

А.К. Запольський, А.І. Салюк

ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ



«ВИЩА ШКОЛА»

УДК 574 (075.8)

ББК 28.081я73

3-33

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(лист від 26 червня 2001 р. № 14/18.2-972)

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. *І. М. Астрелін* (Національний технічний університет України «КПІ»), д-р техн. наук, проф. *О. Я. Лобойко* (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»)

Редакція літератури з природничих наук
Редактор *Л. Є. Канівець*

Запольський А. К., Салюк А. І.

3-33 **Основи екології: Підручник / За ред. К. М. Ситника. — К.: Вища шк., 2001. — 358 с.: іл.**
ISBN 966-642-059-7

Викладено основні теоретичні положення загальної екології. Розглянуто аспекти прикладної екології з охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки. Особливу увагу приділено раціональному використанню сировини, тепло-і енергоресурсів, води, атмосферного повітря, а також безвідходних і маловідходних технологій у виробництві. Висвітлено загальні принципи екологізації виробництва та екологічного менеджменту. Наведено відомості про сучасну організацію та правову систему управління екологічною безпекою довкілля, державну програму охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та екологічну безпеку. Окремі розділи присвячено екології міських екосистем, радіаційній екології, екологічним проблемам космосу, військово-промислового комплексу.

Для студентів техніко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів.

УДК 574 (075.8)

ББК 28.081я73

© А. К. Запольський,
А. І. Салюк, 2001

© Від наукового редактора,
К. М. Ситника, 2001

ISBN 966-642-059-7

Останні два-три десятиріччя екологія, як одна з фундаментальних наук природознавства, привертає меншу увагу дослідників, ніж це було багато років тому. Це пояснюється, з одного боку, завершеністю вивчення більшості природних закономірностей, які характеризують взаємовідносини між біорізноманітністю рослин, мікроорганізмів і тварин та залежність останніх від неживої природи, а з іншого — виникненням нових проблем, породжених антропогенними змінами в біотичному й абіотичному середовищах. Біологи широкого профілю, ботаніки, зоологи, мікробіологи, екологи, медики, технологи, філософи, економісти, інші фахівці почали приділяти велику увагу вивченню навколишнього середовища, виникли нові науки з вивчення довкілля, які дістали загальну назву «інвайронментологія» («інвайронменталістика»).

На жаль, усі дослідники, які вивчають зміни, що відбуваються в довкіллі під впливом діяльності людини чи створюють безвідхідні або маловідхідні технології, які сприяють покращанню стану довкілля, вважають себе екологами, не маючи навіть уявлення про зміст і предмет науки екології. Я ж вважаю, що краще дотримуватись міжнародних підходів до наукових визначень та наукової термінології. Тому закликаю колег користуватися при розгляді проблем наук про довкілля термінами й поняттями, прийнятими в усьому науковому світі. Водночас я розумію, що певний час в умовах нашої української дійсності можна користуватись і поняттям «прикладна екологія», як це роблять автори підручника А. Запольський і А. Салюк.

Ці вчені бачать основне завдання прикладної екології у вивченні загальних закономірностей впливу антропогенної діяльності на навколишнє природне середовище. Автори розглядають три основні напрями прикладної екології — раціональне природокористування, захист навколишнього природного середовища від забруднень антропогенного походження та забезпечення екологічної безпеки стабільного функціонування природних екосистем.

Нечувані темпи зростання чисельності населення планети та його потреб призвели до використання надзвичайно великих обсягів різних природних ресурсів і утворення величезної кількості різноманітних відходів. Результатом активної людської діяльності є забруднення води, повітря і ґрунту, глобальне потепління на планеті, руйнування озонового шару атмосфери, випадіння кислотних опадів, вичерпання багатьох природних ресурсів, спустелювання планети тощо. Ці зміни в довкіллі набули загрозливого характеру для подальшого існування людської цивілізації та супроводжуються екологічними кризовими явищами.

У цих умовах узгодження взаємодії людського суспільства з природою потребує певних екологічних знань. Вони необхідні для того, щоб суспільство могло цілеспрямовано поліпшувати навколишнє природне середовище, зберігати єдність з природою. Основи екології вивчають в усіх вищих навчальних закладах України. Актуальним завданням є запровадження екологічної освіти в середній школі. Автори підручника з основ екології добре зробили, що значну увагу приділили висвітленню питань загальної (фундаментальної) екології. Це збагатить теоретичну підготовку майбутніх фахівців.

Сподіваюсь, що підручник А. К. Запольського і А. І. Салюка, написаний доброю мовою і на сучасному науковому рівні, буде корисним студентам техніко-технологічних спеціальностей вищої школи, а також усім, хто цікавиться проблемами прикладної екології.

Академік Національної
академії наук України
К. М. Ситник

Цієї роботи надруковано в 2004 році. Вона є результатом співпраці двох авторів, які працювали над нею протягом декількох років. Вона є результатом спільної роботи двох авторів, які працювали над нею протягом декількох років. Вона є результатом спільної роботи двох авторів, які працювали над нею протягом декількох років.

12.1. ЕКОЛОГІЯ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

Останнім часом набули значного розвитку новітні напрями прикладної екології: екологія міських екосистем, екосистем космосу, військово-промислового комплексу, екологічна освіта та виховання, радіаційна екологія, правові й політичні засади екології та ін. З розвитком містобудівництва та значним зростанням чисельності міського населення великого значення набуває розвиток екології міських екосистем — урбоекологія.

Урбоекологія (лат. urbanus — міський) — галузь знань, що займається вивченням містоутворення і дослідженням взаємозв'язків людських поселень між собою та з навколишнім природним середовищем у міських екосистемах. За визначенням Європейської конференції (Прага, 1949), містом вважається компактне поселення з мінімальною чисельністю населення 2000 чоловік. Категорію міста присвоюють населеному пункту згідно з чинним національним законодавством.

Чисельність міського населення безперервно зростає. Одночасно виникають величезні житлові та промислові поселення з населенням у мільйони й десятки мільйонів чоловік. Якщо до 1800 р. єдиним містом у світі з населенням 1 млн чоловік був Лондон, то в 1900 р. таких міст налічувалося 12, на початок другої світової війни — 42, у 1960 р. — 88. Нині в усьому світі налічується понад 160 міст з мільйонним населенням. За станом на 01.01.1997 р. у світі налічується 94 міста з населенням понад 2 млн чоловік. З'явилися міста-мегаполіси (міста з приміськими поселеннями), чисельність населення в яких становить 10 млн чоловік і більше (Нью-Йорк, Мехіко, Токіо, Сан-Паулу, Бостон, Шанхай, Делі, Лондон, Москва та багато інших). Значно зростає чисельність населення і в містах України. Так, порівняно з довоєнним періодом кількість населення в обласних центрах збільшилася: у Львові — у 2,3 раза, в Луцьку, Житомирі, Рівному — у 4,5—6, у Дніпропетровську, Кривому Розі, Києві — у 7—10 разів. У Києві нині мешкає близько 3 млн чоловік. Великі мегаполіси сформувалися в Донбасі: Донецьк—Макіївка—Горлівка, Краматорськ—Костянтинівка—Слов'янськ та ін.

Інтенсивність урбанізації в країнах істотно залежить від рівня їх промислового розвитку. В індустріально розвинених країнах рівень урбанізації становить лише 10 %, тоді як у найбільш розвинених — 60—70 %. У міру промислового зростання ступінь урбанізації країн, що розвиваються, наближається до рівня промислово розвинених. Зростатимуть і міста промислово розвинених країн. Очікується, що в перспективі населення Землі мешкатиме переважно в містах.

З усієї поверхні Землі — 510 млн км² — площа суші, як відомо, становить 146 млн км², а площа суші, придатна для життя за кліматичними умовами, — 70,6 млн км², тобто не більш як 3 % загальної площі суходолу. Площа, придатна для міської забудови, становить 28,1 млн км².

Середня густина населення в сучасних умовах становить 50 чол/км², тоді як у містах у 10 разів вища — 500 чол/км². За даними ООН, у містах більшості розвинених країн нині мешкає 75—80 % загальної кількості населення (табл. 12.1).

Причинами зростання міст та їх ролі в господарюванні є ефективніше використання природних і людських ресурсів для найповнішого задоволення різнобічних суспільних та особистих потреб людини — біологічних, економічних, соціальних та ін. Отже, головною метою урбоекології є пошук оптимальних рішень містобудування, спрямованих на поліпшення умов життя та всебічну раціоналізацію природокористування в межах території міської забудови. При цьому потрібно вирішувати комплекс проблем, пов'язаних з функціонуванням міських екосистем: рекреаційних, еколого-економічних, інженерно-технічних, соціального обслуговування тощо. Впродовж останнього часу темпи зростання території міст удвічі перевищують темпи зростання чисельності їх населення, тому густина населення в містах зменшується. Отже, площа під забудову міст буде по-

Таблиця 12.1. Показники урбанізованості населення Землі (станом на 01.01.1995)

Континент	Загальна чисельність населення, млн чол.	Чисельність міського населення, млн чол.	Частка країн з показниками урбанізованості, %						Середня урбанізованість, %
			<20	20—40	40—60	60—80	>80	Немає даних	
Австралія і Океанія	27,9	19,6	25,0	25,0	0	0	16,67	33,33	70,25
Азія	3322,6	1097,1	15,91	25,0	22,73	18,18	13,64	4,55	33,02
Америка (Північна)	386,2	286,5	0	0	0	100	0	0	74,17
Америка (Центральна і Південна)	382,2	268,0	0	18,75	37,5	18,75	15,63	9,38	70,12
Африка	720,4	222,2	15,38	51,92	21,15	5,77	1,92	3,85	30,84
Європа	750	535,7	0	6,67	24,44	40	20	8,89	71,43

трібна в зростаючій кількості. При цьому також значно зростають потреби в харчових продуктах, воді, енергії та інших життєвих ресурсах. Зростання споживання природних ресурсів ускладнює екологічні проблеми урбанізації. Особливого значення набувають завдання з охорони довкілля.

До складу об'єктів міського господарства входять різні споруди та підприємства, що забезпечують функціонування міста. До них належать системи забезпечення продовольчими й господарськими товарами, водопостачання та водовідведення, енергопостачання, зв'язку, газо- і теплозабезпечення, міського транспорту, благоустрою і санітарного стану міської території, а також водойми та зелені насадження. Чим більше місто, тим складніші системи життєзабезпечення. Одним із найважливіших завдань міського господарства є створення належних умов для задовільного функціонування складної соціально-еколого-економічної системи.

У процесі функціонування систем життєзабезпечення міста споживається значна кількість різних природних ресурсів та створюється величезна кількість газоподібних, рідких і твердих відходів (табл. 12.2).

Водопостачання має цілодобово забезпечувати населення й промислові підприємства водою належної якості, що відповідає державним стандартам. Задовільно виконати це завдання не завжди вдається. У більшості міст України якість питної води не відповідає санітарним нормам. Тому поряд з централізованим водопостачанням у містах все більшою мірою використовують децентралізоване постачання населення водою, яку добувають з глибинних підземних горизонтів.

У результаті споживання значної кількості води утворюється багато промислових і побутових стічних вод. Щодоби на одного мешканця міста припадає в середньому 0,1—0,4 м³ побутових стічних вод. Кількість таких стоків залежить від густоти населення і становить 10—15 тис. м³/рік на 1 га житлової забудови. Вміст забруднювальних речовин у каналізаційних водах, що припадає на одного мешканця міста на добу, становить, г/л: завислі речовини — 65, амонійний нітроген — 8, органічні речовини (за БСК_{повн}) — 35—40, хлориди — 9, фосфор — 1,7.

*Таблиця 12.2. Споживання і відходи міста з населенням 1 млн чол.
(за Г. В. Стадницьким і А. І. Радіоновим)*

Види споживання та їх обсяг, т /добу		Види відходів та їх обсяг, т /добу	
Вода	625 000	Стічні води	500 000
Продукти харчування	2000	Тверді відходи	2 000
Енергетичні матеріали:		Газоподібні викиди:	
газ	2700	пил	150
нафта	2800	оксиди сульфуру	150
бензин	1000	оксиди нітрогену	100
вугілля	4000	оксид карбону (IV)	450
		органічні речовини	100

Під час опадів утворюються зливі стоки, забруднені різними речовинами — зависями, солями, поверхнево-активними речовинами та ін. Основними джерелами забруднення зливого стоку в містах є:

- сміття з поверхні покриття;
- продукти ерозії ґрунтів;
- продукти руйнування дорожнього покриття та автомобільних покришок;
- розливання нафтопродуктів та втрати інших матеріалів;
- сміттєзбірні майданчики;
- газодимові викиди в атмосферу енергетичними системами, автомобільним транспортом та промисловими підприємствами.

З одного гектара території великих промислових міст під час зливи виноситься у водойми в середньому, кг: завислих речовин — 2000—2500, органічних речовин (за БСК_{повн}) — 140—200, нафтопродуктів — 60—100, азоту — 4—6, фосфору — 1—1,5, мінеральних солей — 400—600.

Зливі стоки з територій підприємств залежать від асортименту та кількості вироблюваної продукції. Так, з територій підприємств нафто- і коксохімічної промисловості надходять зливі стоки, що містять, мг/л: смол і мастила — до 200, амонійного азоту — до 20, роданідів — до 5, фенолів — до 3. З територій заводів, що виробляють мінеральні добрива, з дощовою водою виноситься амонійного азоту — 200, фосфатів — до 100, фтору — до 100 мг/л. З територій заводів, які виробляють кольорові метали, утворюються зливі стоки, що містять, мг/л: міді — до 100, кадмію — до 40, цинку — до 15, алюмінію — до 5, титану — до 3, свинцю — до 3, арсену — до 75, фтору — до 200.

У містах у значній кількості утворюється побутове сміття, поховання та перероблення якого є досить складною проблемою. Так, кількість побутового сміття, що припадає на одного мешканця міста, становить 160—190 кг/рік. Загальна кількість сміття, що утворюється на одного мешканця, — 250—300 кг/рік. Для поховання 1 т побутових відходів потрібно 3 м² території. До складу побутового сміття входять, %: харчові відходи — 43,5, папір — 28,3, шкіра та гума — 5,1, пластмаса — 2,6, метал — 5, скло — 5,5. На звалищах побутових відходів вже через рік після їх складування утворюється біогаз, що містить 54 % метану і 46 % оксиду карбону (IV). З однієї тонни побутового сміття виділяється 11,4 тис. м³ біогазу. Термін знешкодження міського сміття на звалищах становить 50—100 років, на компостувальних заводах — 3—4 доби, на сміттєспалювальному заводі — менше доби.

Ґрунти на території міст забруднюються різними сторонніми речовинами, які поділяють на механічні, хімічні та біологічні. До механічних забруднень належить будівельне сміття, бите скло, кераміка та інші матеріали, що негативно впливають на механічні властивості ґрунтів. Хімічні забруднення пов'язані з потраплянням у ґрунти різних хімічних речовин, що призводить до зміни природної концентрації хімічних елементів, яка може перевищувати встановлені нормативами ГДК. Біологічні забруд-

нення спричиняють внесені в ґрунти різноманітні мікроорганізми, що погіршують бактеріологічні, гельмінтологічні та ентомологічні показники стану ґрунтів і визначають рівень епідеміологічної небезпеки в місті.

Під впливом зміни рельєфу, регулювання поверхневого стоку, втрат з водонесних комунікацій може спостерігатись підвищення рівня ґрунтових вод та підтоплення. Водонасичення ґрунтів знижує їх міцність і призводить до деформації та руйнування будівель. З метою захисту від зсувів та обвалів крутосхилів здійснюють різні інженерні заходи: зміну рельєфу схилу, регулювання стоку поверхневих вод, агро меліорацію, закріплення пухких і тріщинуватих порід, будівництво споруд для закріплення схилів тощо.

Фізичні забруднення міста виявляються в місцевій зміні температурного, електричного, магнітного та йонізаційних полів і вібрацій, які значно перевищують природний фон. Інтенсивність шуму в містах промислово розвинених країн щороку збільшується на 0,5—1 дБ. Рівні шуму на міських вулицях становлять 85—87 дБ, що зумовлює зашумленість міських територій.

Основними забрудниками атмосферного повітря в містах є об'єкти енергетики, промисловості й транспорт. У великих містах формується власний мікроклімат. Істотно змінюється вологість, аеродинамічні, термічні та радіаційні характеристики. Можуть спостерігатися локальні підвищення температури повітря порівняно з температурою навколишнього середовища та утворюватися смоги. На формування міського мікроклімату впливають викиди теплоти й зміна режиму сонячної радіації, пилогазові викиди промислових підприємств і транспорту, зміна теплового балансу за рахунок випаровування, рельєф місцевості, що створюється міською забудовою, тощо. В загазованих містах від раку легенів помирає значно більше людей, ніж у віддалених передмістях. Зростає кількість захворювань на ларингіт, фарингіт, кон'юнктивіт, екзему, пневмонію, інфаркт міокарда, бронхіальну астму, алергічні та інші хвороби.

Охорону атмосферного повітря в місті можна здійснювати шляхом організації санітарно-захисних зон, архітектурно-планувальних рішень та інженерно-організаційних заходів, до яких належить використання безвідходних та маловідходних технологій, а також різні методи очищення газодимових викидів.

Місто є середовищем не тільки для проживання людей, а й для існування різних видів рослин і тварин. Частково вони існують в одомашненому (окультуреному) стані, інші ж можуть жити тільки в специфічних домашніх умовах (оранжереях, теплицях, акваріумах тощо). Зустрічаються також дикорослі рослини та дикі тварини.

Зелені насадження крім естетичного призначення мають значний вплив на поліпшення міського мікроклімату, властивостей ґрунтів, очищення повітря від забруднювальних речовин та збудників хвороб, шумопоглинання тощо. Разом з тим деякі рослини можуть зумовлювати алергічні реакції. Багато тварин і мікроорганізмів є збудниками чи переносниками хвороб.

Особлива роль належить зеленим зонам за межами міст, до складу яких входять ліси й лісопарки. Вони виконують три основні функції: захисну, санітарно-гігієнічну та рекреаційну. Загальні розміри зелених зон встановлюють залежно від чисельності населення, природно-кліматичної зони та загальної лісистості території. Розмір лісопаркової зони встановлюють залежно від чисельності населення міста (табл. 12.3).

Міста чинять величезний негативний вплив на довкілля, що виявляється насамперед у забрудненні атмосферного повітря. В повітрі міст зосереджено до 86 % усіх забруднень, до 13 % припадає на решту суходолу і лише 1 % — на океанський простір. Іншим негативним фактором дії на здоров'я мешканців міста є незадовільна якість питної води. Нерегулярне видалення побутових відходів, їх накопичення та гниття зумовлюють погіршення санітарно-гігієнічних умов і призводять до виникнення інфекційних захворювань. Міський шум, особливо поблизу автомобільних і залізничних магістралей, аеропортів, вокзалів та промислових підприємств стали причиною масових нервових захворювань (неврозів та психічних хвороб). Напружений ритм міського життя разом з погіршеною екологічною ситуацією спричинюють психоневрологічні розлади та депресії, серцево-судинні й нервові захворювання, діабет тощо. Несприятливі екологічні умови проживання населення послаблюють імунну систему і призводять до скорочення тривалості життя та підвищеної смертності.

Поліпшення екологічного стану в містах має здійснюватись шляхом поступової стабілізації зростання міст, обґрунтованого з еколого-економічних позицій їх розміщення на території держави, вдосконалення господарських систем та збільшення площ зеленої зони. Гострота екологічних проблем переважної більшості міст світу спонукає до пошуку нових шляхів їх вирішення.

Основним принципом майбутнього містобудування є гармонізація природного і соціального середовищ у місті. Тут можливі різні шляхи вирішення цієї проблеми: будівництво невеликих міст або багатомільйонних мегаполісів зі спорудженням сімейних котеджів чи багатоповерхових будівель. Сучасні тенденції містобудування, зокрема мегаполісів, свідчать про те, що дедалі більша перевага віддається будівництву невеликих житлових міст, які розташовані поблизу промислово-ділової частини міста.

Міста майбутнього мають бути екологічно чистими з достатньо великими зеленими зонами. Покрівлі передбачається використовувати для спорудження сонячних колекторів, що дасть змогу заощаджувати до 25 %

Таблиця 12.3. Розмір лісопаркової зеленої зони міста

Чисельність населення міста, тис. чол.	Розмір лісопаркової зеленої зони, га/1000 чол.	Чисельність населення міста, тис. чол.	Розмір лісопаркової зеленої зони, га/1000 чол.
Понад 500 до 1000	25	Понад 100 до 250	15
Понад 250 до 500	20	До 100	10

енергії. Вони повинні гармонійно вписуватися в природні ландшафти з незайманими природними екосистемами. Набуває певного поширення напрям підземного будівництва. Під землею вже будуються гаражі, складські приміщення, торгові центри, метро та інші побутові об'єкти. Особливого значення набуває будівництво підземної транспортної мережі. Не виключено, що й житлова частина міста буде розташована під землею, що дасть змогу заощадити будівельні матеріали під час будівництва та теплову енергію під час проживання. Отже, основними завданнями в майбутньому містобудуванні має бути вирішення екологічних проблем, пов'язаних з нормальним проживанням населення в екологічно безпечних умовах.

12.2. ЕКОЛОГІЯ РАДІАЦІЙНО ЗАБРУДНЕНИХ ЕКОСИСТЕМ

Особливу загрозу для здоров'я людей та існування природних біоценозів становить забруднення біосфери радіоактивними речовинами, які небезпечні своїм йонізуючим випромінюванням. Вивчення явища радіоактивності розпочалося в 1933 р. роботами французької вченої Марії Склодовської-Кюрі, а її згубної дії на процеси життєдіяльності — із застосування ядерної зброї в Хіросімі й Нагасакі (Японія) в 1945 р. Проте значного поширення дослідження згубного впливу радіації на біосферу набули з розповсюдженням ядерної зброї, розвитком атомної енергетики і особливо після найбільшої в світі техногенної аварії на Чорнобильській атомній електростанції в 1986 р. Врешті-решт людство усвідомило зростання загрози світової катастрофи в результаті безглузлого використання ядерної зброї та небезпечного «мирного» атома в енергетиці.

Розрізняють йонізуючі випромінювання природного і штучного походження. До недавнього часу, до середини ХХ ст., основним джерелом йонізуючого випромінювання були природні джерела — Космос, гірські породи та вулканічна діяльність. Радіацію можуть зумовити радіонукліди багатьох елементів, що входять до складу гірських порід, переважно калій-40, карбон-14, стронцій-90, цезій-137, йод-131 та багато інших.

У різних регіонах Землі рівень природної радіації сильно різниться, збільшуючись у десятки й сотні разів у районах родовищ уранових руд, радіоактивних сланців, торієвих пісків, кристалічних порід та радонових мінеральних джерел. До зон підвищеної радіоактивності в Україні належать Жовті води, Кіровоградська область, Хмельник, Миронівка, Полісся та ін. Внаслідок міграції радіонуклідів цезію, стронцію та інших з ґрунтів їх вміст у рослинах і тваринах збільшується в 50—100 разів. Середня доза йонізуючого випромінювання в сучасних промислово розвинених країнах становить 2,4 мЗв/рік. Загальний радіаційний фон на території України становить 70—200 мБер/рік. На поверхні Землі до 50 % загального радіаційного фону створює радон-222, який утворюється під час розпаду урану-238, що міститься в гірських породах.

Нині основними джерелами радіоактивного забруднення біосфери є джерела антропогенного походження: випробування ядерної зброї, ава-

рії на атомних електростанціях, підводних човнах та виробництвах радіоактивних матеріалів тощо.

Розрізняють кілька видів йонізуючого випромінювання. Під час радіоактивного розпаду утворюються α (альфа)-, β (бета)- і γ (гамма)-частинки. Альфа-випромінювання є потоком позитивно заряджених ядер гелію, бета-випромінювання — потік негативно заряджених швидких електронів і гамма-випромінювання — короткохвильове випромінювання електромагнітної природи. Альфа-випромінювання проникає на відстань кількох сантиметрів у повітрі й кількох міліметрів — у тканинах, гамма-випромінювання — на відстань сотень метрів.

Біологічна дія радіоактивного випромінювання полягає в ушкодженні, йонізації або збудженні молекул (у тому числі ДНК), загибелі клітин, виникненні мутацій тощо.

Кількісною оцінкою йонізації організму є доза опромінення. Кількість поглинутої одиницею маси тіла енергії радіації називають *поглинутою дозою*. За одиницю цієї дози прийнято грей ($1 \text{ Гр} = 10^4 \text{ ерг/г}$). Вживають також поняття *ефективна еквівалентна доза* (ЕЕД), одиницею якої є зіверт. Так, доза опромінення щитоподібної залози 1 Зв (зіверт) відповідає ЕЕД $0,03 \text{ Зв}$ ($1 \text{ Зв} = 100 \text{ Бер} = 10^4 \text{ ерг/г} = 1 \text{ Гр} = 10^2 \text{ рад}$), тобто рівномірне опромінення всього тіла дозою $0,03 \text{ Зв}$ завдає такої самої шкоди організму, як і доза 1 Зв при опроміненні тільки щитоподібної залози.

Чутливість різних організмів, а також органів одного організму до радіоактивного випромінювання неоднакова. Згідно з *правилом Бергоньє—Трибондо*, більшою чутливістю в межах одного організму характеризуються недиференційовані клітини й тканини, яким властива підвищена ферментативна активність. У людей і тварин — це кровотворні тканини та залози внутрішньої секреції, у рослин — меристема. Особливо чутливі до радіаційного опромінення кістковий мозок, епітелій травного каналу та клітини з високою інтенсивністю процесів відновлення.

Для оцінки токсичності дози вживають поняття *середньої смертельної дози* (ЛД_{50} — летальна доза 50 %), коли гине не менш як 50 % організмів, що зазнали радіоактивного опромінення. Так, внаслідок одноразової дії γ -випромінювання ЛД_{50} для вірусів і бактерій становить 4500—7000 Гр, рослин — 10—1500, голубів — 25—30, собак — 2,5—10, людини — 3—5 Гр. Радіоактивне опромінення людей дозами до 1 Гр підвищує ризик виникнення онкологічних захворювань та прояву генетичних дефектів. Дія великих доз може спричинити променеву хворобу.

Як вже зазначалося, джерела радіоактивного опромінення можуть бути природного й антропогенного походження, тому потрібно завжди враховувати дію всіх видів випромінювання. Люди і всі живі організми біосфери опромінюються переважно природними джерелами — галактичним і сонячним опроміненням. Для кожного мешканця Землі середня річна еквівалентна доза становить 2 мЗв (мілізіверти). Мешканці України, за даними Міністерства охорони здоров'я, отримують дозу опромінення 4,46 мЗв. Ця доза залежить від розташування житла над рівнем моря, на-

явності поблизу радіоактивних джерел та планувально-архітектурних особливостей міст.

Рівень гамма-фону в дерев'яних будівлях менший (до 50 мрад/рік), ніж у цегляних (до 100 мрад/рік) та залізобетонних (до 170 мрад/рік). До речі, варто нагадати, що авіапасажери залежно від географічної широти опромінюються дозою 300—620 мрад/год. Ефективна еквівалентна доза зовнішнього опромінення під час перебування в приміщенні становить 29 мбер/рік, а сумарна (в приміщенні та поза ним) — 35 мбер/рік. Побутового опромінення в приміщеннях людина зазнає від радону — газу без смаку і запаху. Нуклід радону-222 є α -випромінювачем. Менше радону міститься в деревині, цеглі й бетоні, більше — в граніті, пемзі, шлаку, сухій штукатурці, будівельних блоках з фосфогіпсу, в цеглі з червоної глини, отриманої з відходів виробництва глинозему, відходів збагачення титанових руд або з доменних шлаків. Використання цих матеріалів як будівельних призвело до зростання концентрації радону в житлових приміщеннях.

Звичайна концентрація радону в повітрі становить 1—20 Бк/м³, а в міських житлових приміщеннях при використанні вищеназваних матеріалів вона підвищується до 20—69 Бк/м³. Допустимий рівень радонового опромінення становить 200 Бк/м³. Багато радону утворюється під час випаровування води в котельнях та ванних кімнатах. Так, концентрація радону у ванній кімнаті в 40 разів більша, ніж у житловій. Після включення душі повітря ванної кімнати насичується радоном за 15—17 хв і потрібно понад 1,5 год, щоб його концентрація зменшилася до вихідної. Зниження дози випромінювання радону досягається частим провітрюванням приміщень, в яких знаходиться людина. Радон, потрапляючи в організм, уражує гіпофіз, надниркові залози та інші залози внутрішньої секреції. Він спричинює задуху, безсоння, тривожний стан, мігрень, серцебиття. Можуть також розвиватися злоякісні пухлини в легенях, печінці й селезінці.

Під час паління тютюну в приміщення потрапляють радіонукліди радію, торію, урану, плумбуму, плутонію та ін. Підвищену радіоактивність мають фосфорити й сланці. Використання фосфоритів як сировини для виробництва мінеральних добрив може призвести до радіоактивного забруднення ґрунтів та ґрунтових вод.

Надзвичайно великим джерелом радіоактивного забруднення є випробування ядерної зброї. Хоча останнім часом завдяки досягнутим міжнародним угодам про обмеження випробувань ядерної зброї надходження радіонуклідів у біосферу значно зменшилося порівняно з 50—60-ми роками ХХ ст., проте довгоживучі радіонукліди продовжують надходити із стратосфери на поверхню Землі. Загальновідомо, що радіоактивні опади залежно від розміру часточок і висоти їх виносу в атмосферу мають різні терміни осідання.

За розмірами частинок радіонукліди поділяють на локальні, або ближні (понад 10 мкм), тропосферні (кілька мікрометрів) та стратосферні, або

глобальні (десяті й соті частки мікрометра). Радіоактивні частинки можуть викидатися на висоту до 30 км. Під час вибухів ядерних бомб і великих аварій на атомних електростанціях радіаційне забруднення поширюється по всій планеті й може випадати з осадами на землю впродовж багатьох років. Коли в 1986 р. на Чорнобильській атомній електростанції, розташованій на відстані 80 км від Києва, сталася аварія, яку вважають найбільшою техногенною катастрофою в історії людства, внаслідок викиду радіоактивного палива відбулося забруднення атмосфери над усією планетою. Багато радіонуклідів потрапили в організм людини через органи травлення, дихання та шкіру, але найбільше їх потрапляло з їжею. Відразу після аварії основним радіонуклідом був радіоактивний йод-131, що спочатку накопичується в щитоподібній залозі, а потім з її гормонами надходить до печінки і виводиться через нирки. Радіоактивний цезій-137 накопичується переважно в м'язах. Дуже небезпечними є радіоактивні нукліди стронцію-90, плутонію-240 та плумбуму-239. Усього в атмосферу надійшло 77 кг радіоактивних речовин, що відповідає випроміненню 1019 Бк або 50 млн Кі. Із загального радіоактивного викиду на територію України потрапило 25 %, Білорусі — 70, Росії та інших країн — 5 %. Внаслідок цієї аварії в Україні в зоні забруднення опинилися 11 областей, до складу яких входить 169 населених пунктів та міста Прип'ять і Чорнобиль. Радіоактивного ураження зазнало 2,5 млн людей. Найбільше постраждала від радіації Житомирська область, де на забрудненій території проживає 362 тис. людей.

Відбулося також забруднення поверхневих джерел водопостачання міста Києва. В перший період ліквідації наслідків аварії основна маса радіоактивного забруднення осіла в намулах Київського водосховища. Як свідчать дані моніторингових спостережень, відбувається неухильне просування радіоактивного бруду в донних відкладах на південь, вниз по каскаду Дніпровських водосховищ. Це викликає загрозу погіршення радіаційного стану в Черкасах, Дніпропетровську, Запоріжжі та інших містах Придніпров'я.

Дуже важливою проблемою сучасної атомної енергетики є організація ефективного захоронення відходів атомних електростанцій та відпрацьованих радіоактивних матеріалів. Особливою проблемою є будівництво в Україні постійного сховища відходів атомної енергетики.

12.3. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ КОСМОСУ

З моменту запуску першого штучного супутника Землі освоєння космічного простору набуває дедалі більшого значення в людській діяльності взагалі й економіці зокрема. Штучні супутники Землі використовують для глобальних систем телебачення, радіо- й телефонного зв'язку, глобального біосферного моніторингу, оперативного контролю лісів і посівів, геологічної та військової розвідки, оптимізації маршрутів у мореплаванні й авіації, прогнозів погоди тощо. Особливо великого значення набуває

дослідження Місяця, близьких і віддалених планет Сонячної системи з метою використання їхніх ресурсів для потреб землян. На сучасному етапі щороку на космічну орбіту виводиться до 200 супутників.

Пілотовані космічні кораблі та орбітальні космічні станції, так само як і літаки з пасажирами, належать до штучних антропогенних екосистем. Їх функціонування в космічному просторі з біологічними земними істотами може бути забезпечене тільки в умовах, наближених до земних, оскільки людина, яка пристосувалася до існування в земній біосфері, не може без земних ресурсів існувати в космічному просторі. А тому в космічних кораблях і станціях створюються штучні земні умови, зокрема мікроклімат, та на весь час перебування в космосі беруться всі необхідні продукти харчування і створюється штучна атмосфера в приміщенні. В космосі є тільки один ресурс — сонячна теплота, яку використовують для добування необхідної енергії шляхом перетворення її на електричну енергію за допомогою сонячних батарей.

Оскільки в космосі існує космічний вакуум, то для створення штучної атмосфери необхідні певні компоненти, насамперед кисень і азот. Технічно вирішена проблема регенерації повітря і води в космічному апараті. Проте створювати продукти харчування в космічних умовах поки що не навчилися, і це є однією з головних перешкод на шляху до здійснення тривалих космічних подорожей. Крім того, нині працюють над проблемою створення штучних ланцюгів живлення, які включали б повний набір необхідних компонентів для забезпечення біологічного колообігу речовин на орбіті і таким чином створювалися б необхідні продукти харчування рослинного походження. Поки що в космічних апаратах не здійснюється колообіг речовин, які забезпечують життєдіяльність, а це унеможливає створення комфортних умов для тривалих космічних польотів.

Нині до космічних досліджень долучилося багато країн. В Україні при Національній Академії наук у 1992 р. також створено Центр геокосмічних досліджень та Національне космічне агентство контролю і дослідження космічного простору. Україна є космічною державою.

За роки освоєння космічного простору на космічні орбіти було виведено тисячі космічних апаратів. Після використання ресурсу їх не повертають на Землю, тому що це економічно недоцільно. В кращому разі їх спалюють у верхніх шарах атмосфери. Це призвело до того, що в космічному просторі накопичилося багато космічного сміття, яке не тільки забруднює космічний простір, а й створює загрозу для подальших запусків нових космічних апаратів.

Під час запусків космічних апаратів ракети-носії та ракети, які здійснюють орбітальні маневри, викидають відпрацьовані гази, що містять пару води, оксиди карбону й нітрогену, сполуки хлору, вуглеводні, інертні гази та багато інших шкідливих речовин, які забруднюють верхні шари атмосфери. Оскільки атмосфера на висоті сотень кілометрів надзвичайно розріджена (густина повітря в тисячі й мільярди разів менша, ніж у приземному шарі), вона дуже чутлива до будь-яких не властивих їй домішок ре-

човин земного походження. Більше того, на сьогодні немає наукових досліджень, на основі яких можна достовірно прогнозувати негативні наслідки впливу таких забруднень на біосферу Землі.

Приземний Космос також дедалі більше забруднюється різними механічними уламками космічних апаратів. Сотні тисяч цих уламків, залишків ракет-носіїв та численних супутників, що відпрацювали свій ресурс, обертаються на навколоземних орбітах, створюючи реальну загрозу небезпечних зіткнень з цим космічним металобрухтом.

Зіткнення з уламком навіть незначної маси може мати катастрофічні наслідки, оскільки енергія зіткнення надзвичайно висока через величезну космічну швидкість, з якою рухаються ці уламки та космічні об'єкти (кінетична енергія зіткнення прямо пропорційна масі й квадрату швидкості — $mV^2/2$). Тому країни, що запускають супутники, зокрема США, змушені організовувати спеціальну службу контролю руху космічного металобрухту та захисту від нього космічних кораблів. Деяким з пілотованих космічних апаратів «Шатл» доводилось змінювати орбіту для уникнення зіткнення з цими уламками.

З метою зменшення забруднень космосу міжнародне співтовариство (Токіо, 1999) обговорювало проблему зменшення забруднень ближнього Космосу і прийняло низку рішень, спрямованих на вирішення цієї проблеми. У США та Великій Британії працюють над проблемою знешкодження уламків космічних апаратів за допомогою «знешкоджувальної нитки». Завдяки магнітному полю Землі і за допомогою цих «ниток» уламки космічних апаратів можна зводити з космічної орбіти. «Знешкоджувальні нитки» являють собою довгі сталі струни або штори з багатьох сталіх струн, які з'єднують з апаратами, що відпрацювали свій ресурс. Потрапляючи за їх допомогою в магнітне поле Землі, апарати та їх уламки згорають у щільному шарі атмосфери.

12.4. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВІЙСЬКОВО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Війни завжди несли з собою розруху (руйнування природних та природно-антропогенних екосистем), загибель людей та величезні матеріальні витрати, пов'язані з функціонуванням військово-промислового комплексу (ВПК). Нині ці ВПК створюють загрозу глобальної ядерної війни, яка може призвести до планетарної екологічної катастрофи і спричинити величезні забруднення навколишнього природного середовища.

У результаті діяльності ВПК забруднюється природне середовище навколо ракетних баз, аеродромів, на полігонах та навколо них. На території України вони розташовані на Житомирщині, Чернігівщині, Сумщині, Миколаївщині, поблизу Луцька, Брод, Червонограда, в Криму тощо.

Локальні воєнні конфлікти, які постійно виникають між державами, завдають значної шкоди довкіллю. В разі виникнення глобального воєнного конфлікту із застосуванням ракетно-ядерної, хімічної та бактеріо-

логічної зброї може статися повне руйнування біосферного середовища та загибель людської цивілізації. Нині до озброєння армій долучається ще страшніша зброя — космічна.

На функціонування військово-промислових комплексів витрачаються величезні кошти навіть в умовах відносного спокою. За повоєнні роки світова людська спільнота витратила на військові справи та озброєння понад 6 трлн доларів. ВПК (армія і промисловість) світу обслуговує 45 млн чоловік, у тому числі військових близько 29 млн чоловік. До нього входять 2125 тис. танків, 35 тис. літаків та багато іншої складної військової техніки.

Для потреб військової промисловості у величезній кількості витрачаються такі метали, як залізо, алюміній, нікель, золото, платина та багато інших. Так, за підрахунками академіка О. Ферсмана, для функціонування 300 дивізій (6 млн солдатів) під час другої світової війни потрібно було щороку виробляти 30 млн т чавуну і сталі, 10 млн т цементу, видобувати 250 млн т вугілля, 25 млн т нафти тощо.

Нині для виготовлення ядерної зброї видобувається та переробляється значна кількість уранових руд. Сучасна мілітаристична економіка споживає ще більше природних мінеральних ресурсів (енергії, пального, металів та ін.). Так, великий бомбардувальник витрачає до 14 т/год палива, бригада танків з 350 штук потребує близько 2,3 тис. т палива на день. Загальні витрати всіх військових планети на сучасному етапі, за даними ООН, становлять понад один трильйон доларів за рік.

Існування великих армій навіть у мирний час є джерелом забруднення навколишнього природного середовища. У промислово розвинених країнах для військових потреб використовується 1—3 % території. Тільки в колишньому СРСР військові об'єкти займали 42 млн га земель. Воєнні конфлікти завжди завдають величезної екологічної шкоди довкіллю, пов'язані з величезними витратами матеріальних і людських ресурсів. Тільки за 40 повоєнних років у локальних війнах загинуло близько 40 млн чоловік, у другій світовій війні — близько 66 млн, у тому числі близько 27 млн з колишнього СРСР. Зруйновано величезну кількість міст і сіл, знищено заводи, фабрики, посіви. Ядерних вибухів та радіоактивного забруднення зазнали японські міста Хіросіма і Нагасакі. Після другої світової війни залишилося багато невикористаної хімічної зброї, яка була затоплена у водах Балтійського моря, Атлантичного й Тихого океанів, а також у відпрацьованих шахтах. А це переважно такі небезпечні отруйні речовини, як іприт, люїзит, фосген та ін.

Особливу загрозу становлять сучасні глобальні війни із застосуванням термоядерної зброї. За підрахунками вчених, після обміну ядерними ударами потужністю 5000—10000 Мт, що є на озброєнні США та Росії, загине 1 млрд чоловік. Поранених буде втричі, а то навіть і в чотири рази більше. Ті, що залишаться живими, будуть уражені променевою хворобою внаслідок радіаційного забруднення води, повітря й ґрунтів. Істотно зміниться клімат на всій планеті, який буде супроводжуватися буревіями, цунамі, смерчами та похолоданнями й потепліннями. Останні спричинять

танення льодовиків та затоплення прибережних країн. Почнеться незворотна деградація біосфери.

Величезної шкоди завдають військові докільлю в так званий «мирний час», який постійно супроводжується локальними війнами на планеті. За період «холодної» війни було проведено 508 випробувальних ядерних вибухів із викидом 26 млн Кі цезію-137 і 20 млн Кі стронцію-90, тобто близько 6 т високоактивних і довгоживучих радіоактивних ізотопів. За період 1961—1970 рр. у Карському та Баренцовому морях затоплено 11 тис. контейнерів з радіоактивним брудом, що містять переважно ядерне паливо з ядерних реакторів підводних човнів та атомоходів. На Новій Землі було проведено 132 випробування ядерної зброї, у тому числі 87 вибухів у повітрі і 3 — у воді. Географічні дослідження свідчать, що ці випробування потужної ядерної зброї здатні спричинювати землетруси і утворювати великі тектонічні тріщини.

Затоплення і захоронення хімічної та бактеріологічної зброї, термін зберігання якої закінчився, приховує величезну небезпеку забруднення природного середовища на великих територіях отруйними речовинами та патогенними бактеріями — збудниками чуми, холери, тифу, сибірки тощо. Така зброя може «вибухнути» непередбачено в будь-який момент і спричинити катастрофічні наслідки. Зона дії бактеріологічної зброї набагато більша, ніж хімічної і навіть ядерної. Одна бактеріологічна бомба вражає територію понад 100 тис. км².

У деяких країнах розробляється «екологічна» зброя, яка має на меті не тільки знищення живої сили супротивника, а й навмисне винищення природи, затоплення територій, руйнування лісових масивів, отруєння сільськогосподарських угідь, виникнення аварій на промислових підприємствах, особливо на атомних електростанціях, з метою знищення його економічного потенціалу. Використання потужної космічної зброї може призвести до непередбачених глобальних катастрофічних наслідків, до знищення сучасної цивілізації. **То ж чи варто ризикувати заради самознищення?!**

Отже, функціонування військово-промислових комплексів — це війни, які несуть величезну розруху, винищення людей і всього живого на планеті, руйнацію природних екосистем, а в разі ядерного конфлікту — і біосфери загалом. Чи можливо нині відмовитися від утримання великих армій та запобігти воєнним конфліктам? На превеликий жаль, сучасне людське суспільство до цього ще не готове. Не готове будувати «гносферне» суспільство, яке передбачав академік В. І. Вернадський. До Організації Об'єднаних Націй вже неодноразово вносилися пропозиції, що мають на меті обмеження воєнних конфліктів у світі та зменшення негативних екологічних наслідків. Ці пропозиції включають:

- заборону використання природного середовища для ведення «екологічної» війни;
- заборону виробництва і використання хімічної, бактеріологічної та ядерної зброї;

- недопущення застосування гербіцидів для знищення рослинності та інших засобів для руйнування природного середовища;
- недопущення руйнування небезпечних об'єктів, насамперед атомних електростанцій та хімічних заводів, які здатні спричинити деградацію природного середовища в особливо великих розмірах;
- заборону розміщення військових об'єктів та проведення воєнних дій на територіях природних національних парків, заповідників та заказників;
- заборону використання космосу у воєнних цілях.

На превеликий жаль, поки що ці пропозиції не знайшли одностайного схвалення і не прийняті світовим співтовариством. Проте якщо людство прагне мати майбутнє, воно неодмінно повинно прийняти ці пропозиції і прийти до вирішення конфліктних питань політичним мирним шляхом.



Опрацювавши цей розділ, ви повинні вміти:

- 1) дати визначення і сформулювати основні завдання урбоекології;
- 2) схарактеризувати сучасні екологічні проблеми урбоекології та шляхи їх подолання;
- 3) дати визначення, сформулювати основні проблеми й завдання сучасних радіаційно забруднених екосистем;
- 4) сформулювати основні екологічні проблеми космічного простору та шляхи їх подолання;
- 5) сформулювати основні екологічні проблеми та накреслити шляхи їх подолання у військово-промисловому комплексі.



Запитання і завдання для самостійної роботи

1. Сформулюйте визначення та основні завдання урбоекології.
2. Що було причиною появи міст та інтенсивного зростання чисельності міського населення?
3. Назвіть системи життєзабезпечення міст.
4. Перелічіть основні екологічні проблеми сучасних міст.
5. Яка кількість побутових стічних вод утворюється в місті з населенням 2 млн чоловік за добу та скільки в них міститься амонійного нітрогену, органічних речовин, фосфатів і хлоридів?
6. Що таке зливові стічні води і від чого залежить їх хімічний склад?
7. Скільки побутового сміття утворюється в місті з населенням 1 млн чоловік за один рік і яка територія потрібна для його поховання?
8. Скільки біогазу можна отримати за рік з побутового сміття, що утворюється в місті з населенням 3 млн чоловік?
9. Назвіть основні види забруднень повітря, води й ґрунтів у місті.
10. Який розмір лісопаркової зони має бути в місті з населенням 300 тис. чоловік?
11. Які фактори негативно впливають на здоров'я мешканців міст?
12. Накресліть основні шляхи поліпшення екологічної ситуації в містах.
13. Опишіть тенденції будівництва міст майбутнього та шляхи забезпечення їх екологічної безпеки.

14. Назвіть основні проблеми радіаційно забруднених екосистем.
15. Які види йонізуючого випромінювання ви знаєте? Назвіть їх джерела.
16. У чому полягає біологічна дія радіоактивного випромінювання?
17. Що характеризує кількісну оцінку йонізації організму?
18. Як оцінюють токсичну дозу радіоактивного опромінення?
19. Який допустимий рівень радонового опромінення?
20. Перелічіть основні джерела радіоактивного забруднення біосфери.
21. Як впливає радіоактивне забруднення біосфери на здоров'я населення?
22. Назвіть шляхи зменшення радіоактивного забруднення біосфери.
23. Як відбувається техногенне забруднення космічного простору?
24. Яку небезпеку становить забруднення космічного простору?
25. Який негативний вплив на довкілля чинить військово-промисловий комплекс?
26. Яких екологічних збитків завдає функціонування військово-промислового комплексу?
27. Який негативний вплив на довкілля чинить ВПК у мирний час?
28. Які екологічні проблеми спричинює функціонування ВПК?
29. Назвіть основні шляхи подолання екологічних проблем у військово-промисловому комплексі.