5
Виробництво безалкогольних напоїв	2040	180	220	2990	3
Виробництво морозива	2700	50	110	7800	31
Фарбування текстилю					
Вироблення і фарбування хутра	37	820	250	500	115
Пральні	7040	20140	740	1730	115
Автомобільна мийка	1700	1220	100	1750	134
Води зони гіпергенезу	180	140	190	920	18
	5,58	2,9	2,31	34	0,33

Поряд з цим, різні види виробництв дають різний компонентний склад стічних вод (табл. 4.23.).

Таблиця 4.23. Склад виробничих стічних вод, що надходять у міську каналізацію, мг/дм³

Компоненти	Види виробництва, заводи			
	трансформаторні	кабельні	гальванічні	машинобудівні
Зважені речовини	10-15	20	50-100	30-150
Ефіророзчинні	1,5-2	1-5	2-5	3-20
Сухий залишок	1000-2000	300-1200	3000	3000
Хлориди	40-60	-	1000-1500	350
Сульфати	20-40	-	800-1200	500
Хром (3+)	0,28	до 0,5	-	0,3-1,2
Хром (6+)	-	до 0,1	-	-
Нікель	0,05	-	- сума	0,016-0,03
Цинк	0,18	до 0,01	важких	0,008-0,06
Мідь	0,07	до 0,001	металів	0,006-0,1
Свинець	-	до 0,1	0,1-1	-
			-	

Стічні води концентрують величезну кількість важких металів. Очищення води від них представляє великі труднощі. У міському

каналізаційному стоці відзначається деяка зміна їх хімічного складу. Так, у порівнянні з концентрацією в річковій воді спостерігається зменшення розчинних форм органічних сполук Ni і Cu (табл. 4.24.).

Таблиця 4.24. Розчинні форми сполук металів у каналізаційному стоці, мкг/дм³

Метали	Концентрація сполук важких металів			Фонова річкова вода
	загальна	органічних	неорганічних	
Нікель	56,09	10,21	45,88	8
Мідь	40,08	7,3	33,6	7,4
Цинк	50,73	11,4	39,27	32,9
Кадмій	9,25	4,4	4,85	0,61

Міські стічні води, що утворюються при випаданні рідких атмосферних опадів, представлені досить складним хімічним складом. Поверхневий стік з території міст являє собою небезпечне джерело забруднення рік (табл. 4.25.).

Таблиця 4.25. Склад дощових поверхневих вод з міських територій, мг/дм³

Компоненти	Дощова вода	Стік
Органічний вуглець	1-8	14-20
Аміак	0,01-0,4	
Нітрити	0-0,1	0,1-14
Нітрати	0,02-5	0-1,5
Азот загальний	0,5-0,9	0,1-2,5
Фосфор загальний	0,001-0,35	1,1-6,2
Кількість коліформних бактерій	-	0,09-4
		240-99100

Таким чином, можна твердити, що міські стоки досить складні за своїм складом і безумовно потребують очищення перед скиданням у ріки.

Джерелами забруднення вод морів і океанів слугують насамперед ріки, куди скидаються стічні води. Небезпечним джерелом забруднення морів і океанів є морські судна, що транспортують нафту і нафтопродукти. Нерідкі аварії на таких судах, їхня загибель. При цьому з ушкоджених суден нафта і нафтопродукти виливаються у воду. Це створює надзвичайну екологічну небезпеку. При нафтовому забрудненні води гинуть риби, птахи. Курортні місця на узбережжях,

пляжі виявляються непридатними для експлуатації. Разом з тим, забруднювачі води Світового океану помітно не змінюють сольовий склад води. Найбільш небезпечними місцями, де скидаються неочищені води стоків, є естуарії.

Крім стічних вод, у ріки надходить величезна кількість твердого стоку з річкових водозборів. Твердий стік включає такі техногенні забруднювачі як мінеральні добрива і пестициди. У ріки ж скидається дренажний стік з осушувальних і зрошувальних систем. Дренажний стік також містить значну кількість розчинних хімічних сполук (залишки мінеральних добрив, пестицидів).

Екологами відзначено, що з естуаріїв таких рік як Дунай мігрувала цінна промислова риба. Води Каркінітської затоки Чорного моря, куди надходять дренажні води з рисових зрошувальних систем, втратили свою якість і стали непридатні для функціонування дитячих здравниць, розташованих на її узбережжі.

4.5. Техногенні забруднювачі ґрунтового покриву

Техногенне забруднення ґрунту викликane переважно використанням ґрунтового покриву як природного ресурсу для вирощування сільськогосподарських культур. Разом з тим, сільськогосподарські землі, землі рекреаційних зон міст, лісові ґрунти, ділянки земель уздовж транспортних магістралей, землі, прилеглі до промислових підприємств, також забруднюються різними за своєю природою і небезпекою забруднювачами. Техногенне забруднення ґрунтів носить як локальний, так і територіальний характер. Основними видами техногенних забруднювачів сільськогосподарських земель є: хімічні, фізичні та механічні забруднювачі.

Серед *хімічних забруднювачів* ґрунтового покриву розрізняють хімічні сполуки, що є компонентами мінеральних добрив і залишки добрив. До них відносяться сполуки азоту (аміачні, калійні, нітратні солі азотної кислоти), фосфору (фосфат, суперфосфат). Серед компонентів фосфорних добрив у якості забруднювачів ґрунту розрізняють важкі метали. Ряд складних органічних сполук, що є забруднювачами ґрунту, - це залишки пестицидів. До складу пестицидів входять такі хімічні елементи як ртуть, мідь, органічні сполуки фосфору та хлору і ін. Хімічне забруднення ґрунту формується й при випаданні кислотних опадів.

Механічні забруднювачі ґрунту представлені ґрунтовою речовиною, що надходить на земельні ділянки у вигляді пилу, змитого дрібнозему. Їхній забруднюючий ефект полягає в тому, що пил і

дрібнозем забивають ґрунтові шпари, погіршуючи водно-повітряний режим ґрунту. Крім того, шар пилу і дрібнозему, який досягає товщини декількох сантиметрів і більше, перешкоджає нормальному росту рослин і часто призводить до загибелі сільськогосподарських культур, а також формує специфічні ґрунти (наносні). Разом з пилом і дрібноземом в ґрунт привносяться залишки мінеральних добрив і пестицидів. Механічне забруднення ґрунту пов'язане також з використанням ґрунтів як місця утилізації твердих техногенних і побутових відходів.

Фізичні забруднювачі ґрунту являють собою техногенні радіоактивні елементи, що потрапляють на його поверхню у вигляді радіоактивних опадів з різних джерел.

У процесі сільськогосподарського виробництва ґрунти руйнуються також водною і вітровою ерозією. У результаті формуються еродовані ґрунти, родючість яких значно менша, ніж у не еродованих ґрунтів.

Контрольні питання:

8. *На які групи поділяють антропогенні забруднювачі за здатністю акумулюватись у навколишньому середовищі?*
9. *Що розуміють під поняттям “питома забрудненість”?*
10. *На які групи поділяють хімічно активні забруднення?*
11. *Дайте визначення поняттю “екологічне нормування”.*
12. *Що розуміють під якістю атмосферного повітря?*
13. *Які є нормативи вмісту речовин – забруднювачів в атмосфері та яке їх екологічне значення?*
14. *Які нормативи якості повітря встановлюються для діючих підприємств і підприємств, що проєктуються?*
15. *Розкрийте зміст поняття “нормовані показники складу і властивостей води”.*
16. *Які норми якості покладені в основу нормування якості води культурно – побутового та господарсько – питного призначення?*
17. *Що розуміють під гранично допустимою концентрацією шкідливої речовини в ґрунті?*
18. *Які розрізняють типи екологічної ситуації стосовно забруднення ґрунту важкими металами, залишками пестицидів та радіонуклідами?*

Зміст

Передмова	3
Розділ 1. Вступ до основ моніторингу довкілля	
1.1. Техногенез та його вплив на біосферу	5
1.2. Необхідність проведення моніторингу довкілля	5
1.3. Теоретична база моніторингу довкілля	9
	12
Розділ 2. Історія формування моніторингу довкілля	
2.1. Перші відомості про спостереження людини за об'єктами і явищами природи	17
2.2. Розвиток спостережень за станом атмосфери, формування метеорологічного і кліматичного моніторингу	17
2.3. Організація гідрологічних спостережень	21
2.4. Педосфера як об'єкт досліджень	26
2.5. Спостереження за станом лісових екосистем	28
	31
Розділ 3. Екосистеми та їх складові як об'єкт моніторингу	
3.1. Атмосфера як об'єкт моніторингу	35
3.2. Педосфера як об'єкт моніторингу. Ґрунтовий покрив України	35
3.3. Агроекосистеми - об'єкт моніторингу	42
3.4. Лісові екосистеми як об'єкт моніторингу	46
3.5. Водні екосистеми як об'єкт моніторингу. Гідросфера України	51
	55
Розділ 4. Забруднювачі екосфери	
4.1. Поняття про забруднення. Класифікація забруднювачів	68
4.2. Допустимі концентрації забруднювачів в навколишньому середовищі. Екологічне нормування	68
4.2.1. Нормування якості навколишнього середовища: основні поняття та визначення	74
4.2.2. Нормування якості атмосферного повітря	74
4.2.3. Нормування якості поверхневих водних об'єктів та ґрунтових вод	77
4.2.4. Нормування якості ґрунту	87
4.3. Джерела й основні види забруднювачів атмосфери	94
4.4. Джерела й основні види забруднювачів гідросфери	102
4.5. Техногенні забруднювачі ґрунтового покриву	111

Розділ 5 Моніторинг екосистем	114
5.1. Моніторинг, його задачі і складові частини	
5.2. Класифікація моніторингу довкілля	116
5.3. Характеристика видів моніторингу довкілля	116
5.4. Методи моніторингу довкілля	118
5.5. Організація моніторингу довкілля	121
5.5.1. Картографічна основа моніторингу довкілля	124
5.5.2. Організація полігонів екологічних спостережень	132
5.5.3. Склад екологічних спостережень	132
5.5.4. Створення бази даних моніторингу довкілля	135
5.5.5. Принципи обробки даних екологічних спостережень	138
5.6. Прогнозування стану навколишнього середовища	141
5.6.1. Поняття прогнозу, класифікація прогнозів та методів прогнозування	142
5.6.2. Методики прогнозування стану навколишнього середовища	155
	159
6. Моніторинг атмосфери	
6.1. Організація моніторингу атмосфери, його завдання та функції	162
6.2. Мета і завдання метеорологічного моніторингу	
6.2.1. Організація метеорологічних спостережень в екосистемах	162
6.3. Моніторинг забруднення атмосферного повітря	
6.3.1. Методика відбору проб повітря	166
6.3.2. Методи контролю та прилади для вимірювання концентрації речовин – забруднювачів в атмосфері	167
6.4. Моніторинг забруднення атмосферних опадів	170
6.5. Аналіз даних моніторингу атмосфери	177
	186
	173
	187
Розділ 7 Моніторинг ґрунтового покриву	
7.1. Мета і завдання моніторингу ґрунтів. Види моніторингу ґрунтів	198
7.2. Організація і проведення моніторингових спостережень	198
7.2.1. Організаційні етапи ґрунтового моніторингу	
7.2.2. Програма та періодичність спостережень	217
7.2.3. Методологічне та метрологічне забезпечення моніторингових робіт. Автоматизовані системи обробки	217
	218

інформації	201
7.3. Організація і проведення фонового моніторингу	
7.4. Організація і проведення стандартного моніторингу	221
7.5. Організація і проведення кризового моніторингу	229
7.6. Організація і проведення спеціального моніторингу	232
7.7. Організація і проведення наукового моніторингу	233
7.8. Організація і проведення моніторингу земельних угідь	237
	244
	246
Розділ 8. Моніторинг гідросфери	
8.1. Мета і завдання моніторингу гідросфери	
8.2. Організація гідрологічного моніторингу	253
8.2.1. Спостереження за поточним станом режиму вод у річках, озерах, водоймищах	253
8.2.2. Спостереження за стоком наносів і каламутністю води	260
8.2.3. Визначення витрат води в річці	260
8.2.4. Спостереження за якісним складом води	267
8.3. Особливості методів і принципів обробки гідрологічних спостережень для еколого-гідрологічних прогнозів	269
8.3.1. Основні методи аналізу гідрологічних спостережень	274
8.3.2. Основи створення гідрологічних прогнозів	278
8.4. Організація спостережень за станом мариносфери	279
8.5. Аналіз даних екологічного стану поверхневих водних джерел та водоспоживання	284
	285
Розділ 9. Моніторинг агроecosystem	
	288
9.1. Поняття про агроecологічний моніторинг, його класифікація, завдання та принципи	297
9.2. Грунтовий моніторинг як складова частина агроecологічного моніторингу	297
9.3. Агрометеорологічний моніторинг як складова частина агроecологічного моніторингу	305
9.4. Моніторинг гідросфери як складова частина агроecологічного моніторингу	315
9.5. Фітоценози як об'єкт агроecологічного моніторингу	
9.6. Еколого-токсикологічна оцінка агроecosystem	331
9.7. Формування і аналіз інформаційної бази даних агроecологічного моніторингу, розробка прогнозів	333
	336

Розділ 10. Моніторинг лісових екосистем	340
10.1 Задачі і програма моніторингу лісових екосистем	
10.2 Особливості проведення моніторингу лісових екосистем	352
10.3 Спостереження, аналіз даних моніторингу лісових екосистем	352 361
10.4. Аналіз даних моніторингу лісових формацій, прогнозування стану лісових екосистем	370 372
Показник основних понять та термінів	
Література	375 384

ПОКАЖЧИК ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ ТА ТЕРМІНІВ

- Автотрофи 57
- Агробіогеоценоз 44
- Агроекосистеми структури 47
 - видова 45
 - надземна 47
 - підземна 48
 - просторова 47
 - ярус верхній 49
 - ярус культурний 48
 - ярус нижній 49
 - ярус середній 49
- Агрофітоценоз 45
- Аеробіосфера 34
- Аеросфера 34
- Аналіз якісний 178
 - кількісний 178
- Апвелінг 57
- Асимілююча здатність водного об'єкта 86
- Атмосферне повітря 76
- Атмосфери забруднення 75, 101
 - акустичне 104
 - теплове 109
- Атмосферного повітря норматив якості 76
 - якість 75
- Аутвелінг 57
- База інформаційна 139
- Бентос 57
- Біолокація 129
- Біохімічна потреба в кисні (БПК) 91
- Біоценоз 44
- Виділ таксаційний 350
- Витрати води річок на зарегульованих ділянках 89
 - незарегульованих ділянках 89
- Витрати скидів зворотних вод 89
- Вод зворотних склад 89
- Вода дренажна 89
 - скидна 89
 - стічна 89
- Води якість природна фоновіа 89
- Води якість у фонових створах 89
- Водойми проточні 55
 - стоячі 55
 - штучні 64
- Географічна інформаційна система (ГІС) 143
- Гідрологічних прогнозів завдання 276
- Гідрологічних спостережень програма 254
- Гранично допустимий викид (ГДВ) 81
 - скид (ГДС) 90
- Грунтового покриву функції 27
- Грунту екологічна стійкість 3
 - екологічний паспорт 95
 - екологічний стан 93
 - санітарно – гігієнічний стан 94
- Дефоліація 356
- Дехромація 358
- Джерело викиду 75
 - пересувне 75
 - стаціонарне 75
- Дослідження дистанційні 136
 - ландшафтів геохімічні 137
 - ландшафтно-індикаційні 137
- Екологічне прогнозування 153
- Екологічних полігонів обгрунтування вибору 134
 - організація 133
 - розміщення 133
- Екологічних спостережень база даних 139
- Екологічного полігону розмір площі 35
- Екологічної інформації банки 139
 - первинна обробка 141
- Екосистеми лісові 50
- Естуарії 58
- Еталон ґрунтовий 223

- Забрудненість питома 69
- Забруднення навколишнього середовища 66
- Забруднювач 68, 76
- антропогенний 71
 - біологічний 70, 71
 - грунту механічний 113
 - грунту фізичний 113
 - грунту хімічний 112
 - загальносоматичний 71
 - канцерогенний 71
 - мутагенний 71
 - подразнювальний 71
 - сенсibilізуючий 71
 - середовищ екологічних 66
 - фізичний 70
 - хімічний 70
- Забруднювача
- доза 68
 - коефіцієнт накопичення (КН) 137
 - коефіцієнт переходу (КП) 137
- Закон взаємозамінності (компенсації) факторів Е. Рубеля 12
- єдності організм – середовище 12
 - зниження енергетичної ефективності природокористування 15
 - критичних величин фактора 13
 - Ліндемана або правила 10% 14
 - мінімуму Ю. Лібіха 13
 - незамінності фундаментальних факторів В. Вільямса 12
 - незворотності взаємодії людина – біосфера П. Дансеро 14
 - неоднозначної дії фактора на різні функції 12
 - обмежуючих факторів Ф. Блекмана 13
 - одностороннього потоку енергії в біоценозах 14
 - толерантності В. Шелфорда 13
 - фазових реакцій 14
- Кількість проб 173
- Комбінованої дії коефіцієнт 83
- Контрольний створ 87
- Концентрація
- орієнтовно допустима 74
 - речовини середньодобова 77
 - гранично допустима (ГДК) 76, 87
 - гранично допустима максимальна разова (ГДК_{мр}) 76
 - гранично допустима середньодобова (ГДК_{сд}) 77
 - гранично допустима робочої зони (ГДК_{рз}) 77
 - тимчасово допустима 74
 - фонова 83, 191
 - домішок в атмосфері разова 167
 - домішок в атмосфері середньодобова 167
 - домішок в атмосфері середньомісячна 167
 - домішок в атмосфері середньорічна 167
 - забруднювача у воді 87
- Кризова ситуація 230
- Критерії оцінки осушених земель 234
- Крони
- верхівка 359
 - висота 359
 - висота відносна 358
 - основа 359
 - щільність 357
- Ксенобіотики 73
- Ландшафт меліоративний 120
- Лісів категорії 52
- Лісу екологічні функції 50
- Магнітосфера 107
- Метод внутрішнього

- фільтрування 180
 - експертної оцінки 155
 - екстраполовання 155
 - зовнішнього фільтрування 179
 - індикаційний 179
 - контролю 174
 - лізіметричний 322
 - математичного моделювання 155
 - органолептичний 179
 - прогнозування 154
 - трендів 152
- Міграція 67
- Мікроклімат 317
- Модель
 - багатовимірна 149
 - геофізична 156
 - динамічна 149
 - дискретна 151
 - екологічна 150
 - математична 149
 - матрична 149
 - нелінійна 150
 - оперативна 159
 - оптимізаційна 149
 - планувальна 159
 - проектувальна 159
 - регресійна 157
 - стохастична 149
- Моніторинг атмосфери 160
 - геосистемний 122
 - гідрологічний 254
 - гідросфери 246
 - гідросфери загальний 246
 - гідросфери кризовий 246
 - гідросфери суші 121
 - гідросфери фоновий 246
 - ґрунтів 192
 - ґрунтів виробничий (стандартний) 193, 226
 - ґрунтів кризовий 193, 227
 - ґрунтів науковий 193, 238
 - ґрунтів спеціальний 193, 231
 - ґрунтів фоновий 193, 223
 - дистанційний 124
 - глобальний 117
 - локальний 116
 - регіональний 117
 - національний 117
 - кліматичний 122
 - компонентний 122
 - мариносфери 277
 - метеорологічний 163
 - наземних екосистем 118
 - лісовий 119
 - параметричний 122
 - природо – заповідний 119
 - промислово – техногенних ландшафтів 121
 - радіоекологічний 235
 - санітарно – гігієнічний 122
 - Світового океану 121
 - агроекологічний 290
 - агроекологічний локальний 295
 - агроекологічний регіональний 295
 - агроекологічний територіальний 295
 - агрометеорологічний 308
 - довкілля 23, 114
 - Моніторинг лісів 344
 - екстенсивний 346
 - інтенсивний 346
 - радіаційний 346
 - меліоративний зрошуваних земель (ММЗ) 231
 - меліоративний осушуваних земель (ММО) 233
- Моніторингу агроекологічного
 - види 295
 - виробнича підсистема 291
 - завдання 290
 - мета 290
 - методи 291
 - наукова підсистема 291
 - принципи 290
 - блок агрофітоценотичний 294
 - блок гідрологічний 295

- блок ґрунтовий 294
- блок метеорологічний 294
- блок санітарно – гігієнічний 295
- Моніторингу атмосфери завдання 160
 - суб'єкти 161
- Моніторингу гідрологічного завдання 254
- Моніторингу гідросфери завдання 248
 - метрологічне забезпечення 253
 - науково – методичне забезпечення 253
 - нормативно – правова база 253
 - об'єкти 247
 - суб'єкти 247
- Моніторингу ґрунтів етапи 211
 - завдання 193
 - об'єкти 211
- Моніторингу довкілля види 118
 - задачі 114
 - класифікація 116
 - нормативно – правова база 115
 - об'єкти 115
 - суб'єкти 115
 - типи 118
 - рівні 116
 - функція 115
- Моніторингу земельних ресурсів завдання 240
 - інформаційна система 241
- Моніторингу лісів завдання 344
 - локальний рівень 344
 - полігон 352
 - територіальний рівень 345
- Моніторингу мариносфери задачі 277
 - періодичність 279
- Моніторингу меліоративного зрошуваних земель (ММЗ) завдання 232
 - об'єкти 231
 - рівні 232
- Моніторингу метод контактний 123
- Моніторингу методи біологічні 123
 - геофізичні 123
 - геохімічні 123
 - дистанційні 123
- Моніторингу радіоекологічного завдання 235
- Нектон 57
- Норматив вмісту забруднюючої речовини у відпрацьованих газах газах пересувного джерела 76
 - гранично допустимого викиду 80
 - перспективний 80
 - поточний 80
 - технологічний 80
- Нормовані властивості води 86
 - показники 86
 - речовини 86
- Нормування екологічне 72
 - якості навколишнього середовища 72
- Орієнтовно безпечний рівень впливу 74
- Педосфера 41
- Пелагіалі 58
- Перифітон 57
- Перифітон 57
- Планктон 57
- Планктон 57
- Поріг безпечної дії хімічних речовин 97
- Поріг шкідливої дії 73
- Пости спостережень 166
 - маршрутні 166
 - підфакельні 166
 - стаціонарні 166
- Правило біологічного

підсилення 15
Вант – Гоффа – Арреніуса
15
географічного оптимуму 15
раптового посилення
патогенності 15
Прогноз 154, 239
Прогнозів види 154
Прогнозів гідрологічних
завдання 276
Прогнозування 153
довгострокове 156
екологічне 153
методи 154
оперативне 156
стану водних об'єктів 251
Програма контролю добова
167
повна 167
скорочена 167
Речовина шкідлива 73
Рівень пестицидного
навантаження 97
Робоча зона 77
Сапрофіти 57
Стан води добрий 282
задовільний 282
поганий 282
Ступінь дефоліації 365
Таксація 350
Таксаційний виділ 350
Твердих часток втрата 260
Територій екологічний стан 95
Технологічний норматив
допустимого викиду
забруднюючої речовини 76
Тимчасово погоджений викид
(ТПВ) 82
Тимчасово погоджений скид
(ТПС) 88
Фаготрофи 57
Хімічна потреба в кисні (ХПК)
91
Шкода від забруднення 69
кількісна 69
якісна 70
Шкідлива речовина 73
Шкідливих речовин
комбінована дія 73

ЛІТЕРАТУРА

1. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель (методично-нормативне забезпечення). За заг. ред. акад. УААН В.П. Патики, акад. УААН О.Г. Тараріка. – Київ, 2002. – 295 с.
2. Алиев С.А. Биоэнергетика органического вещества. – Баку: Изд-во «Элм», 1973. - 66 с.
3. Андрейцев В.І. Правовий режим використання, відновлення та охорони земель. В кн. Екологічне право. – К.: Істина, 2001. – С. 194 – 316..
4. Антропогенні зміни клімату. - М. - 1987.
5. Атласное картографирование охраны природы и использование природных ресурсов. Анализ карт зарубежных атласов. Научное пособие. – М.: 1987. – 398 с.
6. Атласное картографирование охраны природы и использование природных ресурсов. Анализ карт советских атласов. Научное пособие. - М., 1988. - 683 с.
7. Бакка М.Т., Пирський О.А. Екологія та захист ноосфери. – Житомир: РВВ ЖІТІ, 1998. – 236 с.
8. Балюк С.А., Блохіна Н.М., Білолипський В.О. Методика моніторингу земель, що перебувають у кризовому стані. – Харків, 1998. – 88 с.
9. Балюк С.А., Барахтан В.О., Лазебна М.Є. Методика визначення складу та властивостей ґрунтів. Кига 1. – Харків, 2004.-212 с.
10. Боков В.А., Лущик А.В. Основы экологической безопасности. – Симферополь: СОНАТ, 1998. – 224 с.
11. Богобожий В.В., Чурбанов К.Р., Палій П.Б., Шмандій В.М. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
12. Букша І.Ф. Концептуальні положення моніторингу лісів України // Лісівництво і агролісомеліорація. - 2001.- Вип.100 - с.13-16.
13. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорева. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
14. Гайнріх Д., Гергт М. Екологія: dtv-Atlas: Пер. з 4-го нім. вид./ Наук. ред. пер. В.В. Серебряков. – К.: Знання - Прес, 2001. – 287 с.
15. Генсірук С.І., Бондар В.С. Лісові ресурси України, їх охорона і використання. – Львів: 1973. - 527 с.

16. ГОСТ 17.1.01.-77 (СТ СЭВ 3544-82). Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
17. ГОСТ 17.2.1.03.84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения.
18. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.
19. ГОСТ 17.2.3.02.-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
20. Гранично допустимі концентрації (ГДК) і орієнтовано безпечні рівні впливу (ОБРВ) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів. - К.: Мінекобезпеки України, 1994.
21. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища. Львів: Афіша.-2001.-272 с.
22. Дідора В.Г. Агроекологічне обґрунтування технології вирощування льону – довгунця. – Житомир, 2003.- 273 с.
23. Долгілевич М.И., Швобс Г.И., Зыков И.Г. Прогнозирование и предупреждение эрозионных процессов. – М.: Колос, 1992. - 148 с.
24. Долгілевич М.Й. Метеорологія і кліматологія. – Житомир: РВВ ЖІТІ, 2001. - 242 с.
25. Долгілевич М.Й., Вінничук М.М. Загальна екологія. Навч. посібник. – Житомир: РВВ ЖІТІ, 2000. – 158 с.
26. Долина Л.Ф. Мониторинг окружающей среды и инженерные методы охраны биосферы. – Днепропетровск, 2002. – 208 с.
27. Долина Л.Ф. Мониторинг окружающей среды и инженерные методы охраны биосферы. Часть 1. Основы мониторинга. Днепропетровск: Континет L - 2002.- 209 с.
28. Досвід подолання наслідків Чорнобильської катастрофи / Надточій П.П., Малиновський А.С., Можар А.О. і ін. - Київ: Світ, 2003. - 372 с.
29. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. – К.: Мінприроди України, 1994. – 37 с.
30. Жарінов В.І., Довгань С.В. Словник – довідник по агроекології. – Київ, 2001. – 374 с.
31. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм. №12-щ 4-11 від 9.08. 1990 р.
32. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології. – К.: Вища

- школа, 2001. – 358 с.
33. Злобін Ю. А. Основи екології. - К.: Лібра, 1998. - 248 с.
 34. Измалков В.И. Экологическая безопасность, методология прогнозирования антропогенных загрязнений и основы построения химического мониторинга. - СПб., 1994. - 131 с.
 35. Израель Ю.А. Экология и контроль состояния природы. - М.: Гидрометеиздат, 1984. - 560 с.
 36. Инженерная защита окружающей среды: в примерах и задачах. Учебное пособие. Под редакцией Воробьева О.Г. Санкт – Петербург, 2002.-288 с.
 37. Инженерная экология: Учебник /Под. ред. проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.
 38. Керівний нормативний документ. Еколого-агрохімічна паспортизація полів та земельних ділянок. За редакцією акад. О.О. Созінова. - Київ, 1996. - 37 с.
 39. Климат Украины / Под ред. Приходько Г.Ф., Ткаченко А.В., Бибиченко В.Н. - Л.: Гидрометеиздат.-1967.-415 с.
 40. Климат Украины. – Киев: Изд-во Раевского, 2003 - 343 с.
 41. Ковда В.А. Биосфера, почвы и их использование. - М.: Изд-во АН СССР, 1974. - 128 с.
 42. Лісове господарство України. – Видавничий дім “ЕКО – інформ”, 2005. – 48 с.
 43. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. - М.: 2001.
 44. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. М.: Высшая школа, 2001 - 510 с.
 45. Мацнев А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Практикум з моніторингу та інженерних методів охорони довкілля. – Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”, 2002. - 463 с.
 46. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. - Харьков: ПФ «Антиква», 2002. – 428 с.
 47. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води /Л.Г.Руденко та ін. - К.: СИМВОЛ-Т, 1998. - 48 с.
 48. Методика моніторингу земель, що перебувають в кризовому стані / Заключне доопрацювання і редагування: Медведев В.В., Лактіонова Т.М. – Харків: РВВ ХДАУ, 1998. – 88 с.
 49. Методика проведення комплексу моніторингових робіт у системі Держводгоспу. Частина 1. Комплекс моніторингових робіт на масивах зрошення України. Методи виконання

- аналізів і визначення показників еколого – меліоративного стану земель. К.: Інститут гідротехніки і меліорації.-2002.- 95 с.
50. Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 94 с.
 51. Методика расчёта предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ в водные объекты сточными водами. - Х.: ВНИИВО, 1990. - 113 с.
 52. Методичне керівництво по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України. - НТД №03-04-92. - К.: Мінприроди України, Держкомводгосп України, УНІВЕРП, 1992. - 40 с.
 53. Мислива Т.М., Сич О.В., Чубик Т.М. Забруднення важкими металами селітебної зони м. Житомира. - 4-та міжнародна науково-практична конференція “Проблеми сільськогосподарської радіології: роки після аварії на Чорнобильській АЕС” – Житомир, 2003. – С. 136 – 138.
 54. Моніторинг довкілля. Навчально - методичний посібник / Під ред. С. Х. Кубланова. К., 1998. - 92 с.
 55. М'якушко В.К., Мельничук Д.О., Вольвач Ф.В. Сільськогосподарська екологія. – К.: Урожай, 1992. – 264 с.
 56. Надточій П.П., Вольвач Ф.В., Гермашенко В.Г. Екологія ґрунту та його забруднення. – К.: Аграрна наука, 1997. – 286 с.
 57. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. 1. - К.: Вид-во Раєвського, 1998. - 96 с.
 58. Організація і ведення еколого – меліоративного моніторингу. Частина 1. Зрошувані землі. К.: Державний комітет України по водному господарству.-2002.- 66 с.
 59. Охрана ґрунтів /Шукула М.К., Гнатенко О.Ф., Петренко Л.Р., Капштик М.В. – К.: Знання, КОО, 2001. – 398 с.
 60. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Уч. пособие для инженеров - экологов. /Под ред. А.Ф.Порядина и А.Д. Хованского - М.: НУМЦ Минприроды России: Изд. дом. “Прибой”, 1996. - 350 с.
 61. Порядок організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. – Постанова Кабінету Міністрів України від 9 березня 1999 р. №343.
 62. Правила охраны от загрязнения прибрежных вод морей. - М., 1984. – 108 с.
 63. Родючість ґрунтів: моніторинг і управління / За ред. В.В. Медведєва. – К.: Урожай, 1992. – 246 с.

64. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 183 с.
65. Холоша В.И., Иванов Ю.А., Шестопапов В.М., Архипов А.Н. Барьеры безопасности Чернобыльской зоны отчуждения. Матеріали міжнародної конференції “П’ятнадцять років після Чернобыльської катастрофи. Досвід подання”. – Київ: Чернобыльінтерформ, 2001. - с. 44-51.
66. Яцик А.В. Водогосподарська екологія. Т.1, кн.1 - 2. К.: Генеза, 2003. –400с.
67. Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні. – Київ: Генеза, 2000. - 215 с.
68. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. – К.: Генеза, 1997. – 640 с.

Навчальне видання

**Мислива Тамара Миколаївна
Долгілевич Марат Йосипович**

**Основи моніторингу
довкілля
Навчальний посібник**

Редактор: *Конончук Т.В.*
Комп'ютерна верстка та дизайн *Конончук Т.В.*

Підписано до друку 29.10.2007 р.
Формат 60 x 90 1/16. Папір друкарський. Гарнітура «Times New Roman».
Ум. друк. арк. 21,6. Тираж 300 пр. Зам. № 60

Державний вищий навчальний заклад
«Державний агроєкологічний університет», 2007
бульвар. Старий, 7, м. Житомир, 10008
свідоцтво від 18.04.2007 р., серія ДК №2830