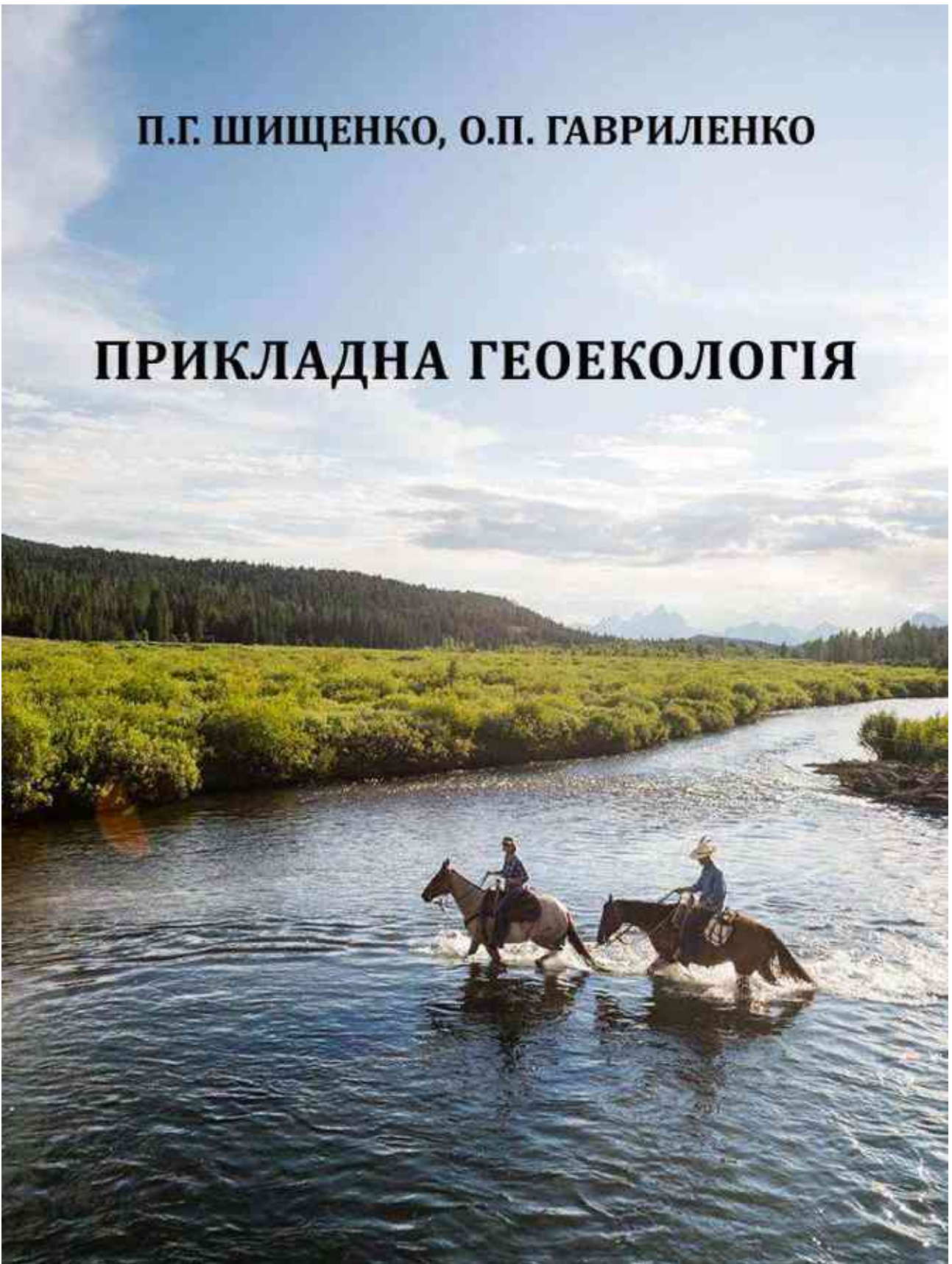


**П.Г. ШИЩЕНКО, О.П. ГАВРИЛЕНКО**

# **ПРИКЛАДНА ГЕОЕКОЛОГІЯ**



**П.Г. ШИЩЕНКО, О.П. ГАВРИЛЕНКО**

# **ПРИКЛАДНА ГЕОЕКОЛОГІЯ**

**ПІДРУЧНИК**

**КИЇВ – 2020**

УДК 574:911.2  
Ш 65

Рецензенти:

*М.Д. Гродзинський*, доктор географічних наук, професор (Київський національний університет імені Тараса Шевченка);

*Г.І. Денисик*, доктор географічних наук, професор (Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського);

*С.А. Лісовський*, доктор географічних наук (Інститут географії Національної академії наук України).

**Шищенко П.Г., Гавриленко О.П.**

Ш 65 Прикладна геоекологія: підручник. Київ: ПВТП «LAT&K», 2020. 440 с.

ISBN 978-617-7824-13-7

У підручнику висвітлено теоретико-методологічну сутність прикладної геоекології, зокрема тлумачення і завдання, методи досліджень. Сформульовано принципи екологізації природокористування та організації безвідходного виробництва. Розглянуто головні геоекологічні ризики різних галузей природокористування. Проаналізовано геоекологічні наслідки і шляхи подолання глобальної енергетичної кризи. Наведено численні приклади негативних наслідків нераціонального природокористування, деградації природних ресурсів і природного середовища. Останній розділ присвячено геоекологічному обґрунтуванню проектів природокористування та ролі в ньому прикладної геоекології і фахівців геоекологічного профілю.

Для студентів, аспірантів і викладачів у сфері геоекології, конструктивної географії та природоохоронної діяльності.

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
географічного факультету  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка.  
Протокол № 6 від 20.01.2020 року.*

*Рекомендовано до розміщення на офіційному сайті  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка  
Науково-методичною комісією географічного факультету  
Протокол № 4 від 28.08.2020 року.*

ISBN 978-617-7824-13-7

© Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. 2020  
© ПВТП «LAT&K», 2020

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> -----	<b>7</b>
<b>1 ГЕОЕКОЛОГІЯ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНА І ПРИКЛАДНА СУТНІСТЬ</b> -----	<b>9</b>
1.1 МЕТОДОЛОГІЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ-----	14
1.2 ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ В ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ -----	18
1.3 НОРМУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ГЕОЕКОСИСТЕМИ -----	25
1.4 ОЦІНКА ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ -----	29
1.5 ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ-----	36
<b>2 ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ</b> ----	<b>42</b>
2.1 ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ -----	49
2.2 ПРИНЦИПИ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ -----	52
2.3 ВПЛИВ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НА ДОВКІЛЛЯ -----	58
<b>3 РЕСУРСНІ ЦИКЛИ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ</b> -----	<b>62</b>
3.1 СУСПІЛЬНА ЛАНКА ГЛОБАЛЬНОГО КРУГООБІГУ РЕЧОВИН -----	66
3.1.1 Ресурсні цикли на основі використання корисних копалин -----	70
3.1.2 Ресурсні цикли на основі використання відновних ресурсів -----	73
3.2 БЕЗВІДХОДНІ ТА МАЛОВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ-----	75
3.3 ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ -----	81
<b>4 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА</b> -----	<b>87</b>
4.1 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ -----	89
4.2 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ІНШИХ ВИДІВ ПРОМИСЛОВОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ	99
4.3 РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ -----	103
4.4 ПОВОДЖЕННЯ З ПРОМИСЛОВИМИ ВІДХОДАМИ -----	107
4.4.1 Способи утилізації газоподібних відходів -----	110
4.4.2 Принципи ефективного управління відходами -----	115
<b>5 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ</b> -----	<b>121</b>
5.1 НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ ТРАДИЦІЙНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ-----	123
5.1.1 Геоекологічні наслідки використання вугільного палива-----	124
5.1.2 Атомна енергетика: розвінчування міфів-----	125
5.1.3 Негативні впливи гідроенергетики -----	130
5.2 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ-----	131
5.2.1 Енергетичні «революції» у різних країнах світу -----	134
5.3 ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК ШЛЯХ ПОДОЛАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ-----	139
5.3.1 Сонячна енергетика-----	142
5.3.2 Вітроенергетика-----	151
5.3.3 Біоенергетика -----	158

5.3.4	Геотермальна енергетика	170
5.3.5	Гідроенергетика та її геоекологічні наслідки	179
5.3.6	Геоекологічний вплив на довкілля інших поновлюваних джерел	183
<b>6 АГРАРНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЙОГО ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ</b>		
<b>ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ</b>		<b>199</b>
6.1	ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ АГРАРНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ	201
6.1.1	Надмірна хімізація землеробства	202
6.1.2	Геоекологічні наслідки впливу аграрного природокористування на ґрунти	208
6.1.3	Деградація водних об'єктів	215
6.1.4	Вплив тваринництва на агрогеоекосистеми	218
6.2	ШЛЯХИ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ АГРАРНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ	220
6.2.1	Біотехнології у сільському господарстві	221
6.2.2	Переваги альтернативного землеробства	226
<b>7 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДОКОРИСТУВАННЯ</b>		<b>234</b>
7.1	ПРОМИСЛОВЕ І КОМУНАЛЬНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ	237
7.1.1	Інноваційні методи знезараження стічних вод	242
7.1.2	Біологічна очистка і доочистка	244
7.2	ГІДРОМЕЛІОРАЦІЯ	248
7.2.1	Зрошувальні меліорації	248
7.2.2	Осушувальні та осушувально-зволожувальні меліорації	251
7.2.3	Противодкові й протиповіневі меліорації	256
7.3	ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ	260
7.3.1	Методи очистки морських і річкових вод	262
7.4	РИБНЕ ГОСПОДАРСТВО	264
7.5	КОМПЛЕКСНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ	267
7.5.1	Наслідки спорудження водосховищ для природного середовища і життєдіяльності людини	268
7.5.2	Геоекологічний вплив інших гідротехнічних об'єктів	274
7.5.3	Інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом	279
<b>8 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ</b>		<b>286</b>
8.1	ПОЧАТКОВІ ФАЗИ ЛІСОРЕСУРСНОГО ЦИКЛУ – РУБКИ ЛІСУ	287
8.2	ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СЕРЕДНІХ ФАЗ ЛІСОРЕСУРСНОГО ЦИКЛУ	292
8.2.1	Шляхи досягнення сталого лісокористування	293
8.2.2	Стандартизація і сертифікація сталого лісокористування	298
8.3	ЛІСОКОРИСТУВАННЯ І ЗМІНА КЛІМАТУ	302
8.3.1	Міжнародна співпраця щодо протидії зміні клімату	306
8.3.2	Вплив зміни клімату на якість екосистемних послуг лісів	309

<b>9 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИРОДООХОРОННОЇ ГАЛУЗІ -----</b>	<b>317</b>
9.1 ТВАРИННИЙ І РОСЛИННИЙ СВІТ: УСВІДОМЛЕННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ЗАГРОЗ -----	318
9.2 ПРИРОДООХОРОННІ ТЕРИТОРІЇ В СИСТЕМІ БІОКОНСЕРВАЦІЇ -----	326
9.3 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ МЕРЕЖ -----	347
9.3.1 <i>Правові основи створення Європейської екомережі</i> -----	349
9.3.2 <i>Структура і критерії створення екологічних мереж</i> -----	354
9.4 ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ -----	360
9.4.1 <i>Економічна оцінка екосистемних послуг</i> -----	361
9.4.2 <i>Послуги водних екосистем у межах природоохоронних територій</i> -----	366
<b>10 ГЕОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТІВ</b>	
<b>ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ-----</b>	<b>374</b>
10.1 ГЕОТЕХСИСТЕМИ ЯК ОБ’ЄКТИ ПРОЕКТУВАННЯ-----	375
10.1.1 <i>Зміни геотехсистем під впливом антропогенних факторів</i> -----	378
10.1.2 <i>Поділ природно-технічних геоекосистем</i> -----	381
10.1.3 <i>Геоєкологічні принципи проектування геотехсистем</i> -----	383
10.2 РЕАЛІЗАЦІЯ ГЕОЕКОЛОГІЧНИХ ПРИНЦИПІВ У ПРОЕКТУВАННІ ГЕОТЕХСИСТЕМ РІЗНОГО	
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ -----	391
10.2.1 <i>Передпроектні дослідження промислових геотехсистем</i> -----	392
10.2.2 <i>Шляхи реалізації геоєкологічних принципів у проектуванні транспортних</i>	
<i>геотехсистем</i> -----	398
10.2.3 <i>Геоєкологічне обґрунтування проектування урбогеотехсистем</i> -----	403
10.2.4 <i>Шляхи реалізації геоєкологічних принципів у проектуванні</i>	
<i>агрогеотехсистем</i> -----	408
10.2.5 <i>Передпроектні дослідження геотехсистем іншого призначення</i> -----	412
<b>ПІСЛЯМОВА-----</b>	<b>423</b>
<b>ГЛОСАРІЙ-----</b>	<b>425</b>
<b>ВИКОРИСТАНІ Й РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА -----</b>	<b>438</b>
<b>ПЕРЕЛІК УЖИВАНИХ СКОРОЧЕНЬ-----</b>	<b>441</b>

## ПЕРЕДМОВА

Надмірне збільшення споживання ресурсів та виробництва відходів стимулює наростання негативних еколого-економічних тенденцій у динаміці суспільних і природних відносин. Відбувається структурне розбалансування глобальної системи «природа – суспільство – людина». Людство продовжує збільшувати антропогенне навантаження на природне середовище. Внаслідок цього ми є свідками екологічних катастроф, які набувають планетарного характеру (загибель Аральського моря, знищення тропічних лісів у Бразилії, розливи нафти у Мексиканській затоці, аварії на АЕС тощо).

Зростання кількості населення і збільшення рівня споживання призведе до величезного додаткового навантаження на природні ресурси і сприятиме подальшій дестабілізації глобальної екосистеми. Якщо зіставити перспективи зміни чисельності населення, нестачі продовольства, забруднення навколишнього середовища, глобальні кліматичні зміни, почастищення стихійних явищ тощо, можна дійти невтішних висновків: людство живе в умовах наростаючого природно-антропогенного енергетичного дисбалансу, що може спровокувати найтяжчу екологічну кризу.

Саме глобальними змінами довкілля та їх небезпечними наслідками для життєдіяльності суспільства обумовлено становлення геоекології як науки. Пошук шляхів оптимізації навколишнього середовища в умовах посилення антропогенного пресингу потребує виявлення прямих і опосередкованих впливів природокористування на довкілля, його змін під цим впливом і прогнозування ймовірних наслідків – не лише для природного середовища, але й для людини як суб'єкта господарювання. Внаслідок глобального зростання населення і споживання, стрімко руйнується біосфера, втрачається здатність забезпечувати людство природними ресурсами та спроможність поглинати промислові та інші викиди.

Головним завданням прикладної геоекології є розроблення і реалізація конкретних програм, спрямованих на гармонізацію взаємодії людини та її діяльності з навколишнім середовищем у часі й просторі. Особливу роль при цьому відіграє геоекологічна політика урядів та міжнародних неурядових організацій. Поступальній динаміці розвитку людства загрожує не стільки вичерпання доступних ресурсів, скільки погіршення якості довкілля внаслідок виробничої, військової та іншої діяльності. У процесі дослідження природного середовища важливо реалізувати його науково-пізнавальні (методологічні, прогностичні) та управлінські (організаційні) функції.

Методологічна функція геоєкології дозволяє використовувати процесно-функціональний підхід, тобто спряжений аналіз структури, взаємодії, динаміки геоєкологічних утворень, а також потенціал міждисциплінарного синтезу. Прогностична функція дає можливість попереджувати протиріччя між різноякісними складовими геоєкологічного простору, передбачати майбутні «ланцюгові реакції» змін довколишнього середовища, виникнення у ньому тих чи інших геоєкологічних ситуацій. Управлінська функція проявляється у такій організації навколишнього середовища, що забезпечує сприятливі умови життєдіяльності людини, задоволення її фізіологічних і духовних потреб.

Практичне втілення концепції сталого розвитку неможливе без урахування її геоєкологічного змісту, основи якого закладаються системою геоєкологічної освіти, орієнтованої на гармонійний розвиток з урахуванням геоєкологічних вимог. В умовах глобалізації актуалізуються перспективи розвитку прикладної геоєкології, зокрема щодо таких питань:

- аналіз кризових геоєкологічних наслідків та причин їхнього виникнення;
- упровадження інноваційних технологій для отримання вихідної геоєкологічної інформації;
- удосконалення геоєкологічного моніторингу;
- розроблення прогнозів змін навколишнього середовища;
- створення дієвої системи управління якістю довкілля;
- визначення потенціалу екологізації природокористування у часі й просторі;
- реконструкція, відновлення навколишнього середовища у освоєних районах;
- моделювання оптимального довкілля у районах нового освоєння;
- геоєкологічне обґрунтування проектів природокористування;
- формування геоєкологічного менеджменту ресурсокористування.

Для досягнення цілей сталого розвитку важливо використовувати механізми управління якістю навколишнього середовища, спрямовані на збереження відновлювальних властивостей геоєкосистем, організацію обґрунтованого використання природних ресурсів, обмеження шкідливого впливу виробництва чи продукції. Глобальне регулювання довкілля здійснюється на основі міжнародних договорів і конвенцій. Геоєкологічна політика має спиратися на геоєкологічний потенціал, тобто здатність навколишнього середовища забезпечувати життєдіяльність людини, а також функціонування біоти. Неабияке значення при цьому має ресурсно-геоєкологічний потенціал – можливість використання природних ресурсів для розміщення відходів життєдіяльності людей без погіршення якості навколишнього середовища.



# 1 ГЕОЕКОЛОГІЯ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНА І ПРИКЛАДНА СУТНІСТЬ

Становлення і розвиток геоєкології як науки від її витоків з античних часів детально розглянуто у іншому підручнику<sup>1</sup>. Нагадаємо лише деякі головні моменти. Фундатором геоєкології по праву вважається німецький географ *Карл Троль* (1899-1975) – автор термінів «ландшафтна екологія» (1939) та «геоєкологія» (1966). Останній майже відразу було застосовано двома міжнародними організаціями – Мексиканським Симпозіумом ЮНЕСКО 1966 року та Комісією Міжнародного географічного союзу з високогірної геоєкології 1968 року.

Екологізація стала загальною тенденцією розвитку науки у другій половині ХХ ст., коли людство усвідомило, що ніякі адміністративні чи політичні акції не здатні запобігти екологічній кризі, якщо вони не спиратимуться на обґрунтовану концепцію оптимізації взаємин людини і навколишнього середовища. З того часу між різними науковими галузями навіть виникла своєрідна конкуренція за лідерство у створенні фундаменту для розв'язання екологічних проблем. Щодо географічних досліджень, то їхня екологічна спрямованість найбільше проявилася наприкінці 1980-х років, коли була визнана екологічна парадигма в географії. Результатом активної географізації екології став розвиток міждисциплінарних еколого-географічних (геоєкологічних) досліджень і поява необхідних передумов для становлення геоєкології.

Екологічний підхід може і повинен бути надбанням різних наук. Географія, озброєна екологічним підходом, має найвищі пріоритети у розробленні шляхів оптимізації природного середовища. Як висловлювався К. Троль, географія та екологія неминуче об'єднуються у єдину науку – «ecosciense». Це злиття відбувається, коли на теоретичній базі ландшафтознавства вирішуються завдання екологічної оптимізації навколишнього середовища. Геоєкологічні дослідження залишаються за своєю сутністю географічними, а за кінцевими цілями – екологічними. Очевидно, геоєкологію узагальнено можна назвати наукою, яка вивчає геоєкологічний стан будь-якої території з метою розв'язання актуальних проблем глобального, регіонального і локального рівнів.

---

<sup>1</sup> Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Геоєкологія України: підручник. Київ : ДП «Прінт Сервіс», 2017. 494 с.

Зазвичай наукові дисципліни мають чітко окреслені об'єкт і предмет досліджень, теоретичну або практичну значимість. Щодо геоєкології, нині маємо досить різноманітні уявлення про її об'єкт, предмет, цілі й завдання. Через це існують різні, часто суперечливі, формулювання її змістовної сутності, детально розглянуті в підручнику «Геоєкологія України». Судячи з різноманітних трактувань геоєкології, її подальший розвиток супроводжуватиметься удосконаленням і уточненням всієї термінологічно-понятійної бази.

У найзагальнішому сенсі *геоєкологія* (від грец. *ge* – Земля, *oikos* – житло, дім і *logos* – слово, вчення) – міждисциплінарна наука про оптимізацію географічного середовища з метою збереження його якості для комфортної життєдіяльності людини. При цьому географічне середовище слід розуміти як сукупність природних і техногенних тіл, речовин, процесів, явищ і факторів, які прямо чи опосередковано впливають на людей, живі й неживі об'єкти. Тобто сучасна геоєкологія перетворилася на комплексну, інтегральну науку-лідера і стала своєрідною філософією виживання людства.

Різні трактування геоєкології дозволяють звести її сутність до такого стислого формулювання: *комплексна природнича дисципліна, яка використовує географічний та екологічний підходи і досліджує геоєкосистеми з метою оптимізації довкілля людини*. Розбіжності щодо тлумачення сутності геоєкології пов'язані передусім із залученням нею знань практично з усіх суміжних наук, необхідних для аналізу всіх сучасних геоєкологічних проблем, установлення прямих і зворотних зв'язків між процесами, визначення шляхів виходу з екологічної кризи, розроблення для цього конкретних планів і програм. Тобто досягнення кінцевої мети передбачає залучення прикладних геоєкологічних досліджень та відповідних методів.

Ще в 1978 році В.Б. Сочава називав геоєкологію конструктивною природничою наукою, покликаною оптимізувати взаємодію суспільства з природним географічним середовищем. Конструктивний напрям геоєкології діагностує стан природного середовища і прогнозує його еволюцію, а також розробляє шляхи попередження негативних змін у довкіллі та його оптимізації, конструює природно-технічні системи, які б забезпечували сталий гармонійний розвиток геотехносоціосистеми «Людина – Природа – Господарство».

Становлення *прикладної геоєкології* обумовлено глобальними змінами довкілля виробничою та іншою діяльністю людини та їх небезпечними наслідками. Однозначного розуміння сутності прикладної геоєкології також поки що

немає, однак воно вкладається у розуміння прикладних аспектів будь-якої природничої науки. Тобто науково-практичний напрям геоєкології підпорядкований безпосереднім вимогам життєдіяльності людини. Зважаючи на те, що людина є не тільки джерелом погіршення стану довкілля, але й жертвою нею ж самою зміненого природного оточення, важливим завданням геоєкології стає пізнання наукової сутності протиріч між необхідністю збереження прийнятної для життєдіяльності людини якості навколишнього середовища і посиленням використання його природних ресурсів.

Не існує поки що єдності й у питанні щодо визначення *об'єкта дослідження геоєкології*. Виходячи з найзагальнішого тлумачення, ним можна вважати навколишнє середовище, яке змінюється під впливом природних і техногенних факторів на локальному, регіональному і глобальному рівнях. Змінюються при цьому структура, властивості, функціонування, динаміка і еволюція навколишнього середовища у часі й просторі, що обумовлено впливом природних і техногенних факторів.

У вузькому розумінні об'єктом дослідження геоєкології є *геоекосистеми* – ділянки ландшафтної сфери Землі, які цілеспрямовано трансформовані людиною, перебувають під її контролем і певною мірою управляються нею. У складі геоекосистем наявні три основні групи компонентів – геосистеми (ландшафти); людина (соціальні, професійні, етнічні та інші групи людей); господарсько-економічні підсистеми (у тому числі технічні). Така «геоекосистемна» концепція дає уявлення про навколишнє середовище як організовану цілісність, складену з геоекосистем різних порядків, а не просто набір природних умов і ресурсів. Тому саме геоекосистеми мають бути об'єктами науково обґрунтованої оптимізації.

*Предметом дослідження геоєкології* є закономірності організації геоекосистем – їхні структура, функціонування, динаміка і еволюція, а також зміни геоєкологічних функцій геосфер Землі (атмосфери, гідросфери, літосфери і біосфери) під впливом природних і антропогенних факторів. Предметом дослідження геоєкології також є різноманітні геоєкологічні процеси у динамічному навколишньому середовищі на різних ієрархічних рівнях.

На глобальному рівні геоєкологія сприймається як система наук про інтеграцію земних геосфер і суспільства. У цьому випадку *об'єктом дослідження* стає біосфера як сфера життя, а головною метою – досягнення оптимальних параметрів функціонування біосфери, зокрема технобіосфери як соціоприродної

екологічної системи. При цьому *предметом дослідження* геоєкології має бути вся сукупність взаємин людини і оточуючого її середовища, а ставлення людини до природи визначається соціальною організацією суспільства. Соціальна організація є способом упорядкування і регулювання дій окремих людей чи соціальних груп за допомогою контролю і системи санкцій. Саме пізнання закономірностей розвитку технобіосфери як соціоприродної системи відкриває шлях до раціонального природокористування.

Геоєкологія як наукова дисципліна виконує такі важливі *функції*:

- У Методологічна функція дозволяє використовувати потенціал міждисциплінарного синтезу.
- У Прогностична функція дає можливість уникати протиріч між різними складовими геоєкологічного простору, передбачати майбутні «ланцюгові реакції» змін довкілля і виникнення у ньому тих чи інших геоєкологічних ситуацій.
- У Управлінська функція спрямована на таку організацію навколишнього середовища, яка забезпечує сприятливі умови життєдіяльності людини, задоволення її фізіологічних і духовних потреб.
- У Інформаційна функція зумовлюється наявністю багаторівневих взаємодій людини і навколишнього середовища, що потребує забезпечення актуальною геоєкологічною інформацією тих, хто приймає управлінські рішення.

Структурний прикладний блок геоєкології має своїм пріоритетним завданням попередження можливостей виникнення кризових і надзвичайних геоєкологічних ситуацій. Одним з найважливіших його завдань є оптимізація природокористування – діяльності, пов'язаної або з безпосереднім користуванням природою та її ресурсами, або з діями, які цю природу змінюють. У процесі планування безпечного природокористування важливо обґрунтувати геоєкологічні обмеження техногенного впливу на природне середовище у цілому та його складові у часі й просторі. *Об'єкт дослідження* прикладної геоєкології – сукупність всіх суб'єктів і об'єктів антропогенного впливу, а також населення, які взаємозв'язані в межах геоєкологічного простору, та їх екологічні стосунки.

Отже, *прикладна (оптимізаційна) геоєкологія* спрямована на розроблення та упровадження стратегії оцінки, планування і управління довкіллям, запобігання критичним порушенням геоєкологічних функцій компонентів природи та інтегрування результатів досліджень у практику територіального планування і менеджменту. Основоположною метою прикладної геоєкології є створення

безпечного і комфортного для життєдіяльності людини навколишнього середовища. Серед найважливіших завдань прикладної геоєкології головними є такі:

- ✦ уникнення (або зменшення) збитків навколишньому середовищу внаслідок природних і техногенних катастроф;
- ✦ розширення можливостей застосування оцінки впливу на довкілля у територіальному проектуванні;
- ✦ розроблення механізмів управління якістю навколишнього середовища шляхом збереження регульовальних властивостей геоєкосистем, організації ощадливого використання природних ресурсів та обмеження шкідливого впливу виробництва;
- ✦ забезпечення застосування геоєкологічного підходу до санації і рекультивації порушених земель, ресурсозбереження та утилізації відходів;
- ✦ геоєкологічне обґрунтування безпечного розміщення, зберігання і захоронення токсичних, радіоактивних та інших відходів;
- ✦ дослідження динаміки, механізмів та закономірностей розвитку небезпечних природних і техногенно-природних процесів, прогнозування їх розвитку, оцінка небезпеки і ризиків, а також розроблення заходів інженерного захисту територій, будівель і споруд;
- ✦ удосконалення процедури геоєкологічної оцінки територій за допомогою сучасних геоінформаційних систем і технологій;
- ✦ розроблення та упровадження методів і технологій оцінки стану, відновлення і управління природно-технічними геоєкосистемами, включаючи агрогеоекосистеми;
- ✦ геоєкологічне обґрунтування створення екологічно безпечних конструкцій, споруд і технологій будівництва, включаючи містобудування;
- ✦ удосконалення існуючих та розроблення інноваційних процедур контролю і моніторингу стану навколишнього середовища;
- ✦ практичне забезпечення засобів безпечної утилізації, зберігання і захоронення промислових, токсичних та радіоактивних відходів;
- ✦ подальший розвиток оцінки екологічної безпеки технологій, конструкцій і споруд, що використовуються в процесі природокористування;
- ✦ забезпечення оперативного виявлення, аналізу причин і прогнозування наслідків надзвичайних геоєкологічних ситуацій;
- ✦ розроблення і вдосконалення нормування і стандартів природокористування, зокрема щодо оцінки стану навколишнього середовища;

✪ геоекологічна оцінка охоронюваних територій та біорізноманіття для просторового планування, туризму і охорони культурно-історичної спадщини.

Прикладна геоекологія покликана вирішувати фундаментальні завдання з гармонізації взаємовідносин життєдіяльності людини з техногенною діяльністю та навколишнім середовищем на локальному, регіональному і глобальному рівнях. Пріоритетним для прикладної геоекології є передбачення та попередження можливості виникнення кризової геоекологічної ситуації. Сутнісною особливістю прикладної геоекології є вивчення виробничих, медичних, військових, політичних та інших аспектів життєдіяльності людини у часі й просторі, а також геоекологічне забезпечення управління якістю навколишнього середовища.

У перспективі для прикладної геоекології як науково-практичної дисципліни пріоритетною стане така проблематика: розроблення вчення про геоекологічні процеси, що змінюють життєдіяльність людей; організація геоекологічного моніторингу стану здоров'я населення; прогнозування геоекологічних процесів у просторово-часовій конкретності навколишнього середовища; оздоровлення довкілля у староосвоєних районах; формування геоекологічного компетентного менеджменту ресурсокористування.

### **1.1 Методологія геоекологічних досліджень**

Методологічною основою геоекологічних досліджень є системний аналіз та багатофакторний (синергетичний) підхід до вивчення навколишнього середовища у тісному зв'язку з галузевими дослідженням атмосфери, гідросфери, біосфери і техносфери. *Синергетичний підхід* в геоекології базується на досягненнях синергетики, що зародилася у 1960-70 роках під впливом досліджень німецького фізика Германа Хакена і бельгійського фізика Іллі Пригожина. Основні принципи застосування синергетичного підходу в геоекології базуються на розумінні внутрішніх системних взаємодій, внутрішніх ресурсів і механізмів, які зумовлюють еволюційний потенціал систем. Для вирішення наукових і практичних завдань геоекологія використовує увесь арсенал методів географії та екології – польових і камеральних, традиційних і новітніх, загальнонаукових і специфічних.

*Системний підхід* укорінився в географії принаймні з середини минулого століття. Загальну теорію систем розробив у 40-х роках ХХ ст. австрійський біолог Карл Людвіг фон Берталанфі (1901-1972), який називав системою цілісний комплекс елементів, що взаємодіють. Широке упровадження системного

підходу в екології розпочалося з введенням Артуром Тенслі терміну «екосистема» (1935), а в географії – поняття «геосистема» (В.Б. Сочава, 1963).

Геоекосистеми, що належать до сфери досліджень геоєкології, відрізняються від інших систем територіальністю і характеризуються двома типами внутрішніх зв'язків – горизонтальними (просторовими) і вертикальними. Вертикальні – це зв'язки між ґрунтами і рослинністю, крутизною схилу та інтенсивністю змиву, кількістю опадів і ерозійним розчленуванням. Вертикальні зв'язки сприяють розповсюдженню антропогенних впливів від компонента до компонента, наприклад, від води до рослинності, результатом чого стає зміна всієї системи. Аналіз вертикальних зв'язків необхідний для прогнозування можливих негативних змін або управління впливом на один компонент з метою отримання позитивного ефекту від інших.

Горизонтальними зв'язками різні види забруднень розповсюджуються сусідніми геоекосистемами, тому їхнє вивчення дозволяє визначати просторові ареали впливу інженерних споруд на природу, що дуже важливо для виявлення зони можливого забруднення; аналізувати ймовірність впливу на той чи інший компонент з метою позитивної зміни іншого, що є особливо важливим для геоєкологічного проектування.

Зв'язки можуть бути прямими, якщо вплив передається з виходу однієї системи на вхід іншої, та зворотними, коли вплив повертається назад через ланцюг зв'язків або з виходу системи на її вхід. За позитивного зворотного зв'язку вихідний імпульс посилює вплив на вході, що часто порушує рівновагу в системі (наприклад, при утворенні снігових лавин). Коли зворотний зв'язок негативний, вихідний імпульс послаблює дію вхідного сигналу і зазвичай призводить до стабілізації системи (наприклад, зменшення стоку в озеро скорочує площу його дзеркала, а тим самим і величину випаровування, що відновлює його водний баланс). Негативні зворотні зв'язки виступають своєрідними важелями саморегулювання природних геосистем і таким чином визначають їхню стійкість. Оскільки геоекосистемам притаманні усі системні риси – взаємозв'язки елементів, єдність, цілісність, будь-який антропогенний вплив тягне за собою цілий ланцюг змін внаслідок тісного вертикального і горизонтального взаємозв'язку окремих компонентів системи.

Геоекосистемам також притаманні стійкість і мінливість, що забезпечуються сполученням процесів самоорганізації і управління. Мінливість (властивість змінюватися) буде тим менше, чим вище стійкість до різних зовнішніх

впливів. Мінливість геоекосистем визначається глибиною змін їхніх окремих компонентів, а стійкість – здатністю продовжувати виконання заданих суспільством соціально-економічних функцій, залежно від природних чи техногенних збурень. Стійкість не може бути однаковою до різних видів впливу, тому вона має оцінюватися відносно певного виду природокористування (гірничодобувна промисловість, сільська чи міська забудова, рекреація тощо) та сукупності впливів. Надійністю геоекосистем називають здатність виконувати покладені на них суспільні функції.

З традиційних загальнонаукових методів дослідження у геоecології застосовуються передусім спостереження (польові дослідження), описовий та експериментальний методи, аналіз і синтез, порівняння та аналогія, узагальнення і абстрагування, моделювання і прогнозування. Методи геоecологічних досліджень базуються на системному аналізі та загальних принципах об'єктивності, причинності, актуалізму і еволюційності. Методологічну основу становлять польові, описові, стаціонарні й напівстаціонарні методи, картографування, аерокосмічні та геоінформаційні, геоecологічне моделювання, моніторингові спостереження за станом природного середовища тощо.

Прикладне геоecологічне дослідження спирається на проведення геоecологічного аналізу, орієнтованого на вивчення суспільних потреб, контроль за практичним упровадженням результатів і подальшу їхню підтримку. Найважливішим джерелом первинної інформації були й залишаються *натурні (польові) спостереження*. Особливою їх формою є експедиційні дослідження, коли певний об'єкт вивчається у польових умовах, що супроводжується тематичною зйомкою і збором зразків. За результатами у вигляді карт, текстів, таблиць, різних графічних матеріалів складають бази даних. Стаціонарні дослідження дозволяють вести синхронні спостереження за різними процесами безперервно. Наприклад, спостереження Всесвітньої метеорологічної мережі охоплюють майже всю поверхню земного шару.

*Дистанційні методи* геоecологічних досліджень дозволяють вести візуальні спостереження за станом земної поверхні з льотних апаратів, а інформація отримується за допомогою аерофотозйомки та космічної зйомки. Інформацію з фотографій земної поверхні, яку отримують шляхом дешифрування аеро- та космознімків, можна поновлювати у автоматичному режимі, що надає всіляких можливостей для аналізу динамічних змін в геоекосистемах. Спектрональні знімки з використанням різних фільтрів дозволяють визначати такі параметри,



як рівень зволоження земної поверхні, еродованості ґрунту, забруднення атмосферного повітря тощо. Космічні методи забезпечують максимальне синхронне охоплення великих площ і можливість повторних спостережень.

Передпроектні геоecологічні дослідження мають на меті досягнення максимальної відповідності структури природокористування функціональній ландшафтній організації території. Результати таких досліджень інтерпретуються у вигляді серії взаємозалежних прикладних карт, переважно складених на основі ландшафтної карти, масштаб якої і обсяг необхідної інформації відповідають певній стадії проектування. Кожна зі складених карт має поетапно включатися у процес геоecологічного планування (Рис. 1). Перехід від загальнонаукової ландшафтної карти до серії прикладних карт послідовно насичує інформацією той чи інший вид регіонального природокористування залежно від його цілей.



Рис. 1. Орієнтовні етапи геоecологічного планування території

Оцінними картами можуть служити картосхеми геоecологічного районування, які дають оцінку сучасного геоecологічного стану способом ранжирування на класи станів. Цей тип геоecологічних карт є базовим для прогностичних оцінок і природоохоронних рекомендацій; на основі наявної геоecологічної інформації дається її оцінка з позицій комфортності й безпеки проживання людини. Геоecологічне районування може використовуватися на державному і регіональному рівнях для обґрунтування управлінських рішень щодо нормування

антропогенних навантажень та оптимізації природокористування. Результати досліджень можуть бути корисними для детальнішої геоecологічної оцінки території окремих регіонів з метою обґрунтування заходів щодо удосконалення територіальної структури природокористування з врахуванням перспективних змін стану геоекосистем, а також при розробці територіальних комплексних схем охорони природи, геопроектування і планування.

Агроландшафтне районування для практичних цілей передбачає поділ досліджуваної території на райони з однотипними природними і соціально-економічними умовами аграрного виробництва. Головними критеріями агроландшафтного районування виступають ландшафтна структура території, рівень та інтенсивність сільськогосподарського освоєння, найбільш поширені процеси деградації сільськогосподарських земель (ерозійні, заболочування, підтоплення, вторинне засолення), меліоративні заходи.

## **1.2 Оцінка і прогнозування в геоecологічних дослідженнях**

Оцінка придатності геоекосистем або їх окремих компонентів для конкретного виду природокористування здійснюється за схемою «вплив – зміни – наслідки» і передбачає наявність об'єкта (що саме оцінюється) та суб'єкта (з яких позицій оцінюється). Об'єктом є зміни геоекосистем, суб'єктом – види господарської діяльності людини і сама людина. Системні взаємодії призводять до виникнення «ланцюгових реакцій» змін геоекосистем, тому механізми цих змін та їх наслідків досліджуються за відповідним алгоритмом (Рис. 2).

Відносно суб'єкта виділяють два основні напрямки оцінювання – технологічний (виробничий) і соціально-екологічний. *Технологічна оцінка* передбачає визначення ступеня придатності геоекосистеми для того чи іншого виду господарської діяльності. Відповідно до суб'єктів (галузей виробництва) тут розрізняють інженерно-будівельну, сільськогосподарську, меліоративну та інші види оцінок. Технологічні оцінки можуть бути *окремими*, або диференційними, що належать до окремих властивостей компонентів геоекосистем, і *загальними*, або інтегральними, синтетичними, які належать до природного комплексу в цілому або до будь-якого його компоненту.

Необхідність отримання окремих оцінок пов'язана з тим, що оцінювати геоекосистему в цілому неможливо, якщо не оцінити її окремі властивості, тобто не мати окремих оцінок. Потреба у загальних інтегральних оцінках виникає тоді, коли необхідно обрати з декількох об'єктів один не за будь-якою однією властивістю, а за сукупністю декількох властивостей. Слід зазначити, що по-

няття «окремі» та «загальні» оцінки є досить умовними. Наприклад, оцінка клімату може бути окремою відносно оцінки сукупності декількох компонентів (факторів). У той же час ця оцінка є загальною відносно оцінки окремих властивостей клімату.



Рис. 2. Загальний алгоритм дослідження «ланцюгових реакцій» змін геоекосистем

*Соціально-екологічний* напрям оцінювання пов'язаний з оцінкою змін природного середовища як сукупності умов життєдіяльності людей. У даному випадку суб'єктом оцінки стає безпосередньо сама людина, населення. До конкретних видів оцінок належать, зокрема, рекреаційна і естетична оцінки. Метод *бальної оцінки* полягає у визначенні ступеня сприятливості окремих ділянок території для різних видів господарського використання в умовних величинах – балах. Спочатку проводиться бальна оцінка кожного фактору, а потім бали підсумовуються.

Оцінка негативних наслідків впливу людини на природу базується на виявленні ступеня змін природи як середовища мешкання людини; головним критерієм таких оцінок є здоров'я населення. Зазвичай оцінка наслідків здійснюється через певні послідовні дії (Рис. 3). Розрізняють два основних види оцінки наслідків – економічну та позаекономічну. *Економічна оцінка* – це вартісне вираження суспільно-необхідних витрат на запобігання збиткам, на компенсацію, на збереження здоров'я населення, на природоохоронні заходи, тобто така оці-

нка наслідків, що може знайти вартісне вираження. Зокрема, економічна оцінка природних ресурсів є системою натуральних показників (бали, класи, коефіцієнти) та вартісних показників у грошовому вираженні, які повинні враховувати фактори попиту і пропозиції, процеси інфляції, а також необхідність резервувати частину засобів для компенсаційних та природоохоронних заходів.



Рис. 3. Послідовність дій щодо оцінки наслідків впливу людини на природу

*Позаекономічна оцінка* передбачає урахування (у будь-якій формі, крім вартісної) соціальних, медико-екологічних наслідків; це оцінка змін якості природного середовища. Вона визначається в абсолютних показниках або умовних величинах (наприклад, у балах – бальна оцінка). Саме позаекономічна оцінка застосовується в геоекологічних дослідженнях. Її головна функція полягає у тому, щоб ще до затвердження будь-якого плану чи проекту визначити ставлення конкретного суб'єкта до майбутніх змін природного середовища та виявити фактори, які лімітують можливості використання території для того чи іншого виду господарської діяльності. У цьому виявляється безпосередній зв'язок оцінки з прогнозом, яка служить ніби перехідною ланкою від прогнозу до проекту.

Найзагальніше *прогноз* (від грец. *prognosis* – передбачення) можна визначити як ймовірний опис можливого стану якогось явища чи процесу в майбутньому. За визначенням академіка І.П. Герасимова (1985), прогноз – це обґрун-

товане передбачення нових явищ у природі, нових подій у суспільстві або різних змін у характері нині існуючих явищ і подій. Це наукове передбачення невідомого або частково відомого. Наведемо й деякі інші визначення прогнозу:

- результат наукового передбачення змін у розвитку будь-яких процесів у на підставі даних про напрямки, характер та особливості їхнього попереднього розвитку;
- систематична науково обґрунтована інформація про якісні й кількісні характеристики розвитку об'єкта прогнозування у перспективі;
- імовірнісне судження про настання тих чи інших подій або явищ.

Для успішного прогнозування необхідний достатньо тривалий ряд спостережень. Прогноз є універсальним методом і водночас невід'ємною функцією будь-якої наукової дисципліни. Кожен з можливих станів майбутнього розвитку явищ або процесів є окремим варіантом прогнозу. Для кожного варіанту прогнозу визначаються три часткові прогнози: реалістичний (середній), оптимістичний (максимальний) і песимістичний (мінімальний). *Об'єктами* геоекологічного прогнозування є геоекосистеми різних таксономічних рангів, найчастіше локального і регіонального рівнів. З властивостей геоекосистем як об'єкта прогнозних досліджень витікають принципові властивості самих прогнозів:

- комплексність, тобто необхідність передбачення змін компонентів геоекосистем у їхньому взаємозв'язку або ж природного комплексу в цілому;
- динамічний підхід до прогнозованого об'єкта;
- просторово-часова єдність прогнозу, що відображає одночасність змін геоекосистем у часі й просторі;
- якісно-кількісний характер прогнозу, що відображає відповідний рівень опису геоекосистем.

*Прогнозування* – це процес розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо можливих варіантів розвитку явищ і процесів, альтернативних термінів їхніх змін та визначення конкретних рекомендацій для практичної діяльності. Це наукове передбачення зміни станів об'єкта дослідження упродовж фіксованого відрізка часу в майбутньому. У прогнозуванні використовуються як накопичений у минулому досвід, так і поточні припущення щодо майбутнього з метою його визначення. Якщо прогнозування виконано якісно, результатом стає картина майбутнього, яку цілком можна використовувати як основу для планування.

Методи прогнозування для попередження прояву надзвичайних екологічних ситуацій широко використовуються в геоекології з метою забезпечення оптимального функціонування геоекосистем. У багатьох випадках *геоекологічне прогнозування* – це наукова розробка уявлень про геоекосистеми майбутнього, їхні докорінні властивості й різноманітні змінні стани, у т. ч. обумовлені діяльністю людини. Одним з найголовніших завдань такого прогнозування є запобігання можливим руйнівним природним процесам, які посилюються технічними засобами, а також створення раціональної структури території, виявлення вторинних впливів та можливих довготривалих змін природного середовища.

Прогнозні дослідження мають також на меті надання інформації про терміни незворотного виснаження природних ресурсів та дигресії природного середовища у разі розміщення тих чи інших господарських об'єктів. При цьому необхідно визначити не просто вплив об'єкта на природу, але й ті функції середовища, які під цим впливом порушуються. Прогноз або підтверджує необхідність, можливість та доцільність розміщення на даній території певних господарських об'єктів, або спростовує. Процес геоекологічного прогнозування зазвичай складається з певних послідовних етапів (Рис. 4).

Якщо на етапі оцінки достовірності прогнозу виявлено помилки, необхідно з'ясувати причини їхнього виникнення. У випадку виявлення логічних помилок (наприклад, недооцінки чи переоцінки впливу окремих факторів на об'єкт прогнозування) слід повернутися до етапу аналізу цих впливів. Якщо виявлено помилки, пов'язані з вибором методу прогнозування, необхідно переглянути відповідний етап, внести корективи і продовжити процес розробки прогнозу. Виявлення інформаційних помилок вимагає перегляду вихідних даних, які акумулюються на етапі дослідження історії розвитку об'єкта прогнозування.

Науково обґрунтовані прогнози майбутнього забезпечують *методи прогнозування* – операції і прийоми, які на основі ретроспективних даних, зовнішніх і внутрішніх зв'язків об'єкта прогнозування, а також їхніх змін дають можливість передбачати його майбутній розвиток. Метод прогнозування має обиратися залежно від мети і завдань прогнозу; терміну, на який цей прогноз складається; особливостей об'єкта прогнозування; достовірності та повноти інформаційної бази прогнозу; попереднього досвіду тощо. Наявність великої кількості методів прогнозування зумовлює необхідність вибору найбільш прийняттого з них у кожній конкретній ситуації.



Рис. 4. Етапи геоекологічного прогнозування

Для складання прогнозів використовують як загальні методи досліджень (порівняння, історичний тощо), так і спеціальні (метод екстраполяцій, аналогій, індикаційний, моделювання, балансовий, експертних оцінок, статистичний метод). Послідовність застосування методів та їхній вибір у кожному конкретному випадку можуть змінюватися, але основні етапи прогнозування мають бути збережені. Зокрема, дуже поширеним є *метод екстраполяцій*, проте він неточний. Екстраполяції – це збирання інформації про розвиток об'єкта у минулому і перенесення закономірностей цього розвитку на майбутнє. Наприклад, якщо відомо, що при створенні водосховища за умов неглибокого залягання ґрунтових вод відбувається підтоплення і заболочування, то можна уявити, що тут і надалі будуть продовжуватися подібні процеси.

Вибір *методу експертних оцінок* зазвичай визначається складністю структури об'єкта прогнозування, невизначеністю його динаміки, розвитку і функціонування. Більш-менш чітку картину майбутнього дозволяють встановити саме висновки експертів. Експертні методи базуються на опитуваннях фахівців (експертів) щодо можливих змін об'єкта прогнозування у майбутньому. *Метод аналогів* базується на тому, що закономірності розвитку одного процесу з пев-



ними поправками можна перенести на інший процес, для якого необхідно скласти прогноз (наприклад, вплив проектного водосховища на прилеглі території).

У прогнозуванні широко застосовуються *методи математичного моделювання*, що дозволяють досить достовірно імітувати природні процеси: в минулому, нині та у майбутньому. Моделювання базується на побудові моделей об'єкта відповідно до очікуваних (бажаних) змін у його стані. Отже, різні методи прогнозування дають змогу на основі аналізу внутрішніх і зовнішніх зв'язків об'єкта передбачити ймовірність його майбутнього розвитку. Система методів прогнозування постійно вдосконалюється і поповнюється. Методологічними підходами до геоecологічного прогнозування є передусім системний, а також історичний, альтернативний і диференційований підходи:

- ✓ *Системний* підхід дозволяє розглядати кожне природне явище чи процес як систему, побудовану з окремих пов'язаних елементів. Інтеграція певних ознак окремих елементів у єдине ціле дозволяє оцінити стан системи у майбутньому.
- ✓ *Історичний* підхід передбачає розгляд явищ і процесів у динаміці. Тобто кожен процес розглядається як рух від минулого до теперішнього, від теперішнього до майбутнього. Тримірність розвитку (минуле – теперішнє – майбутнє) передбачає і певні взаємозв'язки: теперішнє є закономірним результатом розвитку минулого; майбутній стан витікає із закономірностей і тенденції розвитку теперішнього.
- ✓ *Альтернативний* підхід передбачає використання декількох методів прогнозування з метою вибору одного, найбільш прийняттого.
- ✓ *Диференційований* підхід передбачає урахування специфічних особливостей тих чи інших окремих об'єктів.

Прогнози різняться за тривалістю, масштабами і провідними функціями. За *тривалістю* прогнози бувають короткотермінові (до одного року), середньотермінові (від 1 до 5 років), довготермінові (від 5 до 15-20 років), далекотермінові (більше 20 років). Залежно від кінцевої мети і стадії дослідження, прогнозування може мати різний ступінь детальності й точності – просторової і часової. Найбільше практичне значення для геоecології мають середньотермінові й довготермінові прогнози, які розповсюджуються на локальний і регіональний рівні.



За *масштабами* прогнози поділяють на глобальні, регіональні, міжрегіональні, галузеві. За *функціями* розрізняють пошукові та нормативні (цільові) прогнози. Пошуковий прогноз носить здебільшого пізнавальний, дослідницький характер, оскільки його мета – з'ясувати, як розвиватиметься досліджуваний об'єкт за умов збереження існуючих тенденцій. Нормативний прогноз зазвичай розробляється на основі наперед визначених цілей (нормативів) і тому безпосередньо пов'язаний з можливістю прийняття найбільш оптимальних господарських чи природоохоронних рішень.

Результатом геоекологічного прогнозування є *прогнозна карта*, де відображаються ті геоекосистеми, у межах яких наслідки антропогенних впливів проявляються порівняно однозначно. Основою такої карти служить інформація про ступінь антропогенного перетворення природних геосистем, оцінна карта і схема ландшафтно-функціонального зонування території. Відображені на прогнозній карті геоекосистеми у подальших дослідженнях можуть стати основними структурними одиницями прогнозно-природоохоронної карти, що виконується для прийняття остаточних проектно-планувальних рішень.

### **1.3 Нормування господарських навантажень на геоекосистеми**

Для оцінки ступеня антропогенного впливу на окремі геоекосистеми і природне середовище в цілому використовують низку показників. Вплив, внаслідок якого відбувається зміна властивостей і функцій ландшафту, називають *навантаженням* на геоекосистему. Допустиму величину впливу, яка не призводить до істотних порушень властивостей і функцій геоекосистеми, визначають як *норму навантаження*. Критичним, або гранично допустимим, навантаженням вважається така його величина, перевищення якої призводить до руйнування структури геоекосистеми і порушення її соціально-економічних функцій.

Діяльність з обґрунтування та розробки норм навантажень отримала назву *нормування*. Метою нормування є виявлення границь допустимих навантажень та їхнього обчислення за допомогою нормативних показників. Останні визначаються, з одного боку, соціально-економічними потребами суспільства, а з іншого – здатністю геоекосистем до самоочищення, саморегулювання і самовідновлення.

Допустимий стан повітряного і водного басейнів, ґрунтів та інших компонентів геоекосистем регламентують *стандарти якості навколишнього середовища*. Існує також поняття стандартів впливу на природне середовище пев-

них виробничих процесів, які встановлюють рівень скидів і викидів забруднювальних речовин після використання очисного обладнання. Екологічна стандартизація і нормування є ефективним засобом охорони навколишнього середовища, за допомогою чого регулюється допустиме навантаження на геоекосистеми і встановлюються межі впливу господарської діяльності на природне середовище.

*Стандарти якості* – єдині нормативи і водночас вимоги до діяльності промислових та інших підприємств задля забезпечення оптимальної якості навколишнього середовища. Норми, правила і вимоги носять правовий характер і виконують декілька функцій, зокрема попереджувальну, заборонну, відновну, а також стимулювання. Серед основних стандартів – *гранично допустимі концентрації* (ГДК) шкідливих впливів, які встановлюють порогову величину пилового, газового, теплового, радіоактивного і шумового забруднення навколишнього середовища. ГДК – це максимальна кількість шкідливих речовин в одиниці об'єму чи маси водного, повітряного і ґрунтового середовища, яка практично не впливає на здоров'я людини (обчислюється у мг на 1 м<sup>3</sup> повітря, 1 л рідини чи 1 кг твердої речовини). Зокрема, в Україні встановлені нормативи ГДК для 600 речовин у повітряному середовищі, 200 – у водному і 100 – у ґрунті. Для кожної речовини встановлюються два нормативи ГДК: максимальна разова і середньодобова.

Для *атмосфери* показниками екологічної безпеки вважаються нормативи ГДК у повітрі населених пунктів. При їхньому встановленні керуються тим, що хімічна сполука, яка тривалий час діє на організм людини, не викликає будь-яких патологічних змін, що можуть бути виявлені сучасними методами дослідження, до того ж не порушує біологічного оптимуму для людини. В Україні розроблені й діють нормативи ГДК майже для 900 хімічних сполук. Але фактично кількість інгредієнтів, що надходять в атмосферу від стаціонарних і пересувних джерел забруднення, у кілька десятків разів перевищує цю цифру.

Нині розроблено понад 500 нормативів вмісту хімічних сполук у *водних об'єктах*. Крім того, існують загальні вимоги до якості води залежно від категорії водокористування: до температури, кольору, запаху, мінерального складу, вмісту завислих речовин, біологічного споживання кисню, наявності збудників захворювань і отруйних речовин. Якість *ґрунтового покриву* на сільськогосподарських угіддях контролюють, використовуючи нормативи ГДК хімічних речовин у ґрунті, а також показники комплексної характеристики забрудненості

ґрунтів – так звані бактеріологічні критерії. Джерелами забруднення ґрунтів здебільшого є тверді промислові відходи, шкідливі викиди в атмосферу промисловості, енергетики і транспорту, побутові відходи, хімічні засоби захисту рослин.

Концентрація шкідливих домішок у повітрі, воді чи ґрунті у певний час на певній території називається *фоновією* концентрацією. Контроль за станом геоекосистем та їхніх окремих компонентів здійснюється шляхом зіставлення фоновієї концентрації з гранично допустимою. Шкідливі речовини за ступенем небезпечної дії на людину поділяються на чотири класи: I – надзвичайно небезпечні (нікель, ртуть); II – високо небезпечні (сірководень, діоксид азоту); III – помірно небезпечні (сажа, цемент); IV – мало небезпечні (бензин, фенол). Чим шкідливіша речовина, тим складніше здійснити захист атмосферного повітря, водойми чи ґрунту.

До основних стандартів також належать *гранично допустимі навантаження* (ГДН), тобто граничні значення господарського або рекреаційного навантаження на природне середовище, які встановлюються з урахуванням ємності природного середовища, його рекреаційного потенціалу, здатності до відновлення. *Гранично допустимі залишкові кількості* (ГДЗК) – це кількість шкідливих речовин в харчових продуктах та живих організмах, які мають здатність акумулюватися у трофічних ланцюгах та їхніх окремих ланках.

У випадках, коли потрібно розділити території з різними (несумісними) функціями, між ними створюють так звані «буферні смуги» – захисні зони, які обов'язково мають відповідати певним нормативам. Для організації санітарних зон навколо джерел водопостачання, зелених зон міст, промислових підприємств, курортів тощо використовуються *санітарно-захисні нормативи*. Наприклад, у містах з населенням менше 10 тис. чол. на кожну тисячу жителів має бути виділено 50 га лісової площі; у містах з населенням більше 500 тис. чол. – 130 га на тисячу жителів.

Вплив кожного конкретного джерела забруднення регулюється *виробничо-господарськими стандартами*, які обмежують (лімітують) параметри господарської діяльності конкретного об'єкта. Ця група стандартів встановлює нормативи *гранично допустимих викидів* (ГДВ) в атмосферу, ґрунти, водойми. Наприклад, ГДВ для атмосфери – це маса викидів шкідливих речовин за одиницю часу від одного або декількох джерел забруднення атмосфери міста чи іншого населеного пункту з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств.

емств і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, що створює приземну концентрацію, яка не перевищує ГДК для населення, рослинного і тваринного світу. ГДВ вимірюється у грамах на секунду (г/с).

До основних стандартів також належать *гранично допустимі рівні* (ГДР), тобто вплив на людину шуму і вібрації, які не викликають негативних змін стану її здоров'я. Рівень екологічної безпеки фізичного впливу на навколишнє середовище визначається нормативами гранично допустимих рівнів акустичного, електромагнітного, теплового, світлового та інших видів забруднення. *Гранично допустимі дози* (ГДД) – це така кількість шкідливих речовин, дія яких не викликає згубних наслідків у організмі людини. *Гранично допустимі надходження* (ГДН) характеризують забруднювальні речовини, які надходять на певну площу за одиницю часу в кількостях, що не перевищують ГДК. *Гранично допустимі скиди* (ГДС) відображають масу забруднювальних речовин, яку дозволяється скидати у водні об'єкти зі стічними водами за одиниці часу з метою дотримання норм якості води. Для водних об'єктів встановлюється нормування якості води відповідно до призначення водокористування: для питного водопостачання населення і підприємств харчової промисловості; для культурно-побутових цілей (купання, спорту, відпочинку); для риборозведення тощо.

Значно менше розроблені нормування навантажень на комплексні природні об'єкти – *геоекосистеми*. Труднощі щодо вирішення цієї проблеми пов'язані з необхідністю використання комплексних показників, розробки нормативів для різних станів геоекосистем (стійких, мінливих, критичних), урахування просторової диференціації природного середовища. Комплексні показники отримуються передусім шляхом інтеграції компонентних нормативів. Критерієм шкідливого впливу служить показник *гранично допустимого екологічного навантаження* (ГДЕН), тобто такий рівень навантаження, за якого зберігається нормальне функціонування геоекосистеми. Ступінь антропогенного навантаження визначається множиною параметрів, а саме:

- для впливу *землеробства* – кількість внесених добрив і пестицидів на одиницю площі, кількість проходів сільськогосподарської техніки полем, питомий тиск машин на ґрунт, глибина обробітку ґрунту, щорічні втрати гумусу після збирання врожаю тощо;
- для *промислових* впливів – обсяги викидів забруднень в атмосферу, поверхневі й підземні води (середні разові, максимальні разові, у цілому за рік), шумове і теплове забруднення тощо;

- для впливу *рекреації* – кількість відпочиваючих на одиницю площі протягом року, максимальна кількість рекреантів за один день (пікове одночасне завантаження), кількість наметів і вогнищ на одиницю площі, витоптування трав'яного покриву.

Розробка екологічних нормативів потребує ретельних досліджень стійкості геоекосистем до антропогенних навантажень. Результати досліджень свідчать про те, що за тривалого антропогенного втручання у природне середовище на рівні критичних навантажень у ньому з'являються випадкові або періодичні зміни параметрів стану, що можуть призвести до змін загального стану геоекосистем. Кумулятивний ефект накопичення регулярних збурень може призвести до змін природного середовища і його переходу в інший стан. Екологічні нормативи мають враховувати потенційно можливе існування різних станів (стабільних, нестабільних) і різних типів динаміки об'єктів нормування.

Нормативи гранично допустимих концентрацій шкідливих сполук, що забруднюють атмосферу, воду і ґрунти, встановлюються для оцінки стану природного середовища та гарантії екологічної безпеки суспільства. Розроблення системи екологічних стандартів спрямоване на досягнення конкретних природоохоронних результатів – розрахунок навантаження на геоекосистеми з дотриманням екологічних нормативів, які визначають умови безпечного життя людини.

#### **1.4 Оцінка впливів на навколишнє середовище**

*Оцінка впливу на навколишнє середовище* (ОВНС), як один з головних інструментів геоекологічного планування, передбачає визначення масштабів і рівнів впливу планованої діяльності на навколишнє середовище, розроблення заходів щодо запобігання або зменшення цих впливів. Метою ОВНС є визначення доцільності й прийнятності планованої діяльності, обґрунтування економічних, технічних, організаційних, санітарних та інших заходів щодо забезпечення безпеки навколишнього середовища.

Основними завданнями ОВНС є розгляд екологічних, соціальних і техногенних факторів, санітарно-епідемічної ситуації планованої діяльності; визначення переліку можливих екологічно небезпечних впливів і зон впливів планованої діяльності на навколишнє середовище; прогнозування змін стану довкілля відповідно до переліку виявлених впливів; обґрунтування комплексу заходів щодо попередження або обмеження небезпечних впливів планованої діяльності на навколишнє середовище.

Уперше ОВНС було запроваджено у США, коли Конгрес у січні 1970 року прийняв законодавчий акт широкої дії – Національний акт про екологічну політику, згідно якого міждисциплінарне оцінювання потенційних впливів на довкілля значних проектів стало обов'язковим. Це дало поштовх до створення процесу оцінки впливу на навколишнє середовище як інструмент для прогнозування впливу на довкілля запланованої промислової діяльності. До середини 1980-х років систему ОВНС було впроваджено по всій Європі.

Первинною Директивою про ОВНС стала Директива Ради 85/337/ЄЕС від 27.06.1985 р. «Про оцінку наслідків впливу деяких громадських і приватних проектів на навколишнє середовище», яка поширюється на широкий спектр державних і приватних проектів. Обов'язкова ОВНС у всіх країнах ЄС здійснюється для всіх проектів, які розглядаються як такі, що мають значний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, атомні електростанції, залізничні лінії далекого сполучення, автомагістралі, аеропорти з довжиною основної злітно-посадкової смуги  $\geq 2100$  м, установки для видалення небезпечних відходів, греблі з об'ємами води понад 10 млн м<sup>3</sup>.

У 1987 році Керівна рада Програми ООН із захисту довкілля затвердила, а Генеральна асамблея ООН схвалила Резолюцію щодо переліку цілей і принципів ОВНС. Відповідно до цього документа, ОВНС є процесом аналізу позитивних і негативних впливів на довкілля запропонованого проекту, плану чи діяльності. Конкретною метою оцінки є надання тим, хто приймає рішення, інформації, яка дозволяє включити питання охорони довкілля у процес прийняття рішення щодо схвалення, відхилення чи зміни проекту, плану чи діяльності, які перебувають на стадії розгляду.

25 лютого 1991 року в місті Еспо (Фінляндія) було прийнято Конвенцію Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН про оцінку впливу на довкілля у транскордонному контексті (Конвенція Еспо, набула чинності 1997 р.). Це міжнародний договір, що зобов'язує держави проводити оцінку впливу проектів на навколишнє середовище у випадку, коли такі проекти можуть вплинути на довкілля іншої держави. Хоча Конвенція Еспо зосереджується переважно на транскордонних процедурах, втім вимагає затвердження національної процедури оцінки впливу на навколишнє середовище. Метою Конвенції є запобігання значному шкідливому транскордонному впливу, як результату запланованої господарської діяльності, а також його зменшення і контроль за ним. Значний вплив на територію, природні ресурси, населення інших держав можуть надавати хімічні комбінати, нафто- і газопроводи, масштабна вирубка лісів тощо.

25 червня 1998 року в місті Орхус (Данія) було затверджено Конвенцію ЄЕК ООН про доступ до інформації, участь громадськості у процесі прийняття

рішень та доступ до правосуддя у питаннях, що стосуються довкілля (Оргуська конвенція). Цим запроваджено обов'язковість участі громадськості у процедурі оцінки впливу на довкілля, а також задекларовано необхідність доступу до правосуддя у цій сфері.

2001 року було прийнято Директиву 2001/42/ЄС Європарламенту і Ради ЄС стосовно оцінки впливу на навколишнє середовище певних планів і програм – Директива про стратегічну екологічну оцінку (СЕО). Директива про СЕО, слідуючи первинній моделі США, доповнила європейську схему оцінки впливу на навколишнє середовище, яка початково зводилася лише до оцінки впливу окремих проектів, законодавчою схемою для оцінки стратегічних документів (планів і програм), оскільки це виявилось дуже успішним згідно Національного акту про екологічну політику США. 2003 року Конвенцію Еспо було доповнено Протоколом ЄЕК ООН про СЕО, підписаним у Києві. Протокол набув чинності 2010 року.

Директива 2011/92/ЄС від 13 грудня 2011 року «Про оцінку наслідків певних державних і приватних проектів для навколишнього природного середовища» стосується проектів, що можуть мати значні негативні наслідки для довкілля. Передбачає ідентифікацію, опис та оцінку прямих і непрямих наслідків від реалізації тих чи інших проектів для здоров'я населення, біорізноманіття, видів та їхніх оселищ, ґрунтів, водойм, повітря, клімату, ландшафтів, культурної спадщини.

Отже, ОВНС є правовим інструментом попередження шкідливих екологічних наслідків і здійснюється до початку реалізації будь-якого проекту, а не на етапі його затвердження. У процесі ОВНС визначається ступінь екологічного ризику планованої діяльності та її впливу на здоров'я і умови життєдіяльності людини, проводиться ідентифікація потенційно небезпечних об'єктів, розробляються технічні рішення щодо запобігання аваріям і викидам небезпечних речовин, а також рекомендації зі зниження вказаних ризиків. Оцінка впливу на довкілля здійснюється у декілька послідовних етапів (Рис. 5), а її звіт містить такі відомості:

- опис планованої діяльності – наприклад, види і обсяг природних ресурсів, які планується використовувати;
- оцінку за видами і обсягами очікуваних відходів, забруднення води і повітря, ґрунтів і надр, радіаційного та іншого забруднення;
- компоненти довкілля, які ймовірно зазнають впливу з боку планованої діяльності, у т. ч. здоров'я населення;
- оцінку можливого впливу на довкілля планованої діяльності;
- опис методів прогнозування для оцінки впливів на довкілля;

- зміст програм моніторингу і контролю щодо впливу на довкілля під час провадження планованої діяльності.



Рис. 5. Загальна процедура оцінки впливу на довкілля

*Стратегічна екологічна оцінка* стосується планів і програм, які розробляються для сільського і лісового господарства, риболовства, енергетики, промисловості, транспорту, управління відходами і будь-яких інших проектів, які потребують оцінки впливу на навколишнє середовище згідно з національним законодавством. Встановлення чітких і відкритих процедур СЕО має на меті забезпечення високого рівня охорони довкілля і здоров'я населення, у т. ч. при розробленні політики і законодавства. Відповідно до Протоколу про СЕО, кожна його сторона забезпечує ефективні можливості для участі громадськості у екологічній оцінці планів і програм.

Порівняно з оцінкою впливу конкретного проекту на довкілля, СЕО підключається у процес прийняття рішень на більш ранньому етапі, що дозволяє запобігти незворотним наслідкам і помилкам при невдалому плануванні. СЕО також використовується на початковому етапі розроблення плану або програми, що встановлює рамки для майбутніх проектів, які підлягають ОВНС, а також може бути застосована до іншої діяльності, що може вплинути на довкілля. Екологічна ефективність СЕО значно вище, ніж ОВНС, для попередження небезпечних для навколишнього середовища наслідків. Наприклад, СЕО може сприяти формуванню ефективнішої транспортної політики, а не просто зведен-



ня до мінімуму впливу на довкілля при будівництві дороги, що передбачено ОВНС.

Процедуру СЕО можна резюмувати таким чином: готується звіт (Environmental Report), у якому визначаються можливі суттєві впливи на довкілля і розумні альтернативи пропонованому плану або програмі. Інформуються громадськість і природоохоронні органи, з ними проводяться консультації щодо проекту, плану чи програми і підготовленого звіту. Якщо проекти, у разі їхньої реалізації, можуть значно вплинути на навколишнє середовище іншої (сусідньої) держави, мають бути проведені консультації з цією державою. Звіт і результати консультацій враховуються у процесі прийняття планів чи програм. З метою виявлення непередбачуваних наслідків на ранній стадії, здійснюється моніторинг значних негативних впливів плану чи програми.

Звіт про СЕО складається до затвердження документа державного планування і містить таку інформацію:

- основні цілі документа державного планування;
- характеристика поточного стану довкілля, у т. ч. здоров'я населення;
- характеристика стану довкілля, умов життєдіяльності населення і стану його здоров'я на територіях, які ймовірно зазнають впливу;
- екологічні проблеми, у т. ч. ризики впливу на здоров'я населення;
- опис наслідків для довкілля, у т. ч. для здоров'я населення;
- заходи, що передбачено вжити для запобігання, зменшення і пом'якшення негативних наслідків;
- обґрунтування вибору виправданих альтернатив;
- заходи, передбачені для здійснення моніторингу наслідків, у т. ч. для здоров'я населення;
- опис ймовірних транскордонних наслідків (за наявності).

Наприклад, серед планів і програм, що підлягають проведенню СЕО, можна назвати щорічні інвестиційні плани Міністерства транспорту Данії, стратегії управління лісовим господарством Франції, Програма будівництва Національних доріг Польщі, програма розвідки і видобутку вуглеводнів у відкритому морі Чорногорії тощо. Прикладом транскордонної СЕО є галузевий план видобутку корисних копалин у Нохтені (Німеччина). СЕО дозволяє передбачити негативні наслідки для довкілля і здоров'я людей, до яких може привести реалізація пропонованих проектом варіантів розвитку, а також надати рекомендації щодо пом'якшення цих наслідків і вибору альтернативних шляхів розвитку.

СЕО не охоплює усі можливі наслідки, які можуть виникнути у разі реалізації проектів, а фокусується на найважливіших аспектах, які можуть призвести до серйозних негативних наслідків. Наприклад, у Болгарії, в результаті про-

ведення СЕО, до проекту Національного плану дій в галузі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) на 2011-2020 рр. було включено певні обмеження і заборону використання ВДЕ у деяких областях. В Угорщині, на основі висновків СЕО, влада відхилила увесь план розвитку м. Пілішсенткерест (Пешт) з метою запобігання негативному впливу на довкілля запланованих будівельних проектів. За результатами СЕО в Румунії було змінено Генеральний план розвитку прибережних територій – через їхню належність до мережі «Натура-2000».

СЕО сприяє екологізації економіки за рахунок можливості вибору між різними варіантами розвитку і заохочення пошуку найбільш прийнятних рішень щодо подальшого економічного розвитку територій. СЕО дозволяє вчасно попередити невдалі варіанти розвитку, що знижує ризик вартісної реабілітації від нанесеної довкіллю шкоди, наприклад, перенесення або реконструкції вже збудованих об'єктів. Отже, СЕО економить і час і кошти.

Трагедія Аральського моря є яскравим прикладом того, що може статися, коли не оцінюється вплив планованої діяльності на довкілля і життєдіяльність населення. Аральське море було четвертим за величиною озером у світі, де розвивалося рибальство і проживало численне населення. Тут водилося 34 види риби, з яких більше 20 видів мали промислове значення, а середньорічний вилов риби становив понад 350 тис центнерів. У 1960-х рр. радянський уряд вирішив перекинути воду річок Амудар'ї і Сирдар'ї, які живили Аральське море, на зрошення. Припинення стоку річок внаслідок надмірного зрошування призвело до висихання моря. Тепер це покинута людьми безплідна земля із залишками зрошувальної інфраструктури, забруднена пестицидами, добривами та іншими хімікатами. Рибна промисловість знищена, а рибальські селища перетворилися на кладовища кораблів (Рис. 6). Вчасне проведення СЕО могло б запобігти трагедії (Рис. 7), забезпечити прогнозування екологічних наслідків і запропонувати життєздатні альтернативи розвитку.

Позитивним прикладом урахування транскордонного впливу на довкілля є оновлення у 2007 році Регіонального плану розвитку і землекористування Любуського воєводства Польщі неподалік кордону з Німеччиною. Територією воєводства протікає річка Одер – європейський екологічний коридор. Польща вчасно визнала, що реалізація плану матиме значний транскордонний вплив на довкілля і здоров'я населення прикордонних територій Німеччини. Після проведення процедури транскордонної СЕО, відповідний польський орган отримав 1 099 зауважень від німецької громадськості. В результаті Німеччина була пов-

ністю задоволена документацією СЕО і не оголошувала жодних додаткових за-перечень.



Рис. 6. Покинуті судна в районі м. Аральськ



Рис. 7. Динаміка висихання Аральського моря

СЕО може бути ефективним інструментом *адаптації до зміни клімату* та пом'якшення її наслідків – шляхом упровадження запобіжних заходів у процес планування розвитку міських і сільських районів, регіонального розвитку, а також планів, пов'язаних із землекористуванням.

**Приклад.** Урядова програма Нідерландів «Room for the river» (2006-2015) мала на меті захистити близько 2 млн жителів басейну річки Рейн від підвищення рівня води і повеней, що є наслідком зміни клімату. Програмою передбачено систему заходів, які найближчими десятиліттями покликані поліпшити якість довкілля у річковому басейні й зміцнити значення річки як екологічного коридору. Проведення СЕО програми «Room for the river» дозволило:

- знайти альтернативні ділянки для реалізації близько 30 проектів;
- порівняти мінуси і основні переваги альтернативних варіантів;
- обрати кращі альтернативи проектам на основі консультацій з громадянськостю і організаціями, інтереси яких порушувалися при реалізації Програми;
- інформувати учасників обговорення та зацікавлених сторін щодо пошуку компромісних рішень.

СЕО цієї програми продемонструвала комплексний підхід до виявлення соціально-економічних можливостей і витрат різних варіантів адаптації до зміни клімату та створила умови для участі всіх зацікавлених сторін у прийнятті рішень, що сприяло суспільній підтримці майбутніх проектів, зокрема, у тих районах, з яких мешканці мають бути переселені.

Отже, ОВНС та СЕО – це процедурні інструменти екологічної оцінки, розроблені для запобігання будь-яким негативним наслідкам впливу на довкілля і здоров'я людини. Вони суттєво відрізняються – за видом діяльності й сферою охоплення. СЕО втручається у процес прийняття рішень набагато раніше і охоплює державні плани і програми на ранній стадії. ОВНС орієнтується на вплив конкретного проекту на стан довкілля, а СЕО аналізує, яким чином реалізація запропонованого плану або програми сприятиме або перешкоджатиме досягненню поставлених цілей щодо охорони навколишнього середовища. СЕО змушує сферу дії ОВД і робить весь процес планування більш ефективним.

### 1.5 Екологічні ризики

*Геоecологічна ситуація* на тій чи іншій території (адміністративний регіон, річковий басейн, район, місто, область або країна в цілому) визначається сукупністю станів природних об'єктів у її межах за певний проміжок часу. Для оцінки геоecологічних ситуацій використовують медико-географічні, соціально-економічні показники, стан повітряного і водного басейнів, біотичні, біохімічні та ландшафтні показники. За ступенем їхнього відхилення від певних норм будують ряд ситуацій – від нормальної до катастрофічної або критичної. При цьому мають враховуватися типи природно-господарських систем, у кожній з яких ця оцінка будується за різними критеріями (Табл. 1).

Геоecологічна ситуація формується під впливом закономірностей розвитку природи і суспільства в процесі природокористування. Вона відображає характер наслідків будь-яких впливів у системі «природа – господарство – населення» і містить три складові: природну, соціальну і господарську. *Природна складова* геоecологічної ситуації розкривається зокрема через якісні й кількісні показники стану довкілля і його окремих компонентів, а також розвиток несприятливих природних і природно-антропогенних процесів. *Соціальна складова* визначається характером формування якості умов життя населення, погіршенням цих умов і стану здоров'я людей в результаті техногенного впливу на природне середовище. *Господарська складова* геоecологічної ситуації визначається передусім розвитком суспільного виробництва.

Особливу роль в житті людини відіграють надзвичайні ситуації (НС), що виникають під час стихійних лих чи техногенних катастроф. Геоecологічні збитки внаслідок таких надзвичайних ситуацій проявляються передусім у руйнуванні й деградації геоecосистем, значному забрудненні повітря, водою і ґрунтів. Отже, *надзвичайними геоecологічними ситуаціями* є ті, які виникають вна-

слідок раптових природних лих або техногенних аварій і супроводжуються великими збитками. Їхніми характерними особливостями є значні відхилення екологічних показників від норми, зокрема перевищення ГДК забруднювальних речовин у сотні, тисячі й більше разів, ураганні швидкості вітру, затоплення територій населених пунктів, утворення селевих потоків та багато іншого.

Табл. 1. Функції природно-господарських систем (ПГС)

Типи ПГС	Характерні суб'єкти	Функції ПГС	Геоекологічні критерії
Селитебні (населені пункти)	Людина. Міська інфраструктура.	Забезпечення еколого-економічного і соціального середовища.	Відповідність санітарно-гігієнічним, медико-біологічним і естетичним нормам.
Промислові	Виробничі об'єкти.	Забезпечення промисловими і продовольчими товарами, спорудами.	Те ж саме – для промислових об'єктів.
Рекреаційні	Рекреанти. Рекреаційна інфраструктура.	Забезпечення відпочинку і оздоровлення.	Підвищені санітарно-гігієнічні, медико-біологічні й естетичні норми.
Аграрні	Сільськогосподарські культури.	Забезпечення продуктами харчування і сировиною.	Якість природного середовища має забезпечувати екологічно чисті продукти.
Лісоохоронні	Лісові ландшафти.	Середовище- і ресурсоохоронні.	Збереження ландшафтів у стані, близькому до природного.
Заповідні	Еталонні ландшафти.	Збереження природного генофонду.	Збереження ландшафтів у природному стані.

Такі відхилення зазвичай тривають порівняно недовго – години, дні, іноді довше, після чого ступінь гостроти прояву зменшується. Цим надзвичайна екологічна ситуація відрізняється від катастрофічної, яка переважно продовжується достатньо тривалий час (роки і десятиліття), але має меншу гостроту прояву. Надзвичайна ситуація за певних обставин може перетворитися на катастрофічну, як це сталося, наприклад, після аварії на Чорнобильській АЕС. Протягом приблизно місяця радіаційна ситуація у Чорнобилі була справді надзвичайною. Після ізоляції зруйнованого енергоблоку та спорудження в листопаді 1986 року об'єкту «Укриття» (т. зв. «саркофагу») викиди радіоактивних елементів різко зменшилися, натомість забруднення вже охопило великі території. І такий стан радіаційного забруднення триває десятиріччя. Отже, геоекологічна ситуація у Чорнобильській зоні відповідає катастрофічній.

НС розрізняються за походженням, а саме:

- ☞ *НС техногенного характеру* – транспортні аварії (катастрофи), пожежі, вибухи, аварії з викиданням чи загрозою викидання небезпечних хімічних і радіоактивних речовин, раптове руйнування споруд; аварії у енергосистемах, системах життєзабезпечення і комунікацій, на очисних спорудах тощо.
- ☞ *НС природного характеру* – небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні явища, деградація ґрунтів чи надр, пожежі в природних екосистемах, зміни стану повітряного басейну, що призводять до масових отруєнь, інфекційних захворювань людей і свійських тварин, загибелі диких тварин, ураження сільськогосподарських рослин хворобами і шкідниками тощо.
- ☞ *НС соціального характеру* – протиправні дії терористичного і антиконституційного спрямування: збройні напади, захоплення стратегічних об'єктів; замах на життя керівників держави; напад, замах на життя членів екіпажу повітряного чи морського (річкового) судна; захоплення заручників, установлення вибухових пристроїв у багатолюдних місцях; викрадення зброї і небезпечних речовин; аварії на арсеналах боєприпасів та інших об'єктах військового призначення.
- ☞ *НС воєнного характеру* – виникають внаслідок застосування звичайної зброї або зброї масового ураження. До зброї масового ураження належить ядерна, хімічна і бактеріологічна зброя. До звичайних засобів ураження належать балістичні й крилаті ракети, артилерійські та авіаційні боєприпаси (снаряди, бомби), міни, фугаси, запальні засоби тощо.

Надзвичайні ситуації супроводжуються соціальними, економічними і екологічними збитками, а ліквідація їх наслідків потребує спеціальних управлінських рішень. Збитки проявляються у загибелі чи пораненні людей, погіршенні їхнього здоров'я, руйнуванні матеріальних об'єктів, втраті природно-ресурсного потенціалу геоекосистем. Довготривалий прояв надзвичайної ситуації зазвичай призводить до формування *зони екологічної катастрофи* або *екологічного лиха*.

Оскільки будь-яка діяльність людини потенційно небезпечна, з нею пов'язаний певний ризик – імовірність виникнення небезпеки, негативних наслідків від неї і очікуваних збитків. Ризик у перекладі зі староріталійського «*risicare*» означає «наважитися». Ризик є мірою очікуваної невдачі у діяльності, небезпеки виникнення несприятливих наслідків для здоров'я людини, матеріальних втрат. Вміння усвідомлювати ступінь ризику дозволяє людині правильно оцінювати свої можливості й обирати потрібну лінію поведінки. Одні ризики завжди конкретні, інші не мають чіткого визначення.

Вивчення питань, пов'язаних з ризиком, розпочалося в епоху Відродження. Досліджуючи азартні ігри, французький математик і винахідник Блез Паскаль у 1654 р. звернувся по допомогу до математика П'єра Ферма. У результаті виникла теорія ймовірностей. У середині XVIII ст. категорію «ризик» було внесено у теорію заробітної плати, зокрема премії за ризик, який виникає внаслідок набуття тієї чи іншої професії. Остаточно наука про ризик сформувалася у останній чверті XX ст. завдяки потребам дотримання безпеки у промисловості, ядерній енергетиці тощо. У загальному сенсі *екологічний ризик* (від італ. *risiko* – небезпека, погроза) – це ймовірність виникнення негативних змін у навколишньому середовищі або віддалених несприятливих наслідків цих змін. Оскільки екологічний ризик може бути пов'язаний з різними факторами (техногенними, природними, військовими, політичними, соціально-економічними, тероризмом), його трактування можуть бути також різними (Табл. 2).

Табл. 2. Трактування екологічного ризику

Екологічний ризик – це	Ймовірність порушення стійкості системи навколишнього середовища через господарську чи іншу діяльність людини, тобто перевищення еколого-економічного потенціалу.
	Можлива небезпека втрат, що випливає зі специфіки тих чи інших явищ природи та видів діяльності людського суспільства.
	Вірогідність негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на навколишнє середовище, що спричиняють незворотну деградацію екосистем.
	Ймовірність навмисних або випадкових, поступових чи катастрофічних антропогенних змін природних об'єктів, ресурсів або факторів із несприятливими екологічними наслідками.
	Вірогідність несприятливих наслідків будь-яких антропогенних змін існуючих природних об'єктів і факторів.
	Ймовірність небажаних наслідків того чи іншого рішення в глобальній, регіональній або локальній експлуатації природних ресурсів.

*Природний* екологічний ризик найчастіше пов'язаний з імовірністю прояву несприятливих природних процесів – землетрусів, вулканізму, масштабних повеней тощо. *Техногенний* екологічний ризик виникає передусім внаслідок аварій на небезпечних виробництвах та збільшується за високої щільності населення; крім цього, він залежить від сприйняття населенням подій, що відбуваються. Катастрофічні наслідки техногенних аварій і стихійних природних лих різко зростають, якщо населення психологічно не готове до даних подій. Особливу групу факторів виникнення екологічного ризику становлять військові дії, які викликають різноманітні руйнівні зміни навколишнього середовища і безпосередньо впливають на людину.

Екологічні ризики можуть виникати у паливно-енергетичній галузі, у металургійному виробництві, агропромисловому комплексі, на транспорті тощо. Експлуатуючи джерело підвищеної екологічної небезпеки, суб'єкт господарювання свідомо припускає вірогідність (ризик) настання певних подій. Це підвищує ефективність запровадження найбільш оптимальних, екологічно обґрунтованих, технологій, стимулюючи джерело небезпеки до екологізації процесу експлуатації небезпечного джерела. Серед видів діяльності техногенний ризик найчастіше зумовлюють атомна енергетика, гірничодобувна діяльність, нафтохімія і нафтопереробка, виробництво і зберігання боєприпасів, вибухових речовин і ракетного палива, біохімічне і фармацевтичне виробництво, зберігання і утилізація промислових і побутових відходів тощо.

Ризик може бути реальним і потенційним. *Потенційний* екологічний ризик визначає небезпеку потенційного порушення стосунків живих організмів з навколишнім середовищем внаслідок дії природних і антропогенних чинників. Якщо потенційний ризик реалізується часто, виникає *реальний* екологічний ризик, який містить дві складові – ризик для живої природи (біоекологічний) та ризик для людини (антропоекологічний).

Екологічна культура, однак, формує для всіх нас спільний вектор: думання та мислення – з одного боку, життя та діяння – з іншого. Екологічна культура існує, відколи виникло людство. Інша справа – у яких формах чи іпостасях, з якими результатами і наслідками. Подібно до зразків культури взагалі – масової, авангардної, елітарної, тоталітарної тощо – екологічна культура багатомірна і неоднозначна. І, мабуть, важко очікувати, що людство прийде до якоїсь однієї її моделі, хоча б тому, що воно залишається розділеним на етноси, держави, класи, партії, конфесії та ще багато інших спільнот, які навряд чи будь-коли дійдуть в усьому повної згоди.

### **Запитання та завдання для самоконтролю**

1. Проаналізуйте сучасні трактування змістовної сутності геоекології.
2. Охарактеризуйте об'єкт, предмет, функції і завдання геоекології.
3. Охарактеризуйте загальні етапи геоекологічних досліджень.
4. Які методи прикладних геоекологічних досліджень використовуються для планування території? Обґрунтуйте.
5. Методи геоекологічного прогнозування – сутність, зміст.



6. Охарактеризуйте існуючу систему екологічного нормування навантажень на геоекосистеми.
7. Розкрийте механізм розроблення відомих екологічних нормативів.
8. Проаналізуйте сутність оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) як одного з інструментів геоecологічного планування. Наведіть приклади.
9. Охарактеризуйте сучасні екологічні ризики та їх різновиди.

## 2 ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Терміном «ресурси» (від фр. *ressource* – допоміжний засіб) позначають будь-які матеріальні й нематеріальні об'єкти чи засоби, необхідні для вдоволення потреб, досягнення мети або вирішення проблеми. Ресурси дуже різноманітні – вони можуть бути економічними, природними, трудовими, адміністративними тощо. Наприклад, будівлі, транспорт, засоби виробництва тощо на службі суспільства належать до матеріальних ресурсів (цінностей); працездатне населення, залежно від вікового складу, стану здоров'я, освітнього рівня – до людських (трудових) ресурсів.

Природними ресурсами називають компоненти навколишнього середовища, природні й природно-антропогенні об'єкти, що мають споживчу цінність та використовуються або можуть бути використані у господарській чи іншій діяльності суспільства як джерела енергії, продукти виробництва і предмети споживання. Оскільки суспільство не може бути повністю незалежним від природи, воно залучає природні ресурси у господарський обіг, істотно впливаючи на них у процесі експлуатації.

Використання природних ресурси для задоволення потреб суспільства у формі безпосередньої участі у матеріальній діяльності людства залежить від рівня їхньої вивченості та розвитку виробничих сил, тобто технічних і соціально-економічних можливостей суспільства. Поняття «природні ресурси» розповсюджується як на окремі галузі людської діяльності (наприклад, ресурси сільського господарства), так і на території конкретних країн чи регіонів (природні ресурси держави, економічного району тощо).

Історично людство використовувало природні ресурси довколишнього середовища у своїх інтересах за мінімальних матеріальних витрат, беручи найбільш легкодоступні елементи ресурсів з низьким використанням їхньої фізичної маси, застосовуючи лише найпростіші природоохоронні заходи. Негативні наслідки такої діяльності поступово накопичувалися, що сприяло виникненню у сучасному світі нестачі багатьох природних ресурсів. У окремих регіонах навіть досягнуто межі, за якої навколишнє середовище не зможе самостійно очищуватися і відтворюватися.

Оскільки природні ресурси дуже різноманітні, різними є й підходи до їхньої наукової класифікації. Найзагальнішим є поділ природних ресурсів за ознаками вичерпності й відновлюваності (Табл. 3).

Табл. 3. Загальний поділ природних ресурсів

Природні ресурси					
Вичерпні			Невичерпні		
Невідновні	Частково невідновні	Відновні	Водні	Атмосферне повітря	Космічні
Мінеральні	Земельні, лісові	Біотичні			

До *невичерпних* природних ресурсів належать водні, пов'язані єдиним кругообігом, ресурси атмосферного повітря і космічні ресурси. Проте вони невичерпні лише як фізичне тіло. Однак вода і повітря підпадають під вплив технічного прогресу, а за їхнього сильного забруднення відбувається якісне виснаження цих видів ресурсів. Космічні ресурси, до яких належать енергія Сонця, енергія морських припливів, енергія вітру тощо, також можуть змінюватися під впливом господарської активності людини (зокрема, зміна складу атмосфери може спричинити зміни інтенсивності сонячної радіації). Отже, першочерговим завданням щодо збереження невичерпних ресурсів має бути попередження їхнього якісного виснаження.

*Вичерпні* природні ресурси, як відомо, скорочуються у міру їхнього використання. Їх у свою чергу поділяють таким чином:

- невідновні (мінеральні ресурси);
- відновні (ресурси рослинного і тваринного світу);
- частково невідновні – це ті, швидкість відновлення яких нижча за рівень господарського споживання (орні ґрунти, лісові ресурси).

Часто буває важко провести чітку межу між відновними і невідновними ресурсами. Зокрема, рослини і тварини, якщо їх використовувати марнотратно, не піклуючись про наслідки, можуть повністю зникнути з обличчя Землі. У цьому випадку, безсумнівно, вони належатимуть до невідновних ресурсів. З іншого боку, рослинний і тваринний світ має здатність до самовідновлення і, за умов розумного використання, може бути збережений. Таким чином, у принципі ці ресурси відновні. Те ж саме можна сказати і про ґрунти. За умов раціонального господарювання ґрунти можуть не тільки зберігатися, а навіть поліпшуватися і підвищувати свою родючість.

*Невідновні* ресурси, передусім багатства надр, характеризуються обмеженими запасами, і використовувати їх можна лише раз. Поповнення цих ресурсів на Землі практично неможливе через відсутність умов, у яких вони виникли багато мільйонів років тому, або відновлення відбувається надзвичайно повільно. До *відновних* ресурсів належать біотичні – ліс, природні харчові угіддя, фауна

суші й водного середовища. Іноді, за нераціонального використання, деякі відновні ресурси можуть перетворюватися на невідновні або такі, відновлення яких потребуватиме більше часу. Наприклад, родючість ґрунтів, яка підвищується за їхнього раціонального використання, може значно погіршитися у разі неправильної обробки, а супутня ерозія часто фізично зменшує ґрунтовий покрив. Те ж саме стосується і ресурсів рослинного і тваринного світу – їхнє хижацьке використання порушує здатність геоекосистем до самовідтворення, і тоді біотичні ресурси стають практично невідновними або відновними частково.

Отже, у багатьох випадках відновність або невідновність природних ресурсів залежить від ставлення до них людини. Якщо забезпечити можливість постійного відновлення відновних ресурсів, то вони служитимуть людині практично нескінченно. Довготривале використання цих ресурсів забезпечується тим, що у кожен проміжок часу (скажімо, рік) вони розглядаються як обмежені ресурси, користуватися якими слід суворо регламентовано. У цьому полягає основний принцип їхньої охорони.

Природні ресурси, які називають *реальними*, використовуються людиною за певного рівня розвитку продуктивних сил суспільства. *Потенційні* ресурси, хоч і вкрай потрібні суспільству, не можуть бути залучені у суспільне виробництво з тих чи інших причин, наприклад, через недостатню технічну оснащеність виробництва. Яскравий приклад тому – водні ресурси. Вода дефіцитна не тому, що її мало (величезні запаси води містить Світовий океан), а тому, що не вся вона може бути поки що використана людиною (наприклад, солоні води морів і океанів). Потенційні ресурси можуть перетворюватися на реальні – та ж морська вода там, де є опріснювачі, вже стала реальним ресурсом. Ліси – це реальні ресурси, але у деяких недоступних районах вони стають потенційними. Природні ресурси можуть набувати нового значення залежно від зміни технічного рівня виробництва.

Крім цього, за можливістю заміни природні ресурси поділяються на *замінні* (наприклад, метали можна замінити керамікою, пластмасами) та *незамінні* (прісна вода для пиття, атмосферний кисень для дихання). Незамінними є ті ресурси, які не можуть бути замінені ніякими іншими ні тепер, ні у майбутньому, ні практично, ні теоретично.

У міру виснаження невідновних ресурсів значно збільшується технологічна складність та енергоємність їх видобування. Це, у свою чергу, знижує економічну ефективність. Наприклад, нині доводиться розробляти руду, яка вмі-

щує менш ніж 0,2% кольорових металів. Проблема полягає навіть не тільки і не стільки у фізичному виснаженні ресурсів, скільки у економічній і екологічній недоцільності їхнього добування. Тенденція до зменшення запасів відновних ресурсів виникла внаслідок зростання темпів і масштабів їх експлуатації. Зокрема, ліси знищені приблизно на 60% їхньої первісної площі; за останні півстоліття внаслідок лінійної і площинної ерозії ґрунтові ресурси планети скоротилися у середньому не менш, ніж на 25%. Продовжується відчуження продуктивних земель під будівництво гідроелектростанцій, промислових підприємств, доріг тощо.

Усі реальні й потенційні природні ресурси за *характером вичерпності* можна поділити на такі групи:

- ті, які не відновлюються у даний час або відновлюються зі швидкістю, значно меншою за швидкість їхнього прямого використання; ці ресурси можуть бути повністю вичерпані (кам'яне вугілля, нафта й газ, родючість ґрунту);
- ті, які відтворюються з високою інтенсивністю (живі організми, кисень) і можуть бути практично невичерпними за умови правильного співвідношення інтенсивності використання та швидкості їхнього відтворення;
- ті, які безперервно надходять до Землі (сонячна енергія, радіохвилі космічних тіл), можуть стати вичерпними у разі повного використання тієї їхньої частини, яка є необхідною для нормального розвитку планетарної природи.

Аналогічно природні ресурси різняться за *здатністю до відновлення*:

- *принципово невідновні* – ті, які надходять до Землі з Космосу (сонячна радіація), а також корисні копалини, утворені протягом минулих геологічних епох;
- *реально невідновні* – ресурси, швидкість відновлення яких набагато нижча за швидкість їхнього використання (корисні копалини, що утворилися в наш час, якість води й повітря, ґрунти, популяції організмів, доведені до критичної чисельності);
- *відновні* – ті, які раціонально використовуються і мають здатність до швидкого самовідтворення (більшість біотичних ресурсів).

Згідно з *генетичною класифікацією*, природні ресурси поділяються на такі групи:

- *Мінеральні* – природні речовини мінерального походження, що використовуються як різні види сировини або джерела енергії.
- *Земельні* – використовуються або можуть бути використані у різних галузях господарства і є основою розміщення господарських об'єктів.
- *Водні ресурси* – води річок, озер, водосховищ тощо і самі водні об'єкти, що використовуються для судноплавства, гідроенергетики, рибного господарства, рекреації та інших галузей господарства.
- *Ресурси атмосфери* – кліматичні й агрокліматичні (температура, вологість, опади, тиск).
- *Біотичні* – ресурси флори і фауни.
- *Генетичний фонд* – заповідники та інші засоби збереження видової різноманітності довкілля як ресурсу для забезпечення рівноваги біосфери, виведення нових продуктивних сортів рослин і тварин.

*Функціональна класифікація* природних ресурсів відображає їхній поділ за тими функціями, які вони виконують або можуть виконувати для задоволення різних потреб суспільства, а саме:

- *Сировинні* – ресурси, що вилучаються з природного середовища і споживаються людиною у якості сировини для матеріального виробництва (корисні копалини, ліс, інша сировина).
- *Енергетичні* – ресурси, що споживаються з вилученням і без вилучення для виробітки теплової і електричної енергії (паливні, енергія вітру тощо).
- *Ґрунтові* – ресурси, які вилучаються частково і споживаються як основний засіб виробництва у сільському і лісовому господарстві.
- *Інженерно-геологічні* – ресурси, що споживаються як окремі властивості літосфери, необхідні для різних видів будівництва (геологічні умови територій, придатних для інженерного освоєння).
- *Культурно-естетичні й наукові ресурси*.

Мінеральні ресурси після завершення розвідки і видобутку, а також біотичні ресурси і навіть вода й повітря стають сировиною для різних галузей господарства. Сировина, використана у виробництві, перетворюється вже на економічні ресурси суспільства – капітал, трудові, інтелектуальні ресурси та можливості менеджменту. Зрештою, використані природні ресурси після певної те-

хнологічної обробки постають перед нами у вигляді знарядь, засобів праці та різноманітних матеріальних благ.

З поняттям «природні ресурси» невід’ємно пов’язане поняття «природні умови» як сукупність складових частин географічної оболонки (геосфер), що визначають умови і особливості існування людської спільноти. Іншими словами, *природні умови* – це комплекс взаємопов’язаних компонентів природи, які формують різнорангові природно-територіальні комплекси і є суттєвими для життєдіяльності суспільства, впливаючи на неї та змінюючись під її впливом (наприклад, природні умови розвитку будівництва, рекреації тощо).

Природні умови розглядаються не як окремі матеріальні тіла чи об’єкти, а через їхні властивості, які можуть полегшувати або ускладнювати розвиток суспільного виробництва, але при цьому безпосередньо у виробництві не використовуються. Обидва поняття – «природні умови» і «природні ресурси» – тісно взаємопов’язані, проте між ними існує принципова відмінність. Вона полягає у тому, що *природні умови є властивостями природи, які лише певним чином впливають на виробничу та іншу діяльність людини, а природні ресурси завжди беруть участь у виробництві, оскільки вони є предметом праці.*

Природні умови і природні ресурси будь-якої території, разом узяті, формують природно-ресурсний потенціал (ПРП) – потенційну можливість цієї території задовольняти різні потреби суспільства. Категорія «потенціал» (від лат. *potentia* – сила) означає можливості, сукупність чогось, наявні запаси, засоби, що можуть бути використані для досягнення певних цілей, вирішення певних завдань. Іншими словами, *природно-ресурсний потенціал* – це сукупність природних ресурсів і природних умов, які знаходяться в певних географічних межах і забезпечують задоволення економічних, екологічних, соціальних, культурно-оздоровчих та інших потреб суспільства.

Єдиного трактування поняття «природно-ресурсний потенціал» не існує. Деякі дослідники вважають, що ПРП передбачає усі природні ресурси; інші включають тільки ті природні ресурси, які використовуються або можуть бути використані у господарській діяльності людини. За різними визначеннями, ПРП – це:

У Уся енергія компонентів природи, яка може засвоюватися за одиницю часу в межах територіальної організації суспільства або суспільного господарства у вигляді необхідної людству продукції чи корисної роботи без нанесення шкоди природним екосистемам.

- У Здатність природних екосистем без шкоди для себе віддавати необхідну людству продукцію або виконувати корисну функцію.
- У Сукупність природних ресурсів, доступна за певного розвитку технологій і соціально-економічних відносин.
- У Система природних ресурсів, умов, явищ і процесів, що є територіальною і ресурсною базою життєдіяльності суспільства та протистоїть йому як об'єкт антропогенного впливу.
- У Та частина природних ресурсів Землі й ближнього Космосу, що може бути залучена у господарську діяльність суспільства за умови збереження середовища проживання людства.

Природно-ресурсний потенціал є важливим фактором розміщення продуктивних сил. Основними характеристиками ПРП є географічне положення, кліматичні умови, особливості рельєфу та розміщення основних видів ресурсів. Розрізняють компонентну, функціональну, територіальну і організаційну структури ПРП. *Компонентна* структура характеризує внутрішньовидові й міжвидові співвідношення природних ресурсів (земельних, водних, лісових тощо); *територіальна* – різні форми просторової дислокації природно-ресурсних комплексів. *Організаційна* структура ПРП розглядає природні ресурси під кутом зору їхньої самоорганізації, самовідновлення, а також щодо ефективності їхньої експлуатації, охорони й відтворення. *Функціональна* структура ПРП відображає вплив природних ресурсів на формування спеціалізації територій і господарських комплексів.

ПРП характеризує здатність геоекосистем без шкоди для себе віддавати людству продукцію або виконувати корисну для суспільства роботу. ПРП завжди має певну величину і особливості. Найголовніша з них – безперервність – впливає з безперервності території, яка є носієм усіх природних об'єктів та явищ, а також одночасно і специфічним ресурсом. Саме це забезпечує можливість господарського освоєння практично усієї території. Інша особливість відображає економічний аспект ПРП – здатність служити проміжною ланкою між населенням і природою, створювати умови для розвитку усіх сфер діяльності суспільства. Водночас особливості ПРП можуть спричинювати складні геоекологічні проблеми, що виникають внаслідок перетворення людиною природної речовини на суспільну в процесі природокористування.



## 2.1 Природокористування

Термін «природокористування» (ПК) далеко не однозначний – він уживається, як мінімум, у п'яти основних значеннях:

- як людська діяльність щодо використання сил і ресурсів природи з метою виробництва матеріальних благ і різних послуг, тобто всезагальний процес праці. У такому розумінні природокористування рівнозначне поняттю «суспільне виробництво», а з урахуванням невиробничої сфери людської діяльності – навіть ширше за нього;
- як раціональне використання ресурсів і умов природного середовища, їхнє відтворення та охорона;
- як безпосереднє освоєння, експлуатація, відтворення та охорона природних ресурсів і умов конкретної території (району, країни, групи країн, світу);
- як освоєння та експлуатація окремих видів природних ресурсів у локальному, регіональному і глобальному масштабах. У такому розумінні термін «природокористування» залежно від виду споживання природного ресурсу часто замінюється галузевими синонімами, вужчими за обсягом – водокористування, лісокористування, землекористування тощо;
- як синтетична прикладна наука, що розробляє загальні принципи будь-якої діяльності, пов'язаної з користуванням природою.

У кожному випадку вивчається один і той самий об'єкт – процес використання людиною сил і ресурсів природи, але з різних боків і на різних рівнях. Серед перелічених значень терміну «природокористування» найширшим за обсягом є те, що відображає процес праці (суспільне виробництво), найвужчим – освоєння та експлуатація окремого виду природного ресурсу в територіальному (локальному) масштабі.

Творцем природокористування як нової науки є відомий еколог *Юрій Миколайович Куражковський* (1923-2007), який у 1959 р. вперше запропонував термін «природокористування» і визначив його як «регулювання усіх типів використання природних ресурсів для господарства і охорони здоров'я». Цілі, завдання і основні принципи природокористування Ю.М. Куражковський обґрунтував у своїй відомій праці «Нариси природокористування» (1969).

Природокористування передбачає наявність як об'єкта користування, так і суб'єкта, що має користь з даного об'єкта. *Об'єктом* ПК є те матеріальне утворення, на яке спрямований вплив людини, тобто природне середовище як сукупність умов, що визначають життєдіяльність людини. А *суб'єктом* приро-

докористування є суспільство, господарство, галузь, підприємство тощо. Оскільки антропогенний вплив на природу часто призводить до негативних наслідків, виникає необхідність управління природокористуванням та регулювання природних процесів, що нині є важливими елементами діяльності суб'єкта у процесі ПК.

Головним завданням природокористування є створення матеріальних і культурних благ на основі комплексного, раціонального використання природних ресурсів за умов їхнього відновлення, охорони від виснаження та забезпечення екологічної рівноваги природних ландшафтів. Важливим завданням є розроблення шляхів оптимізації взаємин суспільства з навколишнім середовищем задля збереження і відтворення сприятливих умов життєдіяльності людини. У процесі ПК тісно взаємодіють три категорії об'єктів: природні, технічні й соціальні, пов'язані між собою циклами речовини та енергії.

Суспільство як соціально-економічне ціле (передусім економіка і технології) – з одного боку, і природно-ресурсний потенціал – з іншого, у процесі природокористування постійно взаємодіють. Якщо природокористування раціональне, зворотний зв'язок від ПРП до суспільства позитивний: чим ефективніше використовуються природні ресурси, тим швидше розвивається або може розвиватися економіка. Раціональне природокористування не призводить до негативних змін у навколишньому середовищі, оскільки техногенне навантаження не перевищує рівня його граничнодопустимих величин. Однозначного тлумачення терміну *«раціональне природокористування»* також не існує (Табл. 4). Спільним для усіх трактувань є визнання раціонального природокористування вискоєфективним господарюванням, що не призводить до різких змін ПРП і глибоких змін у навколишньому середовищі, які шкодять здоров'ю населення або загрожують його життю.

Отже, раціональне природокористування має забезпечувати досягнення «компромісу» між різноманітними потребами суспільства і здатністю природи задовольнити їх без суттєвої шкоди для свого нормального функціонування. При цьому не слід ототожнювати поняття *«раціональне природокористування»* і *«охорона природи»*, оскільки остання є складовою раціонального природокористування, і без неї природокористування не може бути раціональним.

Раціональне ПК передбачає контрольоване, нормативне (ощадливе, невиснажливе) освоєння (використання) природних ресурсів, попередження можливих негативних наслідків діяльності людини, підтримання (підвищення) проду-

ктивності й привабливості природних комплексів і окремих об'єктів. Господарська діяльність орієнтується на ресурсозбереження і застосування інноваційних безвідходних або маловідходних технологій.

Табл. 4. Сутність раціонального природокористування

Трагування	Автори
Високоєфективне господарювання, що не призводить до різких змін природно-ресурсного потенціалу і не викликає глибоких змін в оточуючому людину середовищі.	Н.Ф. Реймерс (1990)
Теорія і практика раціонального використання людиною природних ресурсів; сфера суспільно-виробничої діяльності, спрямованої на задоволення потреб нинішніх і майбутніх поколінь в якості й різноманітті природного середовища, на покращення використання природних ресурсів.	І.І. Дедю (1990)
Розумне освоєння природних ресурсів, попередження можливих шкідливих наслідків людської діяльності, підтримання і підвищення продуктивності та привабливості природних комплексів і окремих природних об'єктів.	К.М. Ситник, А.В. Брайон (1994)
Сфера виробничої та наукової діяльності, спрямованої на комплексне вивчення, освоєння, використання, відновлення, поліпшення і охорону природного середовища і природних ресурсів з метою розвитку продуктивних сил, забезпечення сприятливих умов життєдіяльності людини.	О.М. Маринич (1993)
Збалансована взаємодія суспільства і природи, що забезпечує досягнення компромісу між соціально-економічними потребами суспільства і здатністю природи задовольняти їх без суттєвої шкоди для свого нормального функціонування.	Г.О. Бачинський, (1995)
Високоєфективне господарювання, яке не призводить до різких порушень ПРП або змін у навколишньому середовищі, що можуть завдати значної шкоди здоров'ю людей і навіть загрожувати їхньому існуванню; мінімальні витрати природних ресурсів для задоволення обґрунтованих життєвих потреб суспільства за мінімальної шкоди природному середовищу.	А.К. Запольський, А.І. Салюк (2001)
Господарювання, спрямоване на забезпечення умов існування людства і отримання матеріальних благ, запобігання можливим шкідливим наслідкам людської діяльності, на підтримання високої продуктивності природи та охорону і економне використання її ресурсів.	А.Є. Васильєв, Н.М. Ветрова, Б.М. Данилишин, С.І. Дорогунцов, Я.В. Коваль, В.С. Міщенко (2011)

*Нераціональне природокористування* не забезпечує збереження природних ресурсів, оскільки зворотний зв'язок від ПРП до суспільства негативний: технологічно швидкий розвиток економіки без урахування екологічних обмежень в решті-решт призводить до вимушеного застою у економіці та виникнення кризового екологічного стану довкілля. Надмірна експлуатація ПРП спричинює знесилення відновлювальних властивостей природи, зниження якості й ви-

черпання природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища. Нераціональне природокористування зазвичай є наслідком екстенсивного характеру розвитку суспільного виробництва. Через неконтрольоване, наднормативне використання природних ресурсів втрачається їхня відновлювальна функція, відбувається виснаження (наприклад, зменшується родючість ґрунтів), порушується рівновага геоекосистем, погіршується естетична і оздоровча цінність природних ландшафтів.

Стан природного середовища, залежно від того, раціональне природокористування чи ні, може бути різний (Табл. 5).

Табл. 5. Стан природного середовища (ПС) у процесі природокористування

Стан ПС	Характеристика стану
<i>Природний (натуральний)</i>	Не змінений безпосередньо господарською діяльністю людини – місцева природа відчуває лише слабкий (фоновий) вплив від глобальних антропогенних процесів, наприклад, глобальних змін клімату.
<i>Рівноважний</i>	Швидкість відновлювальних процесів у природі вища або дорівнює темпу антропогенних порушень.
<i>Кризовий</i>	Швидкість антропогенних порушень природи перевищує темпи її самовідновлення, але ще не відбувається докорінної зміни природного середовища.
<i>Критичний</i>	Під антропогенним тиском відбувається заміна існуючих екосистем на менш продуктивні.
<i>Катастрофічний</i>	Важко зворотний процес закріплення малопродуктивних екосистем, біомаса і біопродуктивність мінімальні.
<i>Колас</i> (від лат. <i>collapsus</i> – падіння)	Системна криза: руйнування структури екосистем, незворотна втрата біопродуктивності, стрімке наближення біомаси до нуля.

Лише перші два стани природного середовища відповідають раціональному природокористуванню, а решта призводять до порушення ПРП території. Правила поведінки людини і суспільства у навколишньому середовищі визначають принципи раціонального природокористування, ключовим поняттям якого є оптимізація – вибір варіанта поведінки, який був би найкращим компромісом з множини можливих варіантів.

## 2.2 Принципи раціонального природокористування

Обмеженість відновлювальних і компенсаційних функцій біосфери вимагає суворого дотримання законів розвитку суспільства і природи у процесі людської діяльності. Реалізація цих законів відбувається через дотримання відповідних принципів раціонального природокористування, під якими розуміються певні економічно обумовлені правила поведінки людини і суспільства у природному середовищі. Дотримання принципів раціонального природокористування

дозволяє розробляти заходи з охорони довкілля, відновлювати порушені взаємозв'язки у геоекосистемах, запобігати загостренню кризових ситуацій.

*1. Принцип «нульового рівня» споживання природних ресурсів.*

За нульовий рівень береться обсяг первинних природних ресурсів, використаних підприємством за попередній рік. На наступний рік перевищення цього рівня споживання обмежується у державному масштабі чітко визначеним коефіцієнтом (це може бути для певних видів ресурсів 2-7%). Дотримання коефіцієнта обов'язкове, оскільки з порушника стягується штраф, який може перевищити прибутки підприємства. Цим принципом керуються для регулювання споживання первинних ресурсів.

*2. Принцип відповідності антропогенного навантаження природно-ресурсному потенціалові регіону.*

Дозволяє уникнути порушень природної рівноваги завдяки чітко визначеному збалансованому циклу використання і відновлення природних ресурсів. Найчастіше такі порушення відбуваються у двох випадках. Перший – це перевищення рівня антропогенного навантаження внаслідок надмірної концентрації виробництва. У практиці територіального планування протягом тривалого часу керувалися тим, що собівартість виробництва продукції знижується зі збільшенням концентрації виробництва. При цьому не лише ігнорувалися обмежені відновлювальні властивості ПРП того чи іншого регіону; часто-густо споживання виробництвом окремих видів ресурсів перевищувало їхню наявність. Саме так виникли кризові екологічні ситуації у багатьох промислових регіонах світу.

Найбільше геоекологічних проблем спричинила концентрація виробництва у великих містах. «Економічність» зазвичай розраховувалася без обчислення витрат на створення об'єктів необхідної інфраструктури. Часто не бралось до уваги те, що вартість інфраструктури у великому місті значно перевищує її ці показники у малих і середніх містах. Крім того, не враховувалися витрати на природоохоронні заходи, а через надмірну концентрацію промисловості упродовження цих заходів перетворюється на велику проблему.

Другим випадком порушень природної рівноваги у разі недотримання цього принципу є невідповідність спеціалізації виробництва того чи іншого регіону специфіці його природно-ресурсного потенціалу. Наприклад, розвиток важкої промисловості та інших екологічно небезпечних галузей у традиційно

рекреаційних регіонах призводить до погіршення якості повітря, питної води, мінеральних джерел тощо.

*3. Принцип збереження просторової цілісності природних систем у процесі їхнього господарського використання.*

Вплив людини на окремі компоненти довкілля та окремі види ресурсів не обмежується змінами лише в них: зміни одного з компонентів передаються ланцюговими реакціями до інших компонентів, часто – до зміни природного комплексу в цілому. Наприклад, необґрунтоване осушення боліт зазвичай тягне за собою зміни властивостей багатьох компонентів геоекосистем: рілля виявляється підтопленою, а малі річки – висохлими.

Іншим прикладом є негативний вплив транспортних магістралей призначення на фрагментацію цілісного навколишнього простору. Фрагментація природних оселищ диких видів у всьому світі визнана фактором, що спричинює зниження біорізноманіття. Відбувається повна або часткова руйнація біотопів через штучно утворений бар'єрний ефект – розділення природних оселищ на ізольовані ділянки. Магістралі з рухом більше 10 тис автомобілів на добу стають нездоланим бар'єром для будь-яких диких тварин, оскільки щільний трафік відлякує більшість видів та вбиває тих особин, які намагаються перетнути цей бар'єр.

Крім цього, автодороги спричинюють хімічне забруднення навколишнього середовища, порушення режиму поверхневого і підземного стоку, перебудову рельєфу, знищення рослинного покриву, шум і вібрацію ґрунту, активізацію несприятливих екзогенних процесів, загибель і травмування живих організмів у результаті їхнього зіткнення з транспортними засобами. Дотримуючись вказаного принципу, можна мінімізувати ефект дороги як екологічного бар'єру для збереження міграційних потреб диких тварин шляхом створення спеціальних конструкцій для перетину тваринами доріг – екодуків: мостів, кульвертів, дренажних труб тощо.

*4. Принцип збереження природного кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності.*

Будь-який ресурс, що добувається людиною з природного середовища, пройшовши ресурсний цикл «ресурс – виробництво – споживання», повертається у вигляді відходів назад у природу. Якщо це повернення наближається до природного кругообігу, воно не завдає шкоди, природна речовина поступово асимілюється. Сутність принципу зводиться не тільки до того, щоб технологіч-

ні процеси конкретних виробництв обмежувалися циклічністю, але й щоб циклічні процеси були послідовними стадіями виробництва, пов'язаними між собою або комплексністю переробки сировини, або стадійним її використанням. Порушення цього принципу призвело до утворення величезної кількості відходів, які не включаються у природний кругообіг речовин.

*5. Принцип погодження виробничого і природного ритмів.*

Необхідність дотримання цього принципу пов'язана з тим, що будь-яка геоекосистема і кожен її компонент підпорядковується своєму часовому ритмові. Для збереження динамічної рівноваги необхідно, щоб загальна швидкість внутрішньосистемних процесів керувалася найповільнішою ланкою, оскільки будь-який антропогенний вплив, змушуючи якусь частину циклу працювати швидше, ніж працює вся геоекосистема, призведе до порушення її стабільності. Наприклад, у сільськогосподарському виробництві, де ритмічно функціонують сировинні й переробні ланки аграрно-промислового комплексу (АПК), слід дотримуватися погодження ритмічного характеру біосферних процесів. Цим принципом нехтували під час спорудження ГЕС на рівнинних річках, не беручи до уваги, що періодичність падіння рівня води позначається на роботі не лише ГЕС, але й підприємств, які споживають енергію.

*6. Принцип пріоритетності екологічної оптимальності на довгострокову перспективу відносно економічної ефективності поточного природокористування.*

Перебіг природних процесів у часі визначається факторами як короткочасними, так і тривалої дії. Звідси випливає необхідність їх враховувати і у поточній, і у перспективній виробничій діяльності. Одним з напрямів реалізації принципу пріоритетності є обмеження вилучення з навколишнього середовища природної речовини (енергії). Припустимо вилучення тільки такої маси речовини та енергії, яка не підриває здатність природи до самовідновлення. Дотримуватися цього принципу дуже важливо, особливо з огляду на те, що негативні наслідки господарської діяльності для довкілля зазвичай незворотні.

Дотримання вищезначених принципів може бути недостатнім без урахування **принципів планування раціонального природокористування**, а саме:

У *Принцип природно-господарської збалансованості* передбачає об'єднання галузевого і територіального розвитку планування природоохоронної діяльності. Недотримання цього принципу внаслідок значної концентрації еколо-

гічно небезпечних галузей промисловості, разом з недосконалими технологіями, зумовлює виникнення кризових ситуацій.

- У *Принцип комплексності* передбачає максимальне наближення суспільного обміну речовин (ресурсного циклу) до природних кругообігів. Комплексність визначається плануванням упровадження безвідходних, ресурсозберігаючих технологій. Попередня практика розміщення шкідливих виробництв без урахування критеріїв екологічної доцільності призвела до накопичення величезної кількості відходів, які часто виявляються цінними покладами сировини.
- У Реалізація *програмно-цільового принципу* прийняття зважених рішень комплексного територіального плану дозволяє виділити пріоритетний напрям екологічної політики у кожному регіоні, визначити масштаби і терміни проведення робіт щодо охорони природи та відтворення природних ресурсів.
- У *Принцип економічної зацікавленості й відповідальності* спрямований на підвищення планових показників з використання і охорони природних ресурсів відповідно до цілей виробництва. Природоохоронна діяльність має бути невіддільною від виробничого процесу, а практичні завдання охорони навколишнього середовища необхідно вирішувати у процесі самого виробництва.
- У *Принцип демократичного централізму* поєднує централізоване керівництво і місцеву ініціативу.
- У *Принцип безперервності планування* передбачає поєднання поточних і перспективних планів.
- У *Принцип оптимізації* визначає пріоритетність екологічної оптимальності на довгострокову перспективу під час визначення економічної ефективності природокористування. Натомість, слід детальніше розглянути трактування терміну «оптимізація» (Табл. 6).

*Оптимізація* – ключове поняття ноосферного розвитку. Попередня стратегія (подекуди вона панує й нині) має характер максимізації: якомога більший врожай, максимальна кількість деревини чи вилову риби тощо. Але максимізація, вигідна у короткостроковій перспективі, є згубною у довгостроковій. Оптимізація передбачає вибір варіанта поведінки (впливу, реакції на вплив), який був би найкращим компромісом з множини можливих інших варіантів. Стратегія оптимізації полягає у пошуку такого варіантного співвідношення видів природокористування, коли жоден з них не буде згубним для іншого, а сумарний ефект виявиться найліпшим з усіх можливих. Оптимізація є засобом кардина-



льного розв'язання проблем навколишнього середовища у рамках концепції сталого розвитку.

Табл. 6. Тракткування терміну «оптимізація»

Сутність	Автор(и)
Складний антропічний процес, який охоплює певний мінливий у часі об'єкт, його внутрішні підсистеми і надсистеми, до яких він належить ієрархічно, суміжні з ним системи як середовище його існування (бо без цього оптимізація неможлива і безперспективна), який має бути глибоко екологічно оцінений, але кінцевий ефект мусить супроводжуватися вичерпною соціальною, економічною, а часом – і політичною оцінкою.	К. Уатт
Отримання максимуму можливого за мінімуму зусиль (витрат), зазвичай у відносно коротких інтервалах часу (оптимізація економічна); прагнення до стану, найбільш наближеного до динамічної рівноваги (квазістаціонарного стану); отримання співвідношення, найбільш бажаного у господарському значенні; прихід до стану, найбільш бажаному з погляду людини для збереження її здоров'я.	Н.Ф. Реймерс
Процес вибору найкращого варіанту з багатьох можливих; вибір таких засобів раціонального використання територіальних систем, які б забезпечували найповнішу відповідність покладених на них соціально-економічних функцій їхнім природним властивостям (потенціалу систем).	В.М. Петлін
Процес втручання у структурно-функціональну організацію (склад, будову, роботу) живої системи (екосистеми, популяції, організму), її підсистем і блоків, який супроводжується наближенням їхніх показників, параметрів чи характеристик (наприклад, фотосинтезу, накопичення біомаси, розкладу органіки, кругообігу хімічних елементів, трансформації енергії чи вологи) до найкращих (оптимальних) значень.	М.А. Голубець

У деяких випадках людина імітує природні процеси, зміщуючи точку оптимуму геоекосистеми. Наприклад, зрошення найчастіше розглядають тільки як полив, тобто зволоження ґрунту з метою зміни його водного балансу, що вдається суто позитивним впливом. Але при цьому часто трапляються випадки негативного впливу зрошення на ландшафт, оскільки меліорація зводиться виключно до максимального зволоження ґрунту замість розумного впливу на баланс тепла і вологи. Насправді до зрошення слід підходити як до способу оптимізації системи «середовище – рослина», тобто розглядати зрошення як спрямоване перетворення усієї геоекосистеми з метою її оптимізації.

Інтенсивний полив призводить до зміни не лише зволоження, але й радіаційного і теплового балансів. Вологий ґрунт відбиває менше сонячних променів, а отже, більше затримує сонячної радіації. Таким чином, при зрошенні прибуткова частина радіаційного балансу збільшується. Проте, збільшення випаровування з поверхні призводить до зниження температури, що, у свою чергу, веде до зменшення ефективного випромінювання. Отже, витратна частина радіа-

ційного балансу зменшується. Маємо ефект позитивного зворотного зв'язку, коли невелика початкова зміна режиму зволоження призводить до перебудови також і енергетичного балансу. Збільшення радіаційного балансу призводить до збагачення природного комплексу енергією, яка витрачається на випаровування, турбулентний теплообмін земної поверхні й рослин з атмосферою і головне – на збільшення біопродуктивності.

Передусім, важливо правильно поставити оптимізаційну мету: не вилити на поле норму води, а використовувати полив лише як засіб вибору найкращого співвідношення параметрів ґрунту і приземного шару повітря, тобто поставити та вирішити завдання оптимізації культурного ландшафту. Отже, у загальному сенсі оптимізація системи потребує вирішення таких послідовних завдань:

- виокремлення системи з навколишнього середовища;
- аналіз структури та зв'язків системи, тобто побудова її моделі;
- визначення типу і поведінки системи, регулювального механізму, встановлення критеріїв оптимальності;
- визначення найдоцільнішого способу впливу на систему задля переведення її у оптимальний стан.

Раціональне природокористування передбачає позитивний зворотний зв'язок у взаєминах суспільства і природних ресурсів середовища та не призводить до негативних змін у навколишньому середовищі. Принципи раціонального природокористування визначають правила поведінки людини і суспільства у природному середовищі. Ключовим поняттям такого природокористування є оптимізація – вибір варіанта поведінки, який був би найкращим компромісом з множини можливих варіантів.

### **2.3 Вплив природокористування на довкілля**

Людина впливає на геоекосистеми або їхні окремі властивості не тільки у процесі виробничої, але й будь-якої іншої діяльності. Антропогенний вплив може бути умисним і неумисним. *Умисний* вплив – цілеспрямований та усвідомлений, він заздалегідь планується та зазвичай здійснюється у процесі матеріального виробництва з метою задоволення певних потреб суспільства (наприклад, будівництво гідроелектростанцій (ГЕС) для потреб енергетики, спорудження водосховищ для цілей водопостачання та іригації, вирубка лісу для отримання деревини). *Неумисний вплив* найчастіше є побічним наслідком умисного – наприклад, після спорудження ГЕС відбувається підтоплення і заболо-

чування прилеглих до водосховища територій, сільськогосподарська діяльність спричинює забруднення поверхневих і підземних вод тощо.

Як умисний, так і неумисний вплив людини на ПРП може проявлятися прямо чи опосередковано. Прямий вплив супроводжує безпосередні дії господарювання (наприклад, зрошення зволожує ґрунт, знижує температуру повітря, змінює умови зростання рослин). Опосередкований вплив виникає через ланцюги взаємопов'язаних дій (наприклад, запилення атмосфери над промисловими центрами, окрім іншого, знижує кількість і якість сонячної радіації). Кожен з цих видів впливу людини на навколишнє середовище у «чистому» вигляді майже ніколи не зустрічається, але сукупно вони істотно позначаються на трансформації різних видів природних ресурсів.

Усе різноманіття господарських впливів на природне середовище можна об'єднати у три типи – прямий, фіксований і побічний. *Прямий вплив* відбувається у процесі безпосередньої експлуатації природних ресурсів, що використовуються як предмети праці й активна частина засобів праці (добування мінеральних ресурсів, рибальство, сільськогосподарська обробка земель, використання води для зрошення тощо). Прямий вплив викликає потік речовин і енергії із природи у виробництво для отримання корисних продуктів. Цей потік постійно поповнюється.

*Фіксований тип впливу* передбачає знищення природних ресурсів (на противагу їхнього активного використання) у цілях розвитку виробництва, інфраструктури, містобудівництва тощо. Наприклад, вилучення цінних земель під забудову чи складування відходів, вирубування лісів під населені пункти і промислові об'єкти, затоплення заплавної луки внаслідок створення водосховищ, загибель прохідних риб при спорудженні гребель. При цьому потік речовин не постійний, і він не поповнюється. Фіксований вплив зазвичай супроводжує інші види впливу і тому є таким же неминучим, як і прямий вплив.

*Побічний тип впливу* проявляється потраплянням у навколишнє середовище забруднювальних речовин та енергії, які виникають у процесі отримання корисної продукції і обробки відходів – у обсягах, які значно перевищують можливості природного самоочищення геоєкосистем (скидання підприємствами стічних вод, техногенні викиди у атмосферу, проникнення в ґрунти пестицидів тощо). Це потік відходів із виробництва у природу. Безпосереднім наслідком цього типу впливу є тотальне забруднення природного середовища.

У переважній більшості випадків вплив людини на природні геоекосистеми здійснюється за допомогою технічних засобів, які можуть бути стаціонарними і рухомими. *Стаціонарні* технічні засоби не змінюють свого положення у просторі. До них належать інженерні споруди – будь-які об'єкти, що тривалий час зберігаються на місцевості, створені людиною зі штучних або природних матеріалів (промислові підприємства, греблі, канали тощо). Їхня дія локалізована у просторі та відбувається безперервно, тому час існування інженерних споруд і тривалість їхнього впливу на природу зазвичай співпадають. *Рухомі* технічні засоби (сільськогосподарська і будівельна техніка тощо) відрізняються короткочасним впливом на довкілля, який може періодично повторюватися (наприклад, оранка), але не є безперервним. Проте зміни у природі, викликані цим впливом, можуть зберігатися багато років.

Залежно від характеру впливу на геоекосистеми, розрізняють такі види технічних засобів:

- ✓ *Виробничі* засоби. До них належать добувні (у широкому сенсі) й переробні підприємства. Вплив добувних (гірничопромислових, лісгосподарських, сільськогосподарських) на природу проявляється, по-перше, у вилученні з неї речовини та енергії; по-друге, у її засміченні відходами виробництва. Вплив переробних галузей – це переважно засмічення.
- ✓ *Нейтральні* споруди. До них належать будівлі, дороги, мости, нафтопроводи тощо. Вони не утворюють відходів, не вилучають речовину і енергію, але самою своєю присутністю можуть бути перешкодами руху води, повітря або міграції тварин.
- ✓ Засоби, які *управляють природними процесами*. До них належать нерухомі та регульовальні об'єкти. Нерухомі об'єкти (лісосмуги, протисельові споруди, огорожі тощо) призначені для прискорення, уповільнення або призупинення потоків води, повітря, снігу, тварин. Регульовальні об'єкти мають рухомі пристрої для посилення чи послаблення цих потоків (греблі, шлюзи, затвори на каналах, рибопідйомники) і певним чином регулюють перебіг природних процесів.

Наслідком привнесення у біосферу чужорідних для неї речовин та енергії або перевищення природних концентрацій інших речовин є забруднення навколишнього середовища. Об'єктами забруднення, зумовленого виробничою діяльністю людини, є компоненти геоекосистем – повітря, вода, ґрунти, біота, а у кінцевому результаті – ландшафт у цілому. Основними *видами антропогенного*

забруднення є механічне, фізичне (теплове, радіоактивне, шумове, електромагнітне, світлове), хімічне, біологічне. Вони викликають зміни характеристик геоекосистем та властивостей їхніх окремих компонентів. Однак забруднення може бути пов'язане і з такими природними явищами, як виверженням вулканів, пиловими бурями, лісовими пожежами тощо.

Джерелами забруднення є будь-які об'єкти виробничої діяльності людини, що викидають у навколишнє середовище шкідливі речовини. До джерел забруднення належать окремі точки викиду (труба, водоскид), великі підприємства з великою кількістю точок (напр., металургійний комбінат), індустріальні райони, звідки забруднювальні речовини можуть надходити до сусідніх регіонів. Будь-які шкідливі речовини, фізичні, хімічні чи біологічні агенти, що потрапляють у навколишнє середовище, накопичуються там у обсягах і концентраціях, вищих за природні величини.

### **Запитання і завдання для самоконтролю**

1. Проаналізуйте поділ природних ресурсів за різними ознаками.
2. Розкрийте існуючі підходи до поняття «природно-ресурсний потенціал» та відомі вам значення терміну «природокористування».
3. Проаналізуйте залежність стану природного середовища від ступеня раціональності природокористування. Наведіть приклади.
4. Розкрийте відомі принципи раціонального природокористування. Поясніть, як їх дотримання сприяє відновленню порушених зв'язків геоекосистем.
5. Обґрунтуйте вплив різних видів природокористування на довкілля. Наведіть приклади.
6. За допомогою яких технічних засобів здійснюється вплив людини на природні геоекосистеми?

### 3 РЕСУРСНІ ЦИКЛИ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

**Б**удь-який технологічний процес у техносфері розпочинається з того, що природний ресурс вилучається із навколишнього середовища. А завершується цей процес поверненням назад у середовище різноманітних відходів, а також тих готових виробів, які відслужили свій термін. Цей процес незамкнений; на противагу біосферним природним циклам, у техносфері він має *кінцевий* характер. Ці відмінності породжують істотні протиріччя – антропогенна діяльність порушує перебіг природних циклів, виводячи їх зі стану стійкої рівноваги.

Біосферний (планетарний) кругообіг речовин складається з багаторазової участі речовин в усіх біосферних процесах. Глобальних кругообігів два – великий і малий. *Великий (геологічний) кругообіг* – це обмін речовинами між сушею та Світовим океаном. Насамперед відбувається глобальна циркуляція води, разом з якою рухаються величезні маси розчинених у ній хімічних речовин (Рис. 8). На це витрачається майже третина усієї сонячної енергії, що надходить до Землі. Кругообіг води між океаном і суходолом є обов'язковою умовою обміну речовин між органічної та неорганічною природою.

*Малим (біологічним, біотичним) кругообігом* називають обмін хімічними елементами між живими організмами і неживими компонентами біосфери – атмосферою, гідросферою і літосферою. Іншими словами, це дві сторони єдиного процесу – утворення живої речовини та її розклад, циркуляція речовин між ґрунтами, рослинами, тваринами і мікроорганізмами (Рис. 9). Спочатку жива речовина заряджається енергією, а потім, у процесі розкладу органічних решток, енергія повертається у навколишнє середовище.

Організми залучають атоми біогенних речовин з косної (неживої) матерії біосфери у свої тіла, де поглинені речовини вступають у різноманітні біохімічні реакції, а потім виділяються у зовнішнє середовище у вигляді продуктів життєдіяльності організмів або їхніх мертвих тіл. Організоване таким чином життя на Землі продовжується вже мільярди років.

Виникнення на Землі живої матерії обумовило можливість безперервної циркуляції у біосфері хімічних елементів, їхнього переходу із зовнішнього середовища у організми і назад у середовище. Подібна циркуляція хімічних елементів отримала назву біогеохімічних кругообігів (циклів). *Біогеохімічні цикли* включають обмінні цикли хімічних елементів абіотичного походження (вуглецю, кисню, азоту, фосфору, сірки тощо), без яких не може існувати жива речо-

вина. При цьому біогенні елементи різними шляхами поперемінно переходять з живої речовини у неорганічну матерію, а з неї – знов у живу речовину.

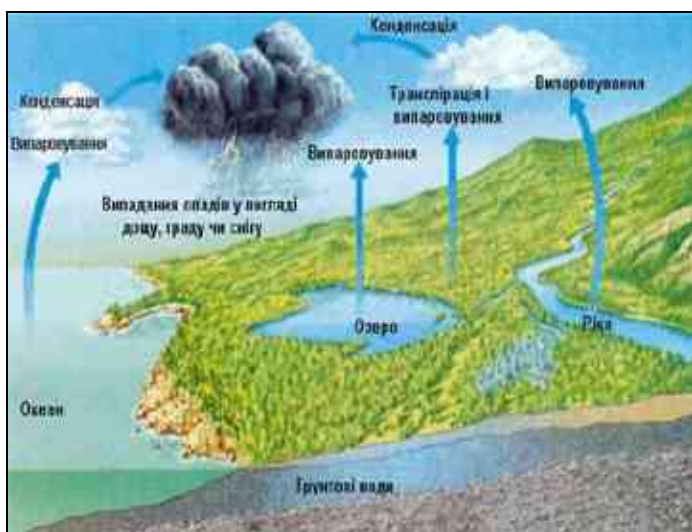


Рис. 8. Глобальний кругообіг води

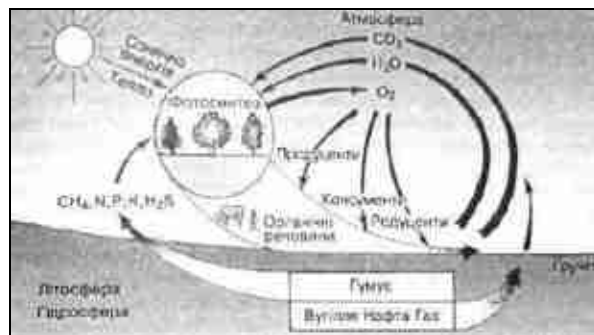


Рис. 9. Узагальнена схема біотичного кругообігу речовин

В ході біогеохімічних циклів атоми більшості хімічних елементів проходять незліченну кількість разів через живу речовину. Наприклад, увесь кисень атмосфери «обертається» через живу речовину за 2 тис років, вуглекислий газ за 200-300 років, а уся вода біосфери – за 2 млн років. Жива речовина є приймачем сонячної енергії. Енергія, поглинута в результаті фотосинтезу, а потім запасена у вигляді хімічної енергії вуглеводів, співставна з енергією, яку споживають 100 тисяч великих міст протягом 100 років. Гетеротрофи використовують органічну речовину рослин як їжу: органіка окислюється киснем, який доставляють у організм органи дихання, а з утворенням вуглекислого газу реакція йде у зворотному напрямку. Таким чином, одночасне існування автотрофів і гетеротрофів робить життя практично вічним.

Під час кругообігів відбувається колоподібна циркуляція речовин між повітрям, ґрунтом, водою, рослинами, тваринами і мікроорганізмами, коли мінеральні речовини, потрібні для життя, поглинаються, трансформуються, надходять з навколишнього середовища до складу рослин, а від них, через ланцюги живлення, у вигляді органічних речовин – до тварин; далі через ланку редуцентів – знову в навколишнє середовище у вигляді неорганічних речовин. Завдяки наявності у біосфері великого резервного фонду вуглецю, азоту, кисню, сірки, фосфору, кругообіги можуть відносно швидко саморегулюватися.

Одним з найважливіших кругообігів біосфери є *біогеохімічний цикл вуглецю*, оскільки з ним прямо пов'язані вміст кисню в атмосфері та зміни планетарного клімату. Вуглецевий цикл відбувається у такій послідовності: спочатку з атмосфери вуглець у складі вуглекислого газу поглинається рослинами у процесі фотосинтезу з утворенням органічних речовин та побічним виділенням кисню. Рослинами він частково повертається у атмосферу в процесі дихання, але переважно переходить у опад (листя, квітки, гілки) у складі органічної речовини, яку синтезували рослини. Редуценти розкладають опад та інші органічні рештки, і вуглець у складі  $\text{CO}_2$  знов надходить до атмосфери (Рис. 10).

Частина вуглецю накопичується у біосфері у складі  $\text{CaCO}_3$  (крейда, вапняки, корали), кам'яного вугілля чи нафти у процесі фосилізації (утворення скам'янілостей внаслідок перетворення органічних решток на неорганічні складові частини земної кори); ця частина вуглецю надовго «випадає» з кругообігу. Але під впливом коріння рослин, тварин, а також діяльності людини (зокрема, використання викопного палива) вуглець може бути вивільнений і знову включений до кругообігу.

Активна діяльність живої речовини також яскраво проявляється у біогеохімічному циклі *кисню*: спочатку вільний кисень утворюється у процесі фотосинтезу в зелених рослинах; потім він споживається живими організмами для здійснення дихальних функцій, а також для реакцій окислення органічних решток і неорганічних речовин. Інші хімічні перетворення ведуть до утворення двоокису вуглецю і води та їхнього послідовного залучення у новий цикл фотосинтетичних перетворень (Рис. 11).

Найслабкішою ланкою біотичного кругообігу біосфери є істотно розімкнений цикл *фосфору* – значна частина континентального стоку фосфатів потрапляє у глибинні океанічні осади і накопичується там, випадаючи із кругообігу. У ґрунті й природних водах фосфор постійно перебуває у дефіциті. Крім того, внаслідок господарської діяльності людини (особливо виробництва фосфорних добрив) ланцюг кругообігу фосфору в біосфері порушений. Подібно кругообігу вуглецю відбуваються кругообіги *азоту*, *сірки* та інших хімічних елементів. Нині на біогеохімічні цикли азоту, фосфору і сірки все більше впливає техногенне забруднення повітря, особливо спалювання викопного палива. Зокрема, майже третина сірки біосфери потрапляє у атмосферу з димогазовими викидами підприємств і теплових електростанцій. Ця «зайва» сірка, розчиняючись



у атмосфері з утворенням сірчаної та сірчистої кислот, випадає у вигляді кислотних дощів, пришвидшуючи деградацію екосистем біосфери.

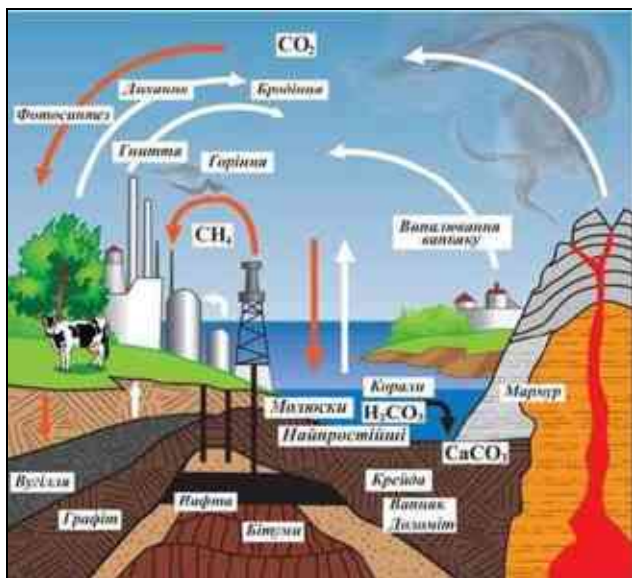


Рис. 10. Кругообіг вуглецю



Рис. 11. Біогеохімічний цикл кисню в біосфері

Під час поглинання води рослинами та уживання питної води тваринами до живої речовини потрапляють *біогенні катіони* –  $Na$ ,  $K$ ,  $Ca$ ,  $Mg$ . Подібно азоту, фосфору й сірці, ці елементи мігрують трофічними ланцюгами від продуцентів через консументів до редуцентів. Після загибелі організмів вони швидко переходять у водні розчини і знов стають придатними для подальшого використання.

У морському середовищі кальцій і магній частково вилучаються з біотичного кругообігу і консервуються у осадових породах. Мікроскопічні водорості відкладають кальцій у вигляді карбонатів на поверхні клітин, утворюючи вапняні платівки – так звані кокколіти. Після відмирання клітин кокколіти не встигають цілком розчинитися у воді та осідають на дно, формуючи крейдянні осадові породи. Лише після підняття певних ділянок днища, кальцій, нагромаджений у крейді, вивільнюється у процесі вивітрювання і знов стає доступним для біоти.

Отже, кругообіги речовини та енергії у біосфері здійснюються збалансовано. Переважна більшість речовин, залучених до біотичного кругообігу, повертається у мінеральний стан і стає доступною для повторного використання живою речовиною. Лише невелика їхня частка відкладається у осадових породах, але ці втрати компенсуються речовинами, які вивільняються з гірських по-

рід у процесі вивітрювання. У цьому й полягає головна відмінність природних кругообігів біосфери від ресурсних виробничих циклів, які, хоч і є частиною єдиного природно-ресурсного циклу, але відбуваються у соціо-економічному середовищі.

### **3.1 Суспільна ланка глобального кругообігу речовин**

З появою людини розпочалося становлення суспільної (господарської) ланки біосферного кругообігу речовин – вилучення з нього природної речовини і повернення у навколишнє середовище відходів, які після технічної переробки не можуть асимілюватися природою, забруднюючи її та порушуючи природний кругообіг речовин. Ресурсні цикли дещо подібні до природних, оскільки вони є частиною *єдиного природно-ресурсного циклу*, який відбувається у різних середовищах: природному і соціально-економічному. Однак відмінною рисою ресурсного циклу є незамкнений характер, тобто утворення маси відходів на усіх етапах – від видобутку до кінцевого використання природної речовини. Підраховано, що з кожної тони видобутого ресурсу до готового продукту в середньому доходить лише від 5 до 15%, решта переходить у відходи.

Будь-який технологічний процес починається з вилучення із навколишнього середовища того чи іншого ресурсу і закінчується поверненням у природу різноманітних відходів, а також виробів, що відслужили свій термін. Це процес лінійний, незамкнений, має початок і кінець. Кардинальні відмінності між природним і технологічним процесами породжують у сучасному суспільстві суперечності, які дедалі більше загострюються, коли, з одного боку, спостерігається брак ресурсів, а з іншого – збільшення потреби у них, зумовлені стрімким зростанням населення і невгамовним бажанням людей жити з більшим комфортом (наприклад, мати у родині не один, а два автомобілі).

Теорія ресурсних циклів слугує пошуку шляхів узгодженого, гармонійного розвитку природних і технологічних процесів. На кожному етапі ресурсного циклу неминучі втрати. Видобуток корисних копалин залишає частину сировини у місцях залягання, а у відвали відправляє так звану «порожню породу», на отримання якої витрачається енергія. Значна частка видобутого втрачається у процесі транспортування до заводу чи фабрики, перевантаження і переробки. Якщо ресурс використовується як паливо, то при його згоранні утворюються шлаки, що йдуть у відвали, та оксиди, які летять в атмосферу. За промислової переробки нафти чи вугілля неминуче утворення технологічних відходів – по-

бічних твердих, рідких і газоподібних продуктів, які формують т. зв. «хвостові» викиди.

Таким чином, виходить парадоксальна ситуація: забруднення навколишнього середовища спричинюють природні ресурси! На їхні видобуток і перевезення витрачаються величезні кошти, енергія, час, а вони, зрештою, погіршують якість довкілля. Через це навіть виник афоризм: *забруднення навколишнього середовища – це природні ресурси, які опинилися не на своєму місці.*

Кількість відходів зростає так само, як і видобуток сировини, і людство все більше і більше працює на відходи. Наприклад, на кожну тону виробленого калійного добрива утворюється від 3-4 т галітових відходів, які переважно складаються із хлориду натрію, хлоридів і сульфатів калію, кальцію, магнію та нерозчинних мінеральних домішок. Виробництво фосфорних добрив супроводжується утворенням фосфогіпсу, якого виходить 4-5,6 т на кожну тону екстракційної фосфорної кислоти.

При збагаченні мідних руд у відходи йде флотаційний сірчаний колчедан, який використовується для виробництва сірчаної кислоти. Однак випалення сірчаного колчедану утворює колчеданний недогарок (0,73-0,75 т на 1 т піриту), який використовується далеко не повністю, хоча містить залізо, кольорові й дорогоцінні метали. Просочуючись через відвали, вода збагачується залізом, міддю, нікелем, кальцієм, сульфатами тощо та забруднює поверхневі водойми і підземні води.

Теплові електростанції (ТЕС) викидають десятки мільйонів тон пилоподібної золи і кускових шлаків щороку. Відвали великої ТЕС займають сотні гектарів цінних земель; водночас ці відходи можуть бути сировиною для виробництва будівельних матеріалів. Зола можна використовувати для добування низки металів, зокрема заліза і алюмінію, а також у виробництві наповнювачів бетону, силікатної цегли, шлакоситалів<sup>2</sup> тощо.

Якщо вирубується деревостій, вилучається і відчужується основна маса запасеної енергії та речовини, яка мала б передаватися на вищі трофічні рівні. Тому на місці знищеної лісової екосистеми може з'явитися нова, але значно менш продуктивна. Таким чином, розсіювання речовини і енергії різко випере-

---

<sup>2</sup> *Шлакоситали* – склокристалічні матеріали, одержувані кристалізацією скла, виготовленого на основі промислових відходів. Шлакоситалові стрічки і плити застосовують у будівництві, хімічній та гірничорудній промисловості.

джає їхнє відновлення, і природний кругообіг гальмується, а то й зовсім припиняється. Щоб не допустити цього, людина має брати на себе функції відновлення екосистем: висівати насіння, вносити органо-мінеральні добрива, забезпечувати рослини водою.

До формування ресурсних циклів як відображення життєдіяльності потенціалу природних ресурсів веде циклічний характер використання людиною ПРП території. Цикл – це послідовний перебіг подій або дій, які регулярно повторюються, що переважно призводить до повернення у вихідне становище. *Ресурсним циклом* (РЦ) називають сукупність перетворень і просторових переміщень певної речовини або групи речовин на всіх етапах їхнього використання людиною у межах суспільної ланки глобального кругообігу цих речовин. Концепцію РЦ було розроблено російським вченим І.В. Комаром у 1975 р. Він вважав, що обмін речовин між суспільством і природою має добре виражений циклічний характер за типом кругообігу. А сумарний потік цього обміну можна розчленувати на окремі ресурсні цикли (на кшталт біогеохімічних циклів у біосфері). Зазвичай РЦ включає такі фази (Рис. 12):

- ☞ виявлення природних ресурсів (ПР);
- ☞ підготовка ПР до експлуатації;
- ☞ вилучення ПР з природного середовища;
- ☞ перероблення ПР;
- ☞ споживання ПР людиною;
- ☞ повернення відходів у природу.

Окремі РЦ розвиваються і функціонують не ізольовано – вони взаємопов'язані й навіть тісно переплітаються між собою, оскільки використання одного ресурсу відбувається найчастіше у сполученні з іншими ресурсами чи групами ресурсів. РЦ різняться за своєю тривалістю: *короткочасні* РЦ забезпечують переважно біологічні потреби людини (голод, спрага, сон, розмноження); *довготривалі* – включають виробництво і споживання предметів тривалого користування, наприклад, капітальних споруд з металу чи високоміцних будівельних матеріалів.

Поліциклічний процес обміну речовин між природою і суспільством відбувається не лише у часі, але й у просторі, тому утворюються такі *територіальні структури* ресурсних циклів:

Υ Найвищий таксономічний рівень – *планетарна* структура РЦ. Вона функціонує на основі сполучення та взаємопроникнення усіх РЦ людства.

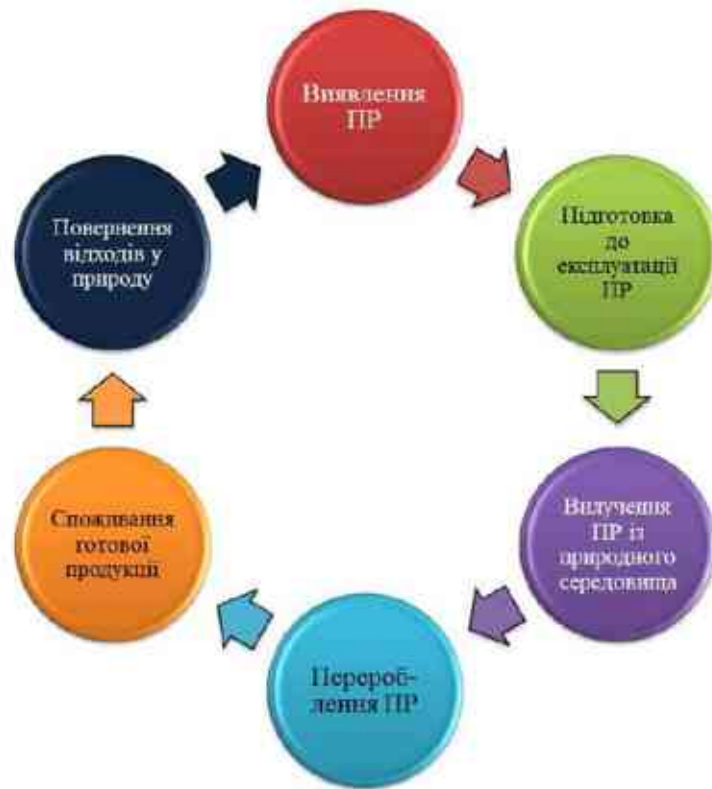


Рис. 12. Основні фази ресурсного циклу

У Нижчий – *регіональні* структури РЦ груп країн, окремих країн та їхніх економічних районів різного ієрархічного рангу.

У Найнижчий – *локальні* структури (окремі РЦ).

Найбільш ефективним є застосування концепції РЦ на мезорівні – рівні ресурсного або промислового району, частини території великої країни, тобто там, де достатньо повно представлений цикл видобутку, переробки, споживання та розміщення відходів, пов'язаний з тим чи іншим природним ресурсом.

РЦ різняться за видом головної речовини чи групи речовин, які беруть в них участь. У кожному РЦ виділяються окремі фази – від освоєння і видобутку природних ресурсів до їх переробки і споживання. Вони відрізняються особливостями впливу на ландшафти, способом обробки ресурсів, нормами витрат сировини, палива, енергії, води, виходу готової продукції, а також обсягами і видами відходів. РЦ поділяють на групи залежно від використовуваних ресурсів. Кожна група, своєю чергою, містить різні цикли і підцикли (Табл. 7). До *першої групи* належать РЦ на основі використання корисних копалин, а саме:

У Цикл енергоресурсів та енергії з енергохімічним та гідроенергетичним підциклами.

У Цикл металорудних ресурсів і металів з коксохімічним підциклом.

У Цикл неметалевої викопної речовини з підциклами: гірничо-хімічним, мінеральних будівельних матеріалів, особливо цінних і рідкісних нерудних корисних копалин.

Табл. 7. Основні ресурсні цикли та підцикли

<i>Ресурсні цикли на основі використання корисних копалин</i>					
Енергоресурсів та енергії		Металорудних ресурсів і металів		Неметалевої викопної сировини	
<i>Підцикли</i>					
енергохімічний	гідроенергетичний	коксохімічний	гірничо-хімічний	мінеральних будматеріалів	цінних і рідкісних корисних копалин
<i>Ресурсні цикли на основі використання відновних ресурсів</i>					
Грунтово-кліматичних ресурсів і сільськогосподарської сировини		Лісових ресурсів і лісоматеріалів		Флори і фауни	

До другої групи належать РЦ на основі використання відновних ресурсів, які також включають три ресурсні цикли: ґрунтово-кліматичних ресурсів і сільськогосподарської сировини; лісових ресурсів і лісоматеріалів; цикл ресурсів флори і фауни із серією підциклів, що розвиваються на базі використання різних видів промислових звірів і птахів (ресурсів мисливського господарства), біологічних ресурсів солоних і прісних водойм (риби і морепродуктів), лікарських та інших корисних рослин, дикорослих плодів і ягід.

### **3.1.1 Ресурсні цикли на основі використання корисних копалин**

Одним з найважливіших РЦ цієї групи є *цикл енергоресурсів та енергії*, ядром якого є горючі корисні копалини. Енергоресурсний цикл включає такі послідовні фази:

- ✓ Добування палива – вугілля, нафти, природного і супутнього газу, торфу, сланців.
- ✓ Підготовка палива до використання, включаючи його транспортування.
- ✓ Спалювання добутого та підготовленого палива у енергетичних, технологічних та інших цілях. Для цього необхідні величезні кількості атмосферного повітря, зокрема кисню, а також води для охолодження (найбільше – у теплоенергетиці).
- ✓ Використання виробленої енергії у процесі її транспортування, споживання та перероблення відходів.

- ✓ Повернення у природу вилученої матеріально-енергетичної субстанції. Відходи відправляються у відстійники і відвали, які стають джерелами шкідливого впливу на геоекосистеми та їхні окремі компоненти.

Ефективна раціоналізація взаємодії енергоресурсного циклу з навколишнім середовищем потребує вирішення низки завдань. Найважливішими серед них є утилізація (використання у господарстві) непаливних твердих матеріалів супутнього добування – відходів збагачення палива, золи, шлаків, гірських порід, що вилучаються при добуванні палива, а також рекультивація земель, порушених гірничодобувною діяльністю.

Серед інших завдань – упровадження технологій зниження вмісту сірки у паливі, уловлювання та використання сірки, отримуваної при спалюванні палива. Практично всі викиди сірчаних сполук у атмосферу пов'язані зі спалюванням палива, що істотно впливає на кругообіг сірки в біосфері. Наприклад, доцільно розміщувати сірчаноокислотні виробництва разом з підприємствами нафтопереробки і коксівної промисловості. Також серйозною проблемою є наявність води для охолодження. Головною умовою її розв'язання, тобто усунення скидів перегрітих вод у природні водойми, є застосування зворотної системи водопостачання. Одним з першочергових завдань має бути зменшення, наскільки це можливо, шкідливого впливу вихлопних газів автомобілів.

Кожен підцикл енергетичного РЦ має свої специфічні особливості. *Гідроенергетичний підцикл* відрізняється тим, що залучає величезні маси води з метою оволодіння її кінетичною енергією. *Енергохімічний підцикл* розвивається на основі використання будь-яких енергоресурсів як хімічної сировини, зокрема, виробництво хімічної продукції з нафтогазової сировини та її споживання (пластмаси, хімічні волокна, синтетичний каучук тощо).

Характерною особливістю *циклу металорудних ресурсів і металів* є те, що готова продукція циклу складається з предметів тривалого користування, тому металорудний цикл належить до довготривалих РЦ. Він використовує велику кількість технологічного і енергетичного палива, мас повітря і вільного кисню для його спалювання, а також води, головним чином, для охолодження. Металорудний цикл складається з таких послідовних фаз:

- ✓ Добування руди. Попутно вилучаються величезні маси породи, придатної для перероблення.

- ✓ Підготовка руд перед плавленням, включаючи первинне сортування, збагачення, отримання агломерату тощо. На цій фазі утворюються додаткові обсяги відходів.
- ✓ Власне металургійні процеси – отримання металів з руд.
- ✓ Оброблення металів і споживання готової продукції.
- ✓ Повернення у природу вилучених з неї металів у вигляді відходів.

Серед проблем металорудного циклу найголовнішою є шкідливий вплив матеріалів супутнього добування і відходів на природне середовище. Йдеться насамперед про рекультивацію земель, порушених гірничорудними підприємствами; раціональне зберігання відвалів, які містять цінні компоненти. Актуальними є проблеми очищення вод збагачувальних фабрик, упровадження замкнених циклів водно-шламового господарства та запобігання викидам пилу, сірчаних газів, окисів вуглецю, канцерогенних речовин. Важливим завданням є утилізація цінних елементів мідно-колчеданових, бокситових та інших руд, а також розроблення нових способів добування, підготовки і переробки руд.

*Коксохімічний підцикл* пов'язаний з металорудним і енергоресурсним циклами, а його заключні фази – переважно з енергохімічним підциклом. Масштаби виробництва коксу визначаються зазвичай потребами металургії. Актуальні проблеми – припинення викидів у атмосферу сірчаних газів, а також фенолів; повне очищення промислових стоків, зокрема токсичних фенольних вод.

Найбільшу кількість підциклів (чотири) має **цикл неметалевої викопної сировини**. Це пов'язано з відмінностями у виробничому призначенні та розповсюдженні промислових родовищ. Ресурсну основу *гірничо-хімічного підциклу* утворюють такі види первинної мінеральної сировини: фосфорити, калійні солі, самородна сірка, кухонна сіль для виробництва хлору і соди, вапняки тощо, а також різноманітні промислові відходи, наприклад, металургії. Одна з гілок підциклу охоплює використання мінеральних добрив та їхнє введення у біотичний кругообіг.

Ресурсною основою *підциклу мінеральних будівельних матеріалів* є цементна сировина, глини, пісок, гравій, будівельний камінь. Головними проблемами підциклу є величезні обсяги утворення відходів підготовки видобутих первинних матеріалів до їхнього використання (дроблення каміння, сортування піску чи гравію тощо). У процесі переробки видобутих і підготовлених первинних матеріалів відбуваються значні викиди у повітря небажаних домішок, які



спеціально відокремлюються від основної сировини, найбільше – у цементній промисловості.

### ***3.1.2 Ресурсні цикли на основі використання відновних ресурсів***

Одним з найдавніших є ***цикл ґрунтово-кліматичних ресурсів і сільськогосподарської сировини*** – за кількістю корисних продуктів, які людина вилучає з природного середовища, він посідає одне з провідних місць з усіх ресурсних циклів. Головними факторами ризику при цьому є такі:

1. *Механізація*, що викликає небезпеку розвитку різних форм ерозії ґрунтів.
2. *Меліорації* – зрошувальні та осушувальні. Вони породжують низку екологічних проблем: засолення зрошуваних земель, заболочування і вторинне засолення ґрунтів внаслідок підйому рівня ґрунтових вод, висихання водоєм внаслідок забору води для поливу тощо.
3. *Хімізація*, що проявляється у двох головних аспектах – по-перше, надмірне застосування мінеральних добрив задля підвищення врожайності сільськогосподарських культур; по-друге, введення у кругообіг хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР) від хвороб, шкідників та бур'янів.

Серед проблем циклу головними є такі:

- значні втрати первинної продукції землеробства (овочів, фруктів тощо) у процесі доставки до місць переробки, а також під час зберігання у сирому і переробленому вигляді;
- недостатня утилізація відходів (наприклад, у виробництві рослинної олії лузгу замість спалювання можна переробляти);
- нераціональне водокористування і водоспоживання на підприємствах легкої і харчової промисловості;
- неефективна утилізація накопичених органічних добрив, забруднення ними води, ґрунтів і повітря;
- неповне повернення у біотичний кругообіг поживних речовин, відчужених з врожаєм, що призводить до виснаження ґрунтів.

***Цикл лісових ресурсів і лісоматеріалів*** відрізняється від сільськогосподарського значно меншими обсягами вилучення речовини з природи. Початковими та частково середніми фазами циклу є рубки лісу, первинна обробка дере-

вини (очистка від хвої і суччя, сушка), трелювання<sup>3</sup> (Рис. 13). Наступні фази лісоресурсного циклу охоплюють різноманітні види лісопереробки. Кінцеві фази – це споживання деревини та виробів з неї, а також повернення використаної, сильно трансформованої природної речовини у біотичний кругообіг.

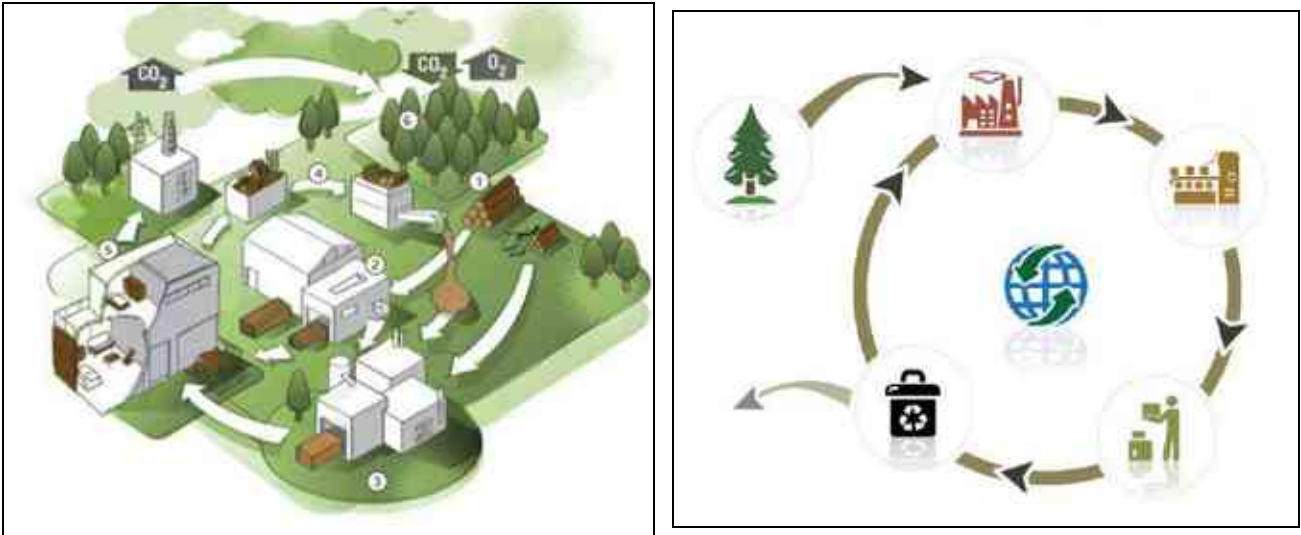


Рис. 13. Приклади РЦ лісових ресурсів і лісоматеріалів

Головні проблеми лісоресурсного циклу такі:

- Υ Істотні втрати деревини на початкових фазах, оскільки використовується переважно наземна частина дерев, а менш цінна деревина і лісосічні відходи – гілки, пеньки, вершини, хвоя тощо – у процесі рубки часто ігноруються.
- Υ Значне витрачання води целюлозно-паперовими комбінатами, більша частина якої потребує складного і витратного очищення після використання.
- Υ Необхідність повного та своєчасного відновлення лісів на вирубках.
- Υ Систематичне вилучення з біологічного кругообігу разом з деревиною значної кількості поживних речовин (азоту, зольних елементів).

Важливою ланкою **циклу ресурсів флори і фауни** та всіх його підциклів є постійне відновлення ресурсів відповідних природних популяцій та підвищення первинної біологічної продуктивності. Прикладом може бути *підцикл рибних ресурсів та рибопереробки*, що включає добування, переробку, відтворення і збільшення запасів риби та інших водних організмів у природних і штучних водоймах.

<sup>3</sup> Трелювання (від нім. *treilen*, англ. *trail* – тягнути, волочити) – збір і транспортування деревини від місця заготівлі до вантажних пунктів, а також її доставка до споживачів.

Концепція ресурсних циклів є основою розроблення шляхів переходу до «циклічного» природокористування. Поняття *циклічна економіка* вперше було запропоновано на симпозіумі Європейської економічної комісії ООН ще у 1971 р. Йдеться про таку організацію природокористування, що забезпечує різке зниження кількості некорисних відходів та можливість максимального нового включення використаних (спожитих) матеріалів і виробів у виробничий або природний цикл.

### **3.2 Безвідходні та маловідходні технології**

Нині ресурсні цикли поступово трансформуються відповідно до природних принципів взаємозв'язку і замкненості. Така організація ресурсних циклів в решті решт веде до безвідходного виробництва, тобто до такої організації технологічних процесів, коли відходи одних використовуються як сировина для інших, що забезпечує повну утилізацію відходів. На жаль, поки що у більшості виробництв утворення тих чи інших відходів неминуче. Тому реальною метою є перехід до маловідходних виробництв, які характеризуються максимально можливою утилізацією відходів.

Термін «*безвідходні технології*» вперше запропонували радянські вчені, академіки М.М. Семенов та І.В. Петрянов-Соколов у 1972 р. Концепції й принципи створення безвідходних технологій і виробництва уперше ґрунтовно обговорювалися під час роботи міжнародного семінару з екологічних проблем 1976 року в Парижі. На загальноєвропейській нараді з питань захисту навколишнього середовища у Женеві у 1979 р. було прийнято *Декларацію про маловідходні й безвідходні технології та повторне використання відходів*, метою яких визначалося забезпечення найбільш раціонального використання природних ресурсів та енергії і захист навколишнього середовища.

З подальшим розвитком уявлень про раціональне природокористування виникла необхідність удосконалити сутність безвідходних технологій, що й було зроблено на семінарі Європейської економічної комісії (ЄЕК) ООН (Ташкент, 1984). Відповідно до рішення ЄЕК ООН і Декларації про мало- і безвідходні технології та використання відходів, Комісія ЄС дає таке визначення: чиста (безвідходна) технологія – це такий метод виробництва продукції, який дозволяє одночасно знизити обсяг викидів у навколишнє середовище забруднювальних речовин та кількість відходів, отримуваних у процесі виробництва і експлуатації виготовленого продукту. У багатьох країнах замість терміну «мало-і

безвідходна технологія» застосовується інший – «чиста або більш чиста технологія» (Pure or More Pure Technology).

Під безвідходною технологією розуміють такий принцип організації виробництва, за якого найбільш раціонально і комплексно використовуються сировина і енергія у циклі «сировинні ресурси – виробництво – споживання – вторинні сировинні ресурси» таким чином, що будь-який вплив на довкілля не порушує екологічної рівноваги. Безвідходне виробництво передбачає встановлення повного контролю над рухом матеріальних ресурсів на усіх стадіях ресурсного циклу – від добування сировини, її виробничої переробки до споживання готової продукції та утилізації відходів виробництва і споживання. Безвідходні технології стають ефективними навіть у тих випадках, коли собівартість одержаної продукції зростає.

В основі концепції безвідходних технологій три основні положення:

- створення максимально замкнених систем, організованих за аналогією з природними екосистемами;
- раціональне використання усіх компонентів сировини;
- неминучі впливи на оточуюче середовище не повинні порушувати режим його нормального функціонування.

У багатьох країнах набула поширення концепція «нуль відходів» (Zero Waste) британського економіста Робіна Мюррея, що полягає у поверненні відходів до циклу виробництва, тобто організації кругообігу речовин, що використовуються у технологічних циклах. При цьому сам Мюррей наполягав на тому, що термін «Zero Waste» має два значення: «нуль відходів» і «нуль втрат». Поява цієї концепції кардинально змінила погляди суспільства на відходи виробництва і споживання – їх почали розглядати не лише як шкідливі забруднювальні речовини, але й як потенційні дешеві джерела корисних елементів, матеріалів і енергії. Застосування на практиці концепції «нуль відходів» передбачає дотримання п'яти «золотих» правил – 5R:

- Ү REFUSE, або відмовляйся від непотрібного;
- Ү REDUCE, або скорочуй те, що споживаєш;
- Ү REUSE, або використовуй ще раз те, що може мати «друге життя»;
- Ү RECYCLE, або відправляй на переробку;
- Ү ROT, або компостуй, а все інше відправляй на звалище.

Застосування такого підходу до поводження з відходами провідними виробниками світу дозволило, наприклад, компанії Hewlett Packard (Каліфорнія)

зменшити обсяг відходів на 95%, а фірма Honda (Канада) скоротила кількість відходів на 98%.

Діяльність автомобільного гіганта «Toyota» доводить, що будь-які відходи може бути перероблено на щось корисне. Наприкінці 2017 р. у автосалоні Лос-Анджелеса представили проект першої у світі комерційної електростанції, поєднаної із заводом з виробництва водню. За проектом, що має назву Tri-Gen, на заводі-електростанції з метанового газу, отриманого із коров'ячого гною, вироблятиметься не тільки електрика, але й водень. Планується, що завод зможе забезпечувати електроенергією 2350 будівель, а водню вистачатиме для щоденного заправлення 1500 автомобілів. Нещодавно Toyota поставила мету припинити виробництво традиційних двигунів внутрішнього згоряння до 2040 року і скоротити викиди вуглецю на своїх транспортних засобах на 90% до 2050 року.

Упровадження безвідходних технологій значно розширює ресурсні можливості людства. Серед них, наприклад, застосування геотехнологічних засобів добування корисних копалин – підземного вилуговування металів, солей; мікробіологічні технології вилучення корисних компонентів з руд; освоєння гідромінеральних ресурсів, у т. ч. морської води і розсолів для вилучення металів і солей тощо.

Наприклад, протягом тривалого часу метановий компонент комплексних вугільних родовищ сприймався як шкідлива домішка, що ускладнює добування власне вугілля. Промислове залучення метану розпочалося у 40-50-х роках минулого століття на вугільних шахтах Бельгії, Франції, Англії та Німеччини, де здійснювалася обов'язкова вентиляція виробок з попутним вилученням великих обсягів газу. Власники шахт продавали цей газ, закладаючи тим самим основи комерційного використання метану і підвищуючи рентабельність виробництва. Обсяги газу, вилученого з окремих шахт, могли забезпечувати місто зі 150-тисячним населенням. Однак пізніше, після виявлення численних родовищ власне природного газу і його дешевизни, ставлення до метану суттєво змінилося, і його майже перестали використовувати, збагачуючи ним атмосферу.

Нині ж видобуток метану вугільних родовищ, загальні світові ресурси якого, за різними оцінками, становлять від 93,4 до 285,2 трлн м<sup>3</sup>, значно зростає у багатьох вуглевидобувних країнах світу. Саме комплексний підхід до метану вуглепородного масиву (вугільні пласти і вуглевмісні породи) як до потужного додаткового джерела вуглеводнів, реалізує його переваги над іншими газоподі-

бними горючими копалинами. Сучасний етап використання метану позначився створенням цілої індустрії, спрямованої на його вилучення і використання для різних потреб. Лідером цієї галузі є США, де на кількох вугленосних басейнах відпрацьовані сучасні технології попереднього вилучення метану в обсягах, які перевищують 7% використововуваного в країні природного газу.

Новітні технології видобутку нафти й газу спроможні оживити і надати друге життя багатьом старим, начебто вичерпанам, родовищам. Отже, комплексне використання сировини – це найповніше, економічно найдоцільніше використання усіх корисних компонентів, що містяться у сировині, а також використання залишкових продуктів (у будівництві тощо). У природі практично не існує монокомпонентних видів мінеральної сировини; вона у своєму складі завжди містить цінні компоненти, наприклад:

- *нафта* містить деякі кольорові метали, насамперед ванадій і нікель;
- *вугілля* характеризується високим вмістом германію, ртуті, молібдену, миш'яку, меншою мірою – рідкісноземельних металів, літію, рубідію, цезію;
- *залізні руди* містять германій, ванадій, золото, срібло, а також вісмут, стронцій, нікель, титан, уран;
- *ртутні руди* – сурму, золото, срібло;
- *марганцеві руди* – ітрій, рубідій, стронцій, свинець, цинк;
- *каоліни* – рідкісноземельні елементи.

Важливим напрямом безвідходного виробництва є оборотне водопостачання і замкнуті цикли водокористування, в основі функціонування яких лежить багаторазове використання води, після чого чисті води повертаються у природні водойми. Методи очищення води мають забезпечувати одночасне вилучення та утилізацію цінних компонентів. Чим більша кратність використання води, тим досконалішою є система водопостачання. На окремих підприємствах Японії та США кратність використання водних ресурсів становить 22-27 разів.

*Оборотне водопостачання* – це технічна система, яка передбачає багаторазове використання виробничих відпрацьованих вод (після їхнього очищення і обробки) за дуже обмеженого скидання (до 3%) у водойми (Рис. 14). *Замкнутий цикл водокористування* – це система водопостачання і водовідведення, у якій багаторазове використання води у одному і тому ж виробничому процесі здійснюється без скидання стічних та інших вод у природні водойми.

Підприємства, які мають у своїх технологічних схемах повністю замкнуті водооборотні системи (ЗВС), працюють з так званим «нульовим скидом», що

дає значний економічний ефект. Зокрема, закладена у проект хімзаводу ЗВС знижує капітальні й експлуатаційні витрати у десятки разів порівняно з прямою схемою. Так само знижуються потреби заводу в річковій воді, а також зберігаються тисячі гектарів продуктивних земель, які за прямої схеми були б зайняті під водосховища.

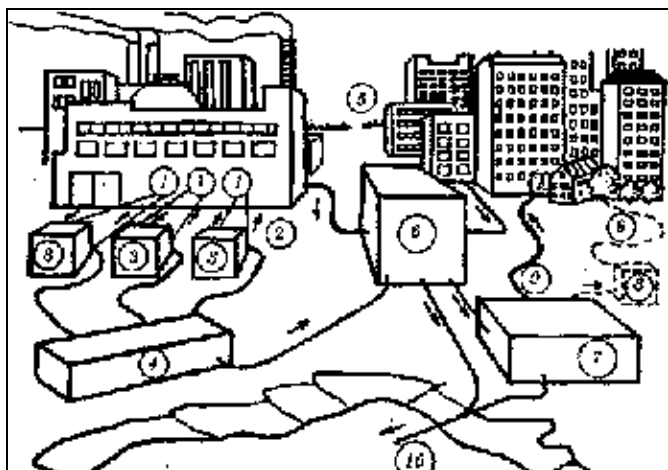


Рис. 14. Схема оборотного промислового і міського водопостачання:

1 – цех; 2 – оборотне водопостачання у середині цеху; 3 – локальна (цехова) очисна споруда, включаючи утилізацію вторинних відходів; 4 – загальнозаводські очисні споруди; 5 – місто; 6 – міські каналізаційні очисні споруди; 7 – третинні очисні споруди; 8 – закачування очищених стічних вод у підземні джерела; 9 – подача очищених вод у міську систему водопостачання; 10 – випуск стічних вод у водойму.

Деякі світові компанії повністю відмовляються від використання води. Першопрохідником став мексиканський завод Nestlé з виробництва сухого молока у місті Лагос де Морено. Завод, що відкрився 2014 року, витягує воду з оброблюваного молока, не користуючись зовнішніми джерелами. У свіжому коров'ячому молоці в середньому міститься близько 88% води. Частину цього ресурсу добувають, нагріваючи молоко за низького тиску. Отриману пару конденсують, обробляють і використовують для очищення самих випарних машин. Як тільки обладнання вимито, вода збирається знову, очищується і використовується повторно; додатково отримувати воду немає необхідності. Завдяки цьому щодня заощаджується 1,6 млн літрів води, що становить близько 15% всього використання води у Мексиці. У Бразилії теж працюють «безводні» фабрики, також подібні об'єкти плануються в Південній Африці, Індії, Пакистані, Китаї і Каліфорнії.

Для організації маловідходних технологій підприємства мають бути пов'язані кооперативно, оскільки відходи одного виробництва стають сировиною для іншого. А його відходи, у свою чергу, забезпечують технологічний процес третього тощо. Компактне розміщення комплексу виробництв сприяє утворенню комбінату. Наприклад, у складі металургійного комбінату повного

циклу, що випускає чавун, сталь і прокат чорних металів, коксохімічний завод перетворює кам'яне вугілля на сировину для доменного виробництва. Гази, що містять азот, є сировиною для виробництва азотних добрив, синтетичного каучуку, пластмас, синтетичних смол, гумовотехнічних виробів. Тому поруч мають бути відповідні виробництва. Після виплавки чавуну залишається шлак – сировина для цементної і будівельної індустрії; виділяються газы – сировина для хімічної промисловості. Тобто комбінування поєднує у одному виробництві різноманітні галузі промисловості, що є послідовними фазами переробки сировини. При цьому знижуються втрати, зростає ефективність виробництва, створюються сприятливі умови для організації маловідходного виробництва.

У широкому сенсі поняття «маловідходне виробництво» включає не тільки технологічні процеси, але й сферу споживання продукції, яка після втрати своїх споживчих властивостей у результаті фізичного зносу має бути повернена у виробництво або переведена у екологічно безпечну форму відходів. У маловідходному виробництві *уся початкова сировина перетворюється на продукцію*; така технологія має забезпечувати:

- комплексну переробку сировини з використанням усіх корисних компонентів шляхом упровадження новітніх технологій;
- створення і випуск нових видів продукції з урахуванням вимог їхнього повторного використання;
- переробку відходів виробництва і споживання з метою одержання товарної продукції;
- створення маловідходних територіально-виробничих комплексів.

Наприклад, лісопромисловий (лісовиробничий) комплекс охоплює лісове господарство, деревообробку, целюлозно-паперову, лісохімічну і гідролізну галузі промисловості. Продукція одного виробництва є сировиною для іншого. Лісозаготівельні підприємства дають деревину для лісопильних заводів. Пиломатеріали є вихідною сировиною для меблевих фабрик. Відходи лісозаготівлі й деревообробки використовуються у лісохімії. Отже, створення лісохімічних комбінатів дозволяє поєднувати послідовну обробку деревини з повною переробкою відходів.

На кожен кубічний метр деревини припадає значна кількість гілок і кори: у ялини – 50-70 кг, у сосни – 80-100 кг, у берези – 90-100 кг. Перероблення лісосічних відходів дає можливість одержати 40-55% деревної зелені, 25-35% технологічної тріски, які можна використати як паливо. Деревна зелень служить



цінною сировиною для виробництва біологічно активних речовин: вітамінного борошна, хвойного лікувального екстракту, ефірних мастил та інших препаратів для сільського господарства, парфумерії і медицини. Тирса, стружка і кора є цінною сировиною для хімічної промисловості – з них одержують деревне вугілля, каніфоль, живицю. З технічної зелені (хвої і листя) виробляють хлорофіл-каротинову пасту, що є вітаміном і лікувальним препаратом, використовується як стимулятор росту на птахофабриках. Листя і хвоя служать цінною добавкою, що покращує кормову базу тваринництва.

Сировиною для целюлозно-паперовій промисловості мають бути усі види деревини, у т. ч. низькоякісні, маломірні, відходи лісопиляння і деревообробки, макулатура. Вже розроблені технології переробки деревних відходів у синтетичне пальне – вони вже функціонують у Канаді, Норвегії та інших країнах. Розроблено технологію виробництва синтетичного вуглеводневого палива з генераторного газу, одержуваного газифікацією деревних чи інших відходів.

Технологічний процес складається з газифікації вуглеводне-місткої сировини, у результаті чого утворюється генераторний газ. Цей газ компрометується і перетворюється на рідке паливо у спеціальному каталітичному реакторі. Залежно від застосовуваних каталізаторів, вихід рідкого вуглеводневого палива досягає 70-150 кг на одну тонну сировини. Поряд з рідким вуглеводневим паливом, утворюються газоподібні вуглеводні, які теж утилізуються. Система утилізації тепла дозволяє отримати значну кількість енергії для опалення або технологічних потреб виробництва.

### **3.3 Екологізація природокористування**

Раціоналізація природокористування проявляється у двох процесах – екологізація та ресурсозбереження. *Екологізація* передбачає сукупність дій, спрямованих на мінімізацію негативного впливу на довкілля стаціонарних і пересувних джерел забруднення, випуск екологічно чистої продукції, формування екологічного світогляду в роботодавців і найманих працівників тощо. *Ресурсозбереження* – процес комплексного використання наявної природно-ресурсної бази, тотальної економії невідновних ресурсів, повторного ресурсокористування. Процеси екологізації та ресурсозбереження мають одну спільну рису – ефективніше залучення природних благ у господарський обіг, але при цьому вони відзначаються цілим спектром виробничо-технічних відмінностей.

Екологізація є процесом неухильного і послідовного упровадження технологічних, управлінських, юридичних та інших рішень, які дозволяють підви-

щувати ефективність використання природних умов і ресурсів одночасно з поліпшенням або хоча б збереженням якості довкілля. Вихідною передумовою екологізації природокористування є удосконалення технологій основних виробничих процесів і природоохоронних заходів для підвищення їхньої екологічної ефективності. Успішне впровадження таких технологій залежить від екологізації економічних інструментів управління, зокрема стимулювання розвитку ринків екологічних послуг, екологічно чистої продукції, інноваційних технологій тощо. Досвід розвинених країн свідчить, що існують два основні важелі, які стимулюють екологізацію виробництва і енергозбереження – плата за використання природних ресурсів і природоохоронні заходи.

Терміни «екологізація природокористування» і «охорона природного середовища» часто вживають як синоніми, що є невірним. Поняття екологізації є глибшим, ніж поняття «охорона природи». Природоохоронна діяльність бореться із негативними наслідками, спричиненими використанням застарілих технологій. А екологізація удосконалює і модернізує ці технології, *зменшуючи саму потребу в охороні природи*. Іншими словами, запобігти шкідливим техногенним впливам та їхнім наслідкам легше, ніж потім їх ліквідувати, що є складним, витратним і не завжди можливим процесом. Екологізація спрямована на ліквідацію екодеструктивних факторів, а, відповідно, і потреби у спеціальних природозахисних заходах. Отже, основна ідея екологізації полягає у попередженні екодеструктивної діяльності, а не у боротьбі з її наслідками.

Технологічні передумови екологізації природокористування виникають тоді, коли у виробничій системі накопичуються достатні технічні засоби реалізації екологічних потреб. Екологічна трансформація виробництва проходить такі основні стадії:

- розроблення і впровадження екологічного обладнання (очисні споруди);
- удосконалення технологій (маловідходні, мало забруднювальні);
- підвищення ефективності складових життєвого циклу виробів і послуг;
- виробництво товарів, які обслуговують принципово новий стиль життя (екологізація стилю життя).

Слід економічно заохочувати підприємства, що застосовують маловідходні й ресурсозберігаючі технології. Забруднення довкілля має бути економічно не вигідним, а через мінімізацію ресурсоспоживання і шкідливих викидів зростатиме конкурентоспроможність економіки. Екологізація природокористування здійснюється через систему організаційних заходів та інноваційних процесів,

реструктуризацію сфери виробництва і споживчого попиту, технологічну конверсію, трансформацію природоохоронної діяльності, що реалізуються на макро- і мікрорівнях. Екологізація економіки нині є необхідною передумовою інтеграції окремих країн у світовий господарський простір.

Формування замкнутих інтегральних систем виробництва і споживання продукції за аналогією з біосферними кругообігами називають *індустріальним метаболізмом*. Екологічно чистий виробничий процес передбачає, по-перше, перехід від боротьби за очисні споруди до боротьби проти необхідності очисних споруд; по-друге, різке зменшення кількості відходів; по-третє, розроблення та вироблення екологічно чистих товарів, які після використання не забруднюють навколишнє середовище. Нині у суспільстві утверджується думка про екологізацію виробництва не лише як про необхідний, але і єдино можливий шлях подальшого розвитку людської цивілізації, оскільки альтернативи йому немає.

Перспективними видами виробництва продукції екологічного призначення є, наприклад, очисне обладнання; лічильники (вимірювальна апаратура для води, тепла, газу); технології, обладнання і матеріали для ресурсозбереження; засоби індивідуального екологічного контролю (фільтри для води або міні-каналізаційні системи на 1-3 будівлі); обладнання для переробки чи знешкодження відходів – це і резерв дешевих ресурсів, і водночас розв'язання екологічних проблем. Отже, першочерговими завданнями екологічної трансформації природокористування є такі:

- реструктуризація галузей економіки;
- перепрофілювання шкідливих підприємств;
- усунення (зменшення) потреби у екологічно небезпечних видах продукції чи послуг;
- заміна екологічно несприятливих технологічних процесів;
- зниження ресурсоемності продукції.

Оскільки попередити шкідливі техногенні впливи на природне середовище та їхні наслідки легше, ніж потім їх ліквідувати, екологізація природокористування насамперед передбачає реалізацію одного з найголовніших геоекологічних принципів – *превентивності (профілактичності, упередженості)* проведення природоохоронних заходів. Сутність цього принципу полягає у недопущенні впливів, здатних викликати негативні наслідки для навколишнього середовища. Принцип профілактичності також передбачає введення контролю

за його реалізацією і у випадку необхідності, коригування управління функціонуванням геоекосистем.

Одним з напрямів реалізації принципу профілактичності є обмеження вилучення природної речовини (сировини, ресурсів) з навколишнього середовища. Допустимо вилучення тільки такої маси речовини та енергії, яка не підриває здатність природи до саморегулювання. Найбільш оптимальним є здійснення запобіжних заходів ще на стадії проектування того чи іншого виробничого об'єкту. У випадку проведення цих заходів після реалізації проекту одним із шляхів реалізації принципу превентивності може бути зміна режиму функціонування об'єкта без зміни технології (скорочення норм поливу зрошувальних земель для запобігання їхньому засоленню), або ж із зміною технології (наприклад, заміна дощування на крапельне зрошення, щоб запобігти підтопленню і вторинному засоленню ґрунтів).

Упередити негативні наслідки для довкілля можливо і після того, як шкідливий вплив вже відбувся, але поки що без істотних трансформацій природних компонентів. Метою подібних заходів зазвичай є надання так званої «оперативної допомоги». Наприклад, запобігти наслідкам скидання токсичних речовин у водойми для гідробіонтів можуть лише екстрені заходи, зокрема прискорення проточності або розведення води, нейтралізація токсинів нешкідливими для біоти хімічними реагентами.

Превентивні заходи також можуть бути спрямовані на усунення чи пом'якшення наслідків, які вже проявилися в результаті негативного впливу. Наприклад, за сильної евтрофікації водойм через потрапляння у них нагрітих стічних вод ефективним є заселення водойм рибами-фітофагами. Ще одним шляхом реалізації принципу профілактичності є здійснення компенсаційних (рекультивацийних) заходів, які запобігають подальшому розповсюдженню небажаних наслідків: наприклад, лісопосадки на вирубках, спорудження рибних заводів на річках з утраченими нерестовищами.

Крім цього, одним із шляхів реалізації принципу профілактичності для цілей екологізації природокористування є комбінування промислових підприємств на основі комплексного використання сировини та послідовного використання продукції одного підприємства у якості сировини для іншого. Наприклад, запровадження системи водопостачання, коли шкіряний комбінат споживає відпрацьовані води заводу гумовотехнічних виробів, а фанерний завод – стоки гідролізного заводу. При цьому скорочуються потреби у свіжій воді та

зменшується кількість стоків, що вигідно як з економічних, так і з природоохоронних позицій.

Отже, екологізація природокористування спрямована на зменшення протиріч між економічним зростанням і збереженням природних ресурсів, що дає можливість підвищити ефективність споживання цих ресурсів, вийти на нові ринки «зелених» інновацій та забезпечити конкурентоспроможність економіки. За відсутності інноваційних процесів екологізації виробництва, коли темпи споживання невідновних природних ресурсів перевищують темпи їхньої заміни відновними ресурсами, а темпи споживання відновних ресурсів перевищують темпи їхнього природного поновлення, технологія природокористування є *виснажливою*. Головними причинами нинішнього нераціонального використання природних благ є такі:

- ✓ Природоохоронна діяльність потребує значних додаткових витрат, що не лише не збільшує прибутки, а, навпаки, викликає зростання собівартості продукції та зниження рентабельності виробництва. Наприклад, витрати на газо- чи пилоочисне обладнання можуть досягати 20% і більше вартості основного технічного обладнання.
- ✓ Надмірно низька оцінка природних ресурсів або навіть можливість користуватися ними безкоштовно.

З останньою причиною безпосередньо пов'язана необхідність стимулювання користувачів природних благ з метою появи у них зацікавленості щодо здійснення заходів природоохоронного характеру. Концепція ресурсних циклів має стати основою розробки реальних шляхів переходу до такої організації природокористування, що забезпечує різке зниження кількості відходів, а також можливість максимального нового включення використаних матеріалів і виробів у виробничий або природний цикл. Сучасна тенденція максимального наближення ресурсних циклів до природних аналогів веде до такої організації технологічних процесів, коли відходи одних використовуватимуться як сировина для інших, що забезпечить повну утилізацію відходів.

Оскільки попередити шкідливі техногенні впливи на природу та їхні наслідки легше і дешевше, ніж їх ліквідувати, екологізація виробництва і технологій сьогодні вбачається важливішою, ніж традиційна охорона природи. Тому екологізація природокористування насамперед передбачає реалізацію превентивних природоохоронних заходів, що дозволить зменшити протиріччя між економічним зростанням і збереженням природних ресурсів, дасть можливість

підвищити ефективність споживання цих ресурсів, вийти на нові ринки «зелених» інновацій та забезпечити конкурентоспроможність економіки.

### **Запитання і завдання для самоконтролю**

1. Згадайте відомі вам кругообіги речовини та енергії у біосфері. Яка їх спільна характерна особливість?
2. У чому полягає головна відмінність природних кругообігів біосфери від виробничих ресурсних циклів? Обґрунтуйте.
3. Поясніть, як ви розумієте афоризм «забруднення навколишнього середовища – це природні ресурси, які опинилися не на своєму місці».
4. Проаналізуйте концепцію ресурсних циклів. На чому вона ґрунтується?
5. Охарактеризуйте територіальні структури ресурсних циклів. Наведіть відомі вам приклади.
6. Розкрийте поділ РЦ на групи залежно від використовуваних природних ресурсів. Які цикли і підцикли належать до кожної з них?
7. Розкрийте поняття «безвідходна» і «маловідходна» технологія. Які положення покладено в основу концепції безвідходних технологій?
8. Охарактеризуйте оборотне водопостачання і замкнуті водооборотні системи як напрям безвідходного виробництва.
9. Розкрийте сутність концепції «нуль відходів» (Zero Waste). Яких правил слід дотримуватися у її застосуванні на практиці?
10. Проаналізуйте основні стадії екологічної трансформації виробництва.
11. Назвіть важелі, які стимулюють екологізацію виробництва і енергозбереження. У чому, на ваш погляд, принципова різниця між екологізацією природокористування і охороною природного середовища?
12. Охарактеризуйте головні причини нинішнього нераціонального використання природних благ.

#### 4 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

**П**ромисловість зародилася у рамках натурального домашнього господарства, де сировина і добувалася, і перероблялася. Становлення промисловості як самостійної галузі суспільного виробництва стало наслідком відділення ремесла від сільського господарства. Виникнення капіталізму зумовило швидке зростання промислового виробництва, що у своєму розвитку пройшло три стадії: простої кооперації, мануфактури і великої машинної індустрії. Перехід від мануфактури до машинної індустрії обумовлено промисловим переворотом, який розпочався у Англії у другій половині XVIII ст. та упродовж XIX ст. поширився на інші країни Європи, США і Японію. Важливою складовою промислової революції було упровадження у виробництво робочих машин і механізмів, які замінили ручну працю людей. На зламі XIX і XX ст. у багатьох країнах машинна індустрія стала провідною формою промислового виробництва. І вже на початку XX ст. США та Німеччина перегнали Англію за темпами росту і обсягами виробництва промислової продукції.

Сучасна промисловість – технічно найдосконаліша галузь матеріального виробництва, яка має вирішальний вплив на розвиток продуктивних сил. Промислове природокористування передбачає наявність технічних об'єктів різного призначення (заводи, комбінати, виробничі комплекси), пов'язаних з природним середовищем, у яке вони поміщені. Це можуть бути як окремі спеціалізовані підприємства (шахти, рудники, фабрики первинної обробки сировини, суднобудівні заводи тощо), так і складні виробничі комплекси, що складаються з декількох підприємств, пов'язаних між собою тісними технологічними зв'язками (наприклад, лісопромислові комплекси, які включають лісозаготівлю, механічну обробку деревини і целюлозно-паперове виробництво). Практично усі вони є джерелами сильного та небезпечного впливу на природне оточення.

Серед особливостей впливу промислових об'єктів на природне середовище основними є такі:

- різноманітний характер впливу, що проявляється у забрудненні повітря, води, ґрунтів, порушенні земель, знищенні рослинного покриву тощо;
- переважний вплив на «наймобільніші» компоненти геоекосистем – повітря і воду, що здатні розповсюджувати цей вплив на далекі відстані;
- високий рівень територіальної концентрації та інтенсивності впливу.

Особливості впливу промислових об'єктів на природу обумовлена галузевою специфікою виробництва. Найрізноманітніший характер впливу прита-

манний підприємствам гірничодобувної промисловості, де відбувається не тільки вилучення сировини і порушення земель, але й значне забруднення усіх компонентів ландшафту. Головні проблеми пов'язані з порушенням геоекологічних функцій літосфери, головною серед яких є ресурсна функція. Внаслідок добування корисних копалин з надр та їхнього наступного використання людиною для отримання різних речовин і енергії виникають такі проблеми геологічного середовища, як вичерпність мінерально-сировинних ресурсів, виснаження їхніх родовищ, зменшення різноманітності та погіршення якості сировини. Мінеральні ресурси отримали назву «корисні копалини», оскільки зі стародавніх часів широко використовувалися на користь людства.

До *мінеральних ресурсів* належать природні речовини мінерального походження, які використовуються для одержання енергії та різноманітних матеріалів шляхом їхнього видобутку і наступної переробки. Переважна більшість корисних копалин утворилася в минулі геологічні епохи і не здатні відновлюватися, за виключенням торфу або піщано-гравійних донних відкладів. Проте ці й деякі інші мінеральні ресурси відновлюються дуже повільно. Корисні копалини нагромаджуються у родовищах – в надрах, на поверхні Землі, у джерелах вод чи газів, на дні водойм. Людство розробляє ті родовища, які за кількістю, якістю та умовами залягання мінеральної сировини придатні для промислового використання. Нині використовуються понад 200 різних видів мінеральних ресурсів, які можна об'єднати у декілька груп, зокрема:

✓ *Горючі корисні копалини (паливні):*

- газоподібні (природний газ, гелій, етан, пропан, бутан, метан вугільних родовищ);
- рідкі (нафта, конденсат газовий, бітум нафтовий);
- тверді (вугілля буре і кам'яне, торф, бітум у бурому вугіллі, горючі сланці).

✓ *Металеві корисні копалини:*

- чорні метали (залізо, марганець, хром);
- кольорові метали (алюміній, магній, миш'як, мідь, нікель, свинець, титан, цинк);
- рідкісні метали (Берилій, ванадій, вісмут, вольфрам, цезій);
- благородні метали (золото, іридій, паладій, платина, срібло);
- розсіяні метали (германій, селен, талій, телур);
- рідкісноземельні метали (європій, ітрій, лантан);
- радіоактивні метали (торій, уран).



✓ *Неметалеві корисні копалини:*

- сировина для металургії – флюсова сировина (вапняки, доломіти), глини для вогнетривів, вторинні каоліни, кварцова сировина (кварцити, кварцові піски, пісковики кварцитоподібні), магнезит, плавиковий шпат, глиноземна сировина (андалузит, силіманіт, кіаніт), формувальна сировина (піски і глини);
- гірничохімічна сировина – барит, бор, йод, калійні солі, фосфатна сировина, натрієва сіль, калійні сульфатні й магнієві солі, самородна сірка, апатит;
- гірничорудна сировина – природна абразивна сировина (гранат, кремій, кварцовий пісок), графіт, бентоніт, каолін, польовий шпат, природні сорбенти (цеоліти, глауконіт, вермікуліт, палигорськіт), пірофіліт, тальк, самоцвітне каміння;
- сировина будівельна – тугоплавкі глини, гіпс, скляна сировина, облицювальний камінь.

✓ *Води* – підземні (мінеральні, прісні, промислові, термальні) та поверхневі (ропа).

✓ *Інертні гази* – цінні компоненти повітря (аргон, гелій, криптон, неон).

Майже усі мінеральні ресурси є невідновними, світові запаси окремих їхніх видів далеко не однакові, а потреби людства у корисних копалинах постійно зростають. Нині у господарство залучаються величезні обсяги цих ресурсів. У світі кожні 15 років відбувається подвоєння промислових і енергетичних потужностей. Тільки за останню чверть століття витрачено стільки ж мінеральної сировини, скільки за всю попередню історію людства. Тому скорочуються запаси та погіршується якість багатьох видів ресурсів; зростає необхідність здійснення заходів щодо охорони і відновлення довкілля.

#### **4.1 Геоекологічні проблеми гірничодобувної галузі**

Вплив гірничого виробництва на природне середовище розпочинається з геологорозвідувальних робіт, коли відбуваються такі негативні зміни:

- механічні – руйнування структури гірського масиву, рельєфу, поверхневого шару ґрунтів, у т. ч. вирубування лісів, деформація поверхні;
- гідрогеологічні – зміна запасів, режиму руху, рівня ґрунтових вод, водного режиму ґрунтів, винесення у водойми шкідливих речовин;
- хімічні – зміна складу і властивостей атмосфери і гідросфери, у т. ч. підкислення, засолення, забруднення води і повітря;

- фізико-механічні – забруднення і підігрівання повітря, зміна властивостей ґрунтового покриву;
- шумове забруднення, вібрація ґрунту, викиди породи при вибухах, погіршення прозорості атмосфери тощо.

Увесь спектр негативного впливу розроблення і експлуатації *нафтогазових родовищ* на довкілля зводиться до таких головних чинників:

- часті випадки відкритих викидів нафти, газу і пластової води при розкритті продуктивних пластів свердловинами.
- забруднення поверхневих вод і глибинних водоносних горизонтів високо мінералізованими водами та шкідливими солями.
- забруднення ґрунтів і атмосфери (загазованість) під час експлуатації газових родовищ і газосховищ.

Під час буріння свердловин на родовищах нафти і газу основні заходи з охорони надр спрямовують на забезпечення запобігання відкритому фонтануванню; надійної ізоляції у пробурених свердловинах нафто-, газо- і водоносних пластів по усьому розкритому розрізу; запобігання погіршенню колекторських властивостей продуктивних пластів та збереження їхнього природного стану під час розкриття. Для ліквідації скупчень газу вторинного характеру під час розробки проводиться дегазація до повного виснаження цих скупчень.

Під час споруджування свердловин природоохоронні заходи мають здійснюватися на всіх етапах циклу – від підготовки майданчика, монтажу бурової установки, буріння і освоєння свердловини до остаточного демонтажу бурової установки. Вони мають включати такі заходи:

- вирівнювання та обвалування бурових майданчиків, ємностей з нафтопродуктами і хімічними реагентами;
- застосування для зберігання промивальної рідини і шламу розбірних металевих (залізобетонних) ємностей або спеціальних земляних комір з гідроізоляцією стінок і днища;
- багаторазове використання промивальної рідини, її захоронення безпосередньо на свердловині або вивіз у спеціально відведені сховища;
- збирання, очищення і повторне використання бурових стічних вод та їхня утилізація після закінчення будівництва свердловини;
- рекультивація земель після закінчення будівництва свердловини;
- перекриття усієї товщі води ізолюючою колоною під час буріння свердловин у акваторіях для запобігання забрудненню морського середовища.

У цьому сенсі актуальною перспективою є відкриття значних за запасами «нетрадиційних» родовищ природного газу – з ущільнених пластів (tight gas – центрально-басейновий газ); сланцевого газу зі збагачених органічними рештками сланців; метану з вугільних пластів. Видобуток газу з «нетрадиційних» джерел у світі, зокрема у США, нині став можливим завдяки розвитку технологій горизонтального буріння і гідророзриву пласта. Метан, як супутня корисна копалина, міститься у вугільних пластах. Щорічно вугільні шахти викидають у атмосферу значні обсяги метану, що призводить не тільки до втрат цінної корисної копалини, але й до погіршення стану навколишнього середовища.

Незадовільний екологічний стан розроблюваних *вугільних родовищ* обумовлений деструктивним впливом вугледобувної діяльності на усі компоненти природного середовища, наслідками якого є обвалення гірського масиву над виробками, висушування водоносних горизонтів, засолення і забруднення ґрунтів, підземних і поверхневих вод тощо. Головною причиною забруднення поверхневих і підземних вод є довготривале скидання гірничими підприємствами забруднених шахтних вод. Невпорядковане складування промислових відходів, інфільтрація токсичних речовин у підземні води з атмосферними опадами спричинює забруднення підземних вод, що призводить до підвищення рівня мінералізації водоносних горизонтів.

Одним з найзначніших проявів впливу вугледобування на геологічне середовище є осідання земної поверхні над гірничими виробками. Наслідком цього процесу є зниження інженерно-геологічної стійкості порід, що залягають над підземними виробками, перерозподіл напруги навколо виробленого простору. Це супроводжується зниженням рівня ґрунтових вод.

Над гірничими виробками активізуються інші небезпечні процеси – підтоплення і заболочення земель. Руйнування масиву гірських порід зі зменшенням його механічної і сейсмічної стійкості викликає прискорену фільтрацію у гірський масив підземних вод, інтенсифікацію карстових і суфозійних процесів. Для підтримки гірничих робіт проводиться інтенсивна відкачка підземних вод; як наслідок, утворюється депресійні воронки. Це викликає активізацію карстового процесу з утворенням провалів, порушеннями і деформаціями земної поверхні. Крім того, внаслідок відводу шахтних вод та вимивання ґрунтовими водами токсичних компонентів з порід шахтних відвалів, які широко використовуються для підсилення підтоплених територій, ґрунтові води стають забрудненими і непридатними для господарсько-питного забезпечення. Підтоплення

територій, зокрема населених пунктів, також відбувається під час закриття шахт, особливо при затопленні шахт – так званій «мокрій» консервації. При цьому швидкими темпами і на великих площах високо мінералізовані шахтні води надходять до водоносних горизонтів і річкової мережі.

Найбільшої шкоди природному середовищу завдають терикони (від фр. *terri* – відвали породи, *conique* – конічний) – відвали, штучні насипи з порожніх порід, витягнутих у процесі підземного добування корисних копалин (Рис. 15). Видача породи на поверхню та складування її у відвали призводить до забруднення прилеглої території пилом і газом, внаслідок чого значно зростають витрати на проведення відновлювальних заходів, на ремонт устаткування, медичне обслуговування населення. Конічні відвали схильні до самозаймання, бо саме їхня будова забезпечує найбільший притік повітря у середину відвалу, що у свою чергу сприяє окисненню пальної частини породи (Рис. 16). Тому головною небезпекою є неможливість одночасного складування породи і виконання профілактичних заходів проти її самозаймання.



Рис. 15. Вугільні терикони на півночі Франції



Рис. 16. Терикон збагачувальної фабрики «Червоноградська» на Львівщині

Під час відкритого горіння породних відвалів у атмосферне повітря потрапляють оксиди і діоксиди вуглецю, оксиди азоту і сірки, а також поліароматичні вуглеводи. Горіння є особливо небезпечним за високого вмісту в породі ртуті й миш'яку, а також продуктів органічного синтезу. Концентрація забруднювальних речовин у десятки разів перевищує гранично допустимі норми. У середньому за добу в атмосферне повітря з одного породного відвалу виділяється приблизно 10 т окису вуглецю і 1,5 т сірчистого ангідриду, а також значна кількість інших газів і важких металів. Відсутність рослинності на породних

відвалах зумовлює активізацію ерозійних і зсувних процесів. Навколо териконів відбувається загальне геохімічне забруднення ґрунтів.

Аналогічні проблеми характерні й для інших накопичувачів відходів вугільної промисловості – ставків-відстійників і шламосховищ збагачувальних фабрик. Існуючі методи демінералізації (електродіаліз, випарювання, осмос) дуже енергоємні й вимагають глибокого рівня попереднього освітлення шахтних вод. Отже, виходячи з аналізу геоecологічної ситуації у вугледобувних регіонах, можна засвідчити необхідність проведення системних заходів щодо її поліпшення, зокрема:

- упровадження сучасних технологій вуглевидобутку, які дозволяють проводити закладку породи у відпрацьований простір гірничих виробок;
- використання твердих відходів вуглевидобутку для будівництва доріг, штучних захисних споруд (дамб), виготовлення будівельних матеріалів;
- проведення детальних хімічних аналізів породи, яка буде використовуватися для сільськогосподарської рекультивації та інших потреб;
- покращення роботи ставків-накопичувачів і відстійників, на яких здійснюється додаткова очистка шахтних вод (нейтралізація, демінералізація, флоатація, бульбашково-плівкова екстракція тощо).

Ліквідація шахт обов'язково має супроводжуватися рекультивацією порушених земель з лісонасадженнями і посівом багаторічних трав, оскільки це дозволить зупинити деформаційні процеси на териконах та подальше забруднення довкілля токсичними компонентами породних відвалів. Екологізація технологій вугледобувних комплексів дозволить знизити обсяги викидів і скидів у навколишнє середовище, поліпшити геоecологічну ситуацію та знизити рівні захворюваності населення вугледобувних регіонів.

22 квітня 2016 р. у штаб-квартирі ООН в Нью-Йорку 171 країна, включаючи Україну, підписали *Паризьку кліматичну угоду*. Підписання угоди рекордною кількістю країн свідчить, що ера викопного палива закінчується, а пріоритетом стає перехід до відновлюваних джерел енергії заради подолання найбільшого виклику людства – глобальних змін клімату. В нових умовах світова спільнота визнала енергоефективність і відновлювані джерела енергії стовпами майбутнього розвитку енергетики. Прийнята всією світовою спільнотою мета – обмеження потепління до рівня «значно нижче 2°C» – означає, що вугільна енергетика, як один з основних джерел викидів парникових газів, до 2050 року має бути ліквідована.

Розвинуті країни на шляху до енергетичної трансформації припиняють субсидування і згортають вугільний сектор. Яскравим прикладом такої трансформації є Німеччина: у 2007 р. німецький уряд скасував субсидії і прийняв рішення щодо реструктуризації вугільної галузі. 21 грудня 2018 р. Німеччина урочисто закрила останню в країні вугільну шахту, на якій видобували кам'яне вугілля. Поки що це не означає відмову від використання імпортного енергоносія і бурого вугілля, яке продовжують видобувати. Однак урядова «Вугільна комісія» розробляє федеральний план повної відмови від вугілля.

Іншим прикладом є Великобританія, яка у лютому 2016 р. закрила останню вугільну шахту – 12 травня протягом 12 годин усі вугільні енергоблоки в країні були зупинені. 21 квітня 2017 року країна вперше з кінця XIX ст. протягом одного робочого дня не використовувала електричну енергію, вироблену з кам'яного вугілля. За даними британського оператора ліній електропередачі (Національної мережевої компанії), цей день став поворотним моментом у програмі поетапного відмови від використання вугілля до 2025 року. Податок на викиди шкідливих речовин вже призвів до того, що вугільні електростанції стали економічно не вигідними. Однак на продовженні використання вугілля налягає промисловість, тому повністю відмовитися від вугілля планується до 2025 року. Наразі у Британії продовжують працювати кілька вугільних кар'єрів. Сонячна, вітрова і гідроенергетика у комбінації з газовими маневровими потужностями скоро повністю забезпечать країну електроенергією.

Головними геоекологічними наслідками експлуатації родовищ *металевих корисних копалин* для природного середовища є такі:

- підтоплення земель, що ускладнює стан промислових і житлових агломерацій, дамб, хвостосховищ<sup>4</sup> та інших об'єктів;
- відчуження родючих земель під гірничі відводи;
- порушення режиму підземних і поверхневих водотоків, зневоднення великих територій, погіршення якості питних вод;
- засолення ґрунтів;

---

<sup>4</sup> *Хвостосховище* – спеціально спроектована гідротехнічна стаціонарна споруда або спеціально відведена замкнута (напівзамкнута) природна ємність, утворена специфікою рельєфу (схили, ущелини, балки), або порожнина техногенного походження (вироблені кар'єри), призначена для приймання, складування, тимчасового зберігання та поводження з відходами переробки уранових руд, облаштована інженерними та/або природними бар'єрами, які забезпечують ізоляцію цих відходів від контакту з наземними і підземними компонентами навколишнього середовища протягом експлуатації і тимчасового зупинення (консервації) переробного уранового об'єкта.

- запилення повітряного басейну сполуками важких металів, сірки, азоту;
- посилення ендегенних і екзогенних геологічних, у т. ч. неотектонічних, процесів, які активізують природні й техногенні рухи зон розлому земної кори;
- накопичення значного обсягу твердих і рідких відходів;
- утворення порожнин під час підземного видобутку руд;
- порушення природного гідрогеологічного режиму внаслідок відкачування шахтних і кар'єрних вод з гірничих виробок та експлуатації гідротехнічних споруд гірничодобувних підприємств.

Відведення родючих земель під гірничі відводи (копальні, кар'єри, шахти, відвали, хвостосховища) призводить до порушення природних гідрогеологічних режимів підземних і поверхневих водотоків, трансформації чи знищення основи продуктивного ландшафту – ґрунтового покриву. Зміна інженерно-геологічних умов територій у зоні техногенного впливу гірничих виробок спричинюється деформаціями на ділянках інтенсивного просідання земної поверхні. Значні площі продуктивних земель втрачаються внаслідок виймання гірської маси з шахт та її перенесення на інші місця. Видобуток сировини на уранових шахтах призводить до утворення великої кількості радіоактивного пилу, який разом з газами потрапляє у атмосферу під час вентиляції шахт. На збагачувальних фабриках уранова руда дробиться і розпилюється, і у повітря потрапляє не тільки радіоактивний пил, але й отруйні речовини – ванадій, арсен, селен тощо.

Супутні компоненти уранової руди стають відходами, які нагромаджуються у відвалах і хвостосховищах. Унаслідок інфільтрації шахтних вод, що містять велику кількість продуктів розпаду природного урану, крізь днища, борти і основи дамб, відбувається забруднення підземних і поверхневих вод на ділянках розміщення ставків-накопичувачів і хвостосховищ. Поширення радіоактивно і хімічно забруднених вод у водоносних горизонтах скорочує ресурси питного і технічного водопостачання промислових районів, ускладнює використання поверхневих водотоків, геохімічний режим яких значною мірою формується під впливом підземного стоку.

Спільними наслідками прямого і опосередкованого впливу добування металевих корисних копалин на природне середовище є скорочення площ культурних і цілковите знищення природних ландшафтів, водна і вітрова ерозія, руйнування структури ґрунту, мінералізація, засолення, інтоксикація, перезволоження (підтоплення і заболочування), висушування ґрунтів, карстоутворення,

збільшення радіоактивного фону, шумове забруднення, зміна мікроклімату тощо. Внаслідок розробки родовищ утворюються нові техногенні ландшафти (кар'єри, відвали, промислові агломерації), штучні водойми (водосховища, хвостосховища, ставки-накопичувачі шахтних вод), що призводить до зміни усіх параметрів навколишнього середовища.

Забруднення ґрунтових вод обумовлено передусім високим вмістом сульфатів, концентрація яких іноді перевищує ГДК у 10-15 разів. Деформації земної поверхні у зоні гірничих виробіток, особливо за підземного способу видобутку, порушення ґрунтового покриву призводять до зміни зовнішнього вигляду територій; скорочення площ сільськогосподарських і лісових ділянок – до порушення гідрологічних і гідрогеологічних умов, знищення рослинного покриву територій, міграції тварин тощо.

Серед гірничопромислових підприємств найбільш негативно на довкілля впливають відкриті розробки – *кар'єри*. Їхні розміри можуть досягати до 1 км углиб, ширина кар'єрного поля – до 5 км, а розміщення розкривних порід потребує площ у багато тисяч гектарів. Найглибшим кар'єром у світі є Бінгем-Каньйон у США, штат Юта, площею близько 8 км<sup>2</sup> (Рис. 17). Найбільша глибина становить 1200 м, діаметр – 4 км. У кар'єрі, відкритому в 1863 році, добувають переважно мідну руду, а також золото, срібло і молібден. Йому присвоєно статус національної історичної пам'ятки США.



Рис. 17. Бінгем-Каньйон у США

Під впливом відкритих розробок відбувається повне або часткове знищення первинної рослинності, ґрунтів, різке порушення біологічної продуктив-



ності ландшафтів. Біоценози, що виникають на схилах кар'єрів, одноманітні за видовим складом, примітивні за структурою, малостійкі й часто не здатні до самовідновлення. Зазвичай нові біоценози утворюються не на ґрунті, а на специфічному мінеральному субстраті.

Витрачаючи величезну кількість води, відкриті розробки спричинюють значні зміни гідрологічного режиму території. У районах діючих кар'єрів висихають та виснажуються ґрунтові води, причому зміни охоплюють території, приблизно у 25 разів більші, ніж сам кар'єр. У рівнинних районах часто виникає локальне заболочування території, яке посилюється порушенням природного стоку акумулятивними формами рельєфу. Практично усі компоненти природного середовища (атмосферне повітря, води, ґрунтово-рослинний покрив) забруднюються продуктами вивітрювання глибинних порід, промисловими викидами, токсичними газами відвалів і палаючих териконів.

Різні галузі гірничодобувної діяльності по-різному впливають на природне середовище, однак наслідки цього впливу зачіпляють практично усі компоненти довкілля (Табл. 8). Цей вплив може бути як прямим, так і посереднім, поширення якого значно перевищує зони локалізації прямого впливу.

Табл. 8. Наслідки впливу гірничого виробництва на компоненти довкілля

<b>Компоненти природного середовища</b>	<b>Види впливу гірничого виробництва</b>	<b>Наслідки цього впливу</b>
Надра	Проведення гірничих виробок. Вибірання корисних копалин і розкривних порід. Осушення і обводнення ділянок родовищ. Загорання корисних копалин і порожньої породи. Захоронення відходів виробництва. Скиди стічних вод.	Зміна напружено-деформованого стану масиву гірських порід. Зниження якості корисної копалини і промислової цінності родовищ. Забруднення надр, розвиток карстового процесу. Втрата корисної копалини.
Поверхневі й підземні води	Осушення родовищ, скидання стічних і дренажних вод. Осушення поверхневих водойм, водозабір для технічних і побутових потреб підприємств.	Зменшення запасів підземних, ґрунтових і поверхневих вод. Порушення гідрогеологічного і гідрологічного режимів. Забруднення водойм стічними і дренажними водами. Погіршення якості вод.
Атмосферне повітря	Організовані й неорганізовані викиди у атмосферу пилу і газів.	Забруднення, запилення і загазування атмосфери.
Флора і фауна	Промислове і цивільне будівництво. Вирубка лісів. Порушення ґрунтового покриву. Зміна стану ґрунтових і поверхневих вод. Запилення і загазування атмосфери. Виробничі й побутові шуми.	Погіршення умов існування наземної та водної флори і фауни. Міграція і скорочення чисельності диких тварин. Пригнічення і скорочення чисельності популяцій дикорослих рослин. Зниження врожайності сільськогосподарських

Компоненти природного середовища	Види впливу гірничого виробництва	Наслідки цього впливу
		культур, продуктивності тваринництва, рибного і лісового господарства.
Ландшафт	Проведення гірничих виробок, створення відвалів, гідровідвалів, хвосто- і шламосховищ. Будівництво промислових і цивільних об'єктів. Прокладка доріг та інших комунікацій.	Деформація земної поверхні. Порушення ґрунтового покриву. Скорочення площ продуктивних угідь. Погіршення якості ґрунтів. Зміна зовнішнього вигляду території, стану ґрунтових і поверхневих вод. Осідання пилу і хімічних сполук внаслідок викидів у атмосферу. Активізація ерозійних процесів.

На гідрологічний режим поверхневих і підземних вод найбільш негативно впливає пилове забруднення від розробки кар'єрів будівельних матеріалів (вапняку, піску, граніту, лабрадориту). Виробництво будівельних конструкцій і матеріалів часто супроводжуються виділенням великої кількості полідисперсного пилу і шкідливих газів. Зокрема, цементна промисловість забруднює довкілля пилом, сірчанам ангідридом і оксидами азоту. Зі стічними водами у водойми скидаються органічні речовини, суспензії, солі тощо. Внаслідок впливу гірничо-металургійних комбінатів змінюється увесь природний комплекс: порушується літогенна основа (через вилучення сировини), а водним і повітряним потоками постійно привносяться чужорідні для ландшафту речовини у підвищених для його природного стану концентраціях.

Підприємства металургійного профілю, а також хімічної і нафтохімічної промисловості забруднюють повітря і воду різноманітними високо токсичними викидами. Основні забруднювачі викидів металургійних заводів – пил, окис вуглецю, сірчаний ангідрид, окиси азоту тощо. Дуже небезпечними є стоки коксохімічного виробництва, що містять аміак, феноли, ціаніди, канцерогенні сполуки. Негативний вплив підприємств кольорової металургії має такі характерні особливості:

- величезний вихід відходів на одиницю продукції (для отримання 1 т металу треба переробити не менше 200 т руди, причому більша частина сировини переходить у тверді й газоподібні відходи);
- високий вміст токсичних речовин у відходах, які навіть у малих кількостях є отрутою (сполуки сірки, миш'яку, свинцю, цинку, міді);
- викиди у атмосферу сірчаного ангідриду, що утворюється у процесі плавлення металів із сульфідних руд, а також аерозолів різної природи;

- витрачання величезної кількості води;
- високий вміст кислот, солей, іонів кольорових металів у стічних водах.

Теплоелектростанції переважно впливають на повітря, у їхніх викидах присутній увесь набір забруднювальних речовин – пил, попіл, сажа, оксид вуглецю, сірчаний ангідрид тощо. Надзвичайно високою є концентрація пилу навколо цементних заводів. Атмосферне повітря забруднюють також підприємства важкого машинобудування з ливарним виробництвом<sup>5</sup>; крім цього, вони скидають сильно забруднені стічні води, які містять нафтопродукти, неорганічні кислоти, іони важких металів, ціаністі сполуки. Отже, можна констатувати, що жоден з видів людської діяльності не проявляє такого комплексного негативного впливу на природне середовище та усі його компоненти, як видобування і переробка корисних копалин.

Отже, потужний прямий і опосередкований вплив на природне середовище гірничодобувної діяльності, що розпочинається з геологорозвідувальних робіт, призводить до негативних і часто незворотних наслідків для довкілля і здоров'я людини. Скорочуються й знищуються природні ландшафти, активізуються водна і вітрова ерозія, руйнується структура ґрунту, відбувається його мінералізація, засолення, інтоксикація, перезволоження і висушування, карстоутворення загрожує об'єктам інфраструктури, збільшується радіоактивний фон, змінюється мікроклімат тощо. Експлуатація родовищ різних видів корисних копалин призводить до утворення нових техногенних ландшафтів, штучних водойм і докорінної зміни усіх параметрів навколишнього середовища.

#### **4.2 Геоєкологічні наслідки інших видів промислового природокористування**

Практично усі виробничі об'єкти переробної промисловості є безпосередніми джерелами забруднення атмосферного повітря і вод. Забруднення ґрунтів, пригнічення і знищення рослинності, руйнування структури ландшафту частіше відбувається опосередковано – через повітряне і водне середовище. Основними джерелами забруднення водойм є целюлозно-паперові підприємства, особливо із застосуванням сульфатного варіння деревини. На виробничі цілі вони потребують великої кількості води, будуються зазвичай на берегах річок і

---

<sup>5</sup> *Ливарне виробництво* – технологічний процес виготовлення фасонних деталей і заготовок шляхом заливання розплавлених металів, їхніх сплавів чи інших матеріалів у форму, порожнина якої має конфігурацію потрібного литого виробу.

озер, забруднюючи їх при цьому відходами виробництва. Внаслідок цього відбуваються негативні зміни водного режиму, фізико-хімічних і біологічних властивостей води, її складу, температури; також утворюються нові речовини, які пригнічують розвиток водних організмів.

Підприємства *легкої промисловості*, залежно від профілю і технології виробництва, переважно забруднюють водне середовище. Виробничі стоки текстильної промисловості містять великі кількості токсичних органічних сполук, барвників, хлоридів, фосфатів. Хімічно активні барвники надходять у стічні води під час промивки тканини. Цю проблему можна було б усунути шляхом використання натуральних барвників рослинного походження, проте поки що виробництво таких барвників у світі не перевищує 1% від загального обсягу. Вентиляційні викиди текстильних підприємств можуть містити пари розчинників, формальдегід, вуглеводні, сірководень і з'єднання металів.

Особливістю легкої промисловості є відсутність значних забруднень повітря інертними речовинами, тому підприємства часто розташовують у межах житлової зони. Негативний вплив об'єктів бавовняної, льняної, вовняної промисловості пов'язаний з транспортуванням, сортуванням і обробкою сировини. За складом пил буває мінерального і органічного походження, за ступенем токсичності – інертним і токсичним. На фабриках первинної обробки виникає мінеральний пил, що складається з часток ґрунту. На вовняних, льняних виробництвах утворюється органічний пил. Переробка і оброблення сировини потребує великої кількості води.

Підприємства *харчової промисловості*, залежно від галузевої структури виробництва, викидають у атмосферне повітря різні забруднювальні речовини, зокрема:

- цукрові заводи: вапняковий і жомовий пил, відхідні гази сатурації<sup>6</sup> і сульфїтації<sup>7</sup> (CO та SO<sub>2</sub>), оксиди азоту і вуглецю, аміак, діоксин сірки, леткі органічні сполуки, бензол, масляна і оцтові кислоти, ксилол, толуол, метан;
- солодові та пивзаводи: зерновий пил, що утворюється при прийомі, транспортуванні й очищенні зерна солоду, при дробінні солоду і зерна; гази бродіння,

---

<sup>6</sup> Сатурація (від лат. *saturatio* – насичення, наповнення) – у цукроварінні хімічна обробка цукрового соку вуглекислим газом.

<sup>7</sup> Сульфїтація – консервування ягід, фруктів і овочів за допомогою сірчистої кислоти.

- CO<sub>2</sub>, етиловий спирт, альдегіди, ефіри, летючі кислоти; аміак і фреон компресорних установок; з пляшкомиїних машин – пари лугу;
- кондитерські фабрики: борошняний пил (борошно, цукор, крохмаль, какао-вела), NO<sub>2</sub> та CO з печей для випікання вафель, печива, заготовок для тортів, аміак і фреон компресорів;
  - хлібопекарські підприємства: борошняний і цукровий пил, гази компресорно-повітряних установок, що використовується для аерозольного транспортування борошна;
  - спиртові заводи: зерновий пил при очищенні, діоксид вуглецю, що виділяється при бродінні, інші гази (метан, сірководень, оксиди азоту), а також етиловий спирт, карбамід, альдегіди, складні ефіри, метанол, фурфурол;
  - м'ясокомбінати: неприємно пахучі речовини (НПР) – цехів технічних і кормових фабрикатів, цехів первинної обробки (опалювання), димові гази процесів обсмажування і копчення, пил;
  - підприємства молочної промисловості: пил сухих продуктів, гази сушильних агентів (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>), металевий пил, пари олова; коптильні дими; пари лугів.

Виробництво харчових продуктів супроводжується утворенням рідких, газоподібних і твердих відходів, що забруднюють гідросферу, атмосферу та ґрунти. Але головною проблемою харчових виробництв є те, що усі підприємства потребують великої кількості води, яка використовується для виготовлення основного продукту (пива, спирту, цукру), для миття обладнання та інших цілей. Більшість цієї води у вигляді забруднених стоків виводиться з процесу та надходить у навколишнє середовище. Середньорічна кількість стічних вод (СВ) на харчових підприємствах становить: на 1 т хлібобулочних виробів – 2,9 м<sup>3</sup>; на 1 т буряка у виробництві цукру – 1,7; на 1000 дал<sup>8</sup> пива – 76; на 1 т пресованих хлібопекарських дріжджів – 170; на 1000 дал спирту – 1300 м<sup>3</sup>. Особливістю цих СВ є високий вміст розчинених органічних речовин.

Скидання таких вод у міські каналізаційні мережі не дозволяється, а збирання їх на полях фільтрації призводить до утворення токсичних речовин з неприємним запахом, що забруднюють атмосферне повітря на значних територіях. Крім того, під ці споруди необхідно відводити значні площі земельних угідь. Найбільш негативно на довкілля впливають м'ясна, цукрова, спиртова і дріжджова галузі харчової промисловості. Надходження у природні водойми

---

<sup>8</sup> 1 дал (декалітр) дорівнює 10 л.

органічних речовин рослинного і тваринного походження призводить до погіршення умов життєдіяльності гідробіонтів внаслідок того, що на руйнування цих речовин витрачається розчинений у воді кисень. Один літр СВ м'ясокомбінату, спиртозаводу або сирзаводу може «зіпсувати» декілька тисяч літрів річкової води.

Найбільш прогресивним і раціональним способом очищення СВ у таких умовах є біохімічний метод, який забезпечує розкладання переважної більшості складних органічних сполук до  $\text{CO}_2$  і води без використання хімічних реагентів. Розроблено низку технологій очищення СВ спиртового, дріжджового, молокопереробного виробництва, перевагою яких є анаеробно-аеробне руйнування забруднювальних речовин, що забезпечує високу ефективність очищення. При цьому на анаеробній стадії відбувається метанове бродіння з утворенням біогазу, що містить до 80% метану. Враховуючи, що з одного об'єму високо концентрованих СВ у процесі метанового бродіння утворюється понад 20 об'ємів біогазу, його можна використовувати для економії паливних ресурсів на підприємствах.

Якщо проаналізувати усі перелічені види впливу об'єктів промислового природокористування на природне середовище чи його окремі компоненти, то ці об'єкти можна об'єднати за переважним впливом, а саме:

- ✓ Підприємства добувної промисловості з початковими стадіями обробки сировини – забруднення шкідливими речовинами *усіх компонентів* геоекосистем, порушення і вилучення з користування продуктивних земель.
- ✓ Чорна і кольорова металургія, хімічна і нафтохімічна промисловість – забруднення переважно *повітря і води*.
- ✓ Теплові електростанції, підприємства будівельних матеріалів, машинобудування і целюлозно-паперова промисловість – забруднення *повітря*.
- ✓ Лісохімічна, деревообробна, легка і харчова промисловість – забруднення *водойм*.
- ✓ Добування мінерально-будівельної сировини і торфу, лісорозробки, гідротехнічні споруди – вилучення цінних *земель*, порушення *грунтово-рослинного покриву*.

Характерною особливістю промислового природокористування є висока територіальна концентрація та інтенсивність впливу промислових об'єктів на природу. Територіальне скупчення різних підприємств сприяє локалізації техногенного впливу та викликає так званий синергічний ефект, тобто сумарний

вплив працюючих підприємств підвищує шкідливість виробничих викидів внаслідок сполучення багатьох забруднювальних речовин. Наприклад, за сумісного розміщення нафтопереробних заводів і підприємств хімічної промисловості, які випускають азотні добрива, утворюються сильнотоксичні речовини, оскільки викиди цих виробництв (вуглеводні, окис вуглецю, оксиди азоту) вступають у процес фотохімічної реакції.

Отже, промисловість – головний забруднювач навколишнього середовища, а продукти техногенезу поширюються у атмосфері, воді й ґрунтах. Забруднення ґрунтів, пригнічення і знищення рослинності, деградація структури ландшафту частіше відбувається опосередковано – через повітряне і водне середовище. Повітряне забруднення нестабільне за своєю природою, оскільки постійно змінює своє місце розташування і часовий інтервал впливу. Найбільш стійкими у часі є процеси забруднення вод і ґрунту. При цьому ґрунт виступає накопичувачем, а водне середовище – переносником речовин. Вплив промислових підприємств на повітряне середовище відрізняється специфікою їхніх виробничих процесів. Максимальним впливом відрізняються підприємства металургійного профілю і легкої промисловості, які впливають на усі компоненти навколишнього середовища. Потенційно небезпечними об'єктами є спиртові заводи і деревообробні підприємства, хоч і мають помірний вплив на довкілля.

### **4.3 Рекультивация порушених земель**

Території, порушені гірничими розробками, потребують рекультивациі (від лат. *re* – відновлення і *cultus* – обробіток, введення у використання, повторне використання), тобто відновлення порушених земельних ділянок з метою їхнього використання у інших галузях господарства. Рекультивация не є відновленням лише ґрунтового покриву, а стосується усіх абіотичних і біотичних компонентів ландшафту, порушених гірничими роботами. Можна навіть розглядати рекультивацию як комплекс заходів, спрямованих на створення нового ландшафту, його певну ренатуралізацию.

Рекультивация земель має на меті створення на місці порушених природних комплексів більш продуктивних і раціонально організованих елементів культурних антропогенних ландшафтів, тобто у кінцевому рахунку – оптимізацию техногенних ландшафтів, поліпшення умов життєдіяльності людей. В основу теорії рекультивациі порушених земель має бути покладена концепція просторової локалізациі і нейтралізациі шкідливих впливів гірничих робіт на довкілля, а також створення умов для активного самовідновлення з використанням родю-

чих ґрунтів, попередньо знятих із земель гірничого відводу. Фундаментом проведення рекультиваційних робіт має бути селективне формування оптимальних гірничопромислових ландшафтів для різних видів цільового призначення.

Будь-які будівництво, добування корисних копалин, геологорозвідка тощо не мають розпочинатися, доки не розроблено проект рекультивації порушених територій. Об'єктами рекультивації можуть бути:

- кар'єри, де добувалися ті чи інші корисні копалини;
- відвали золи на теплових електростанціях;
- відвали гірських порід на шахтах;
- відвали шлаку металургійних заводів;
- полоси, резерви і кавальєри уздовж каналів, шосейних і залізничних доріг;
- траси трубопроводів, майданчики бурових свердловин;
- промислові майданчики;
- транспортні комунікації відпрацьованих підприємств та окремих об'єктів;
- забруднені землі нафтових та інших родовищ корисних копалин.

Процес рекультивації зазвичай здійснюється у три етапи. На *першому етапі* – підготовчому, або проектно-вишукувальному – обстежують порушені землі, вивчають властивості розкривних порід та їхню придатність для біологічної рекультивації. Також визначають головні напрями і методи рекультивації, складають техніко-економічні обґрунтування (ТЕО) і технічні робочі проекти. *Другий етап* – гірничотехнічний – передбачає підготовку вивільнених після завершення добувної діяльності земель до подальшого господарського використання, зокрема виконуються такі роботи:

- селективне зняття, складування і збереження придатних для біологічної рекультивації розкривних порід, у тому числі родючого шару ґрунту;
- селективне формування відвалів розкривних порід;
- планування і покриття спланованої поверхні шаром родючого ґрунту або потенційно родючих розкривних порід;
- засипання і планування деформованої поверхні;
- влаштування під'їзних шляхів;
- проведення меліоративних і протиерозійних заходів.

*Третій етап* рекультивації – біологічний, або просто біологічна рекультивація. Включає заходи щодо відновлення родючості порушених земель – агротехнічні й фітомеліоративні. Комплекс заходів з біологічної рекультивації земель для подальшого сільськогосподарського використання визначається фі-



зико-хімічними властивостями підстильних порід і нанесеного родючого шару ґрунту або потенційно родючої породи. Це, наприклад, запровадження сівозмін, насичених культурами на сидеральне добриво, внесення підвищених норм органічних і мінеральних добрив, мульчування тощо.

Напрямки рекультивації, що визначають кінцеве призначення порушених земель після проведення відповідних заходів, обирають на основі урахування комплексу чинників: природних умов району розробки родовища (клімат, типи ґрунтів, геологічна будова, рослинність, тваринний світ); стану порушених земель до початку рекультивації; мінералогічного складу і фізико-хімічних властивостей гірських порід; інженерно-геологічних і гідрологічних умов тощо. Найбільш поширеними є такі напрями рекультивації порушених земель:

- *Сільськогосподарська* рекультивація переважно проводиться в густо населених аграрних регіонах зі сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами. Для цієї мети використовують невисокі відвали розкривних порід, де без значних витрат можна провести гірничотехнічну рекультивацію з нанесенням на поверхню шару родючого ґрунту чи потенційно родючих розкривних порід.
- *Лісогосподарський* напрям рекультивації переважає у заліснених районах, де в умовах складного технологічного рельєфу неможливо провести сільськогосподарську рекультивацію.
- *Водогосподарська* рекультивація передбачає використання кар'єрних виїмок та інших форм техногенного рельєфу для створення різноманітних водойм, у т. ч. рибницьких.
- *Рекреаційний* напрям доцільний поблизу великих населених пунктів у поєднанні з водогосподарською рекультивацією (Рис. 18). Для цієї мети можуть бути використані внутрішні й зовнішні відвали розкривних порід, малопридатні для сільськогосподарської рекультивації.
- *Санітарно-гігієнічна* рекультивація є важливою поблизу промислових підприємств у випадку необхідності консервації порушених земель, які негативно впливають на природне середовище або рекультивація яких неефективна з погляду господарського використання.
- *Будівельний* напрям передбачає приведення порушених земель до стану, придатного для промислового і цивільного будівництва. Проводять поблизу населених пунктів на породах, які за своїми фізико-механічними властивостями відповідають будівельним нормам і правилам.



Рис. 18. Гранітний кар'єр (ліворуч) і схил кар'єру після рекультивації

У більшості випадків напрям рекультивації обирається відповідно до того, які саме землі були порушені та як вони раніше використовувалися. Наприклад, не можна однаково підходити до вибору виду рекультивації, якщо розробками порушені родючі чорноземи, безструктурні підзолисті або дерново-підзолисті ґрунти. Тобто тип ґрунту, а також рівень ґрунтових і підґрунтових вод, значною мірою впливають на правильне рішення. Ефективність рекультивації значною мірою залежить від строків і якості її проведення. Важливим завданням є повернення землям втраченої біологічної продуктивності й господарської цінності. Основною метою лісової рекультивації у промислових районах є створення лісів озеленувального призначення для поліпшення несприятливих умов навколишнього середовища.

Вибір напрямку біологічної рекультивації визначається умовами зонально-географічного розташування порушених земель, мінералогічним складом і фізико-хімічними властивостями субстратів, що складають відвали. У кожному проекті біологічної рекультивації розробляється комплекс агротехнічних заходів, обумовлений агрохімічними властивостями гумусового шару і потенційно родючих порід. Бідні ґрунти вимагають більшої кількості мінеральних і органічних добрив, мають триваліший період відновлення родючості. На рекультивованих землях вводять меліоративні сівозміни, насичені багаторічними травами, сидеральними культурами. На землях, що мають потужний гумусовий шар ґрунту, зернові культури висівають не раніше, ніж через 3-4 роки. У перші роки на рекультивованих землях краще вирощувати травосуміші з бобовими травами, норму висіву яких збільшують на 10-15%. Для збільшення запасів поживних елементів, норму мінеральних добрив підвищують у 1,5 рази на покритих гуму-

совим шаром ґрунтах і у 2 рази – на землях, покритих потенційно родючими породами. Створення багаторічних насаджень (плодових, виноградників, ягідників) доцільно не раніше, ніж через 5-6 років, протягом яких землі використовуються як кормові угіддя.

Лісові насадження після рекультивації зазвичай виконують санітарно-гігієнічні, естетичні, протиерозійні, полезахисні та інші функції. Повторне використання рекультивованих земель може бути ефективним лише у разі правильного вибору напрямку відновлюваних робіт. Такий підхід дозволяє частково чи навіть повністю відтворити порушений ландшафт, його флору і фауну. Проте приведення порушених земель у стан, придатний для повторного використання, не завжди збігається з їхнім попереднім призначенням.

#### **4.4 Поводження з промисловими відходами**

Промислове природокористування продукує різноманітні відходи – невикористані залишки продуктів виробництва, побуту, транспорту тощо, які мають реальну чи потенційну цінність як продукти для інших галузей або регенерації (відновлення). Промислові відходи утворюються на початкових стадіях отримання речовини, яка потім іде на виробництво товарів. Виготовлені товари, після нетривалого користування ними, стають відходами споживання. На виробництво речовини для майбутніх споживчих товарів витрачається величезна кількість енергії. Підраховано, що кожній тонні побутових відходів відповідають 5 т промислових відходів на стадії виготовлення продукції і 20 т – на стадії вилучення первинних ресурсів з надр.

Основним актом Європейського Союзу щодо відходів є Рамкова Директива Європейського Парламенту та Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 р. «Про відходи та скасування деяких Директив». За Європейською системою класифікації, розрізняють такі групи промислових відходів:

- розкривні, шахтні та інші гірські породи, які покривають корисні копалини і мають бути видалені для забезпечення видобутку корисних копалин;
- відходи збагачення (сепарації) мінеральної сировини й палива;
- відходи хімічно-металургійної переробки різних речовин;
- відходи енергетики (відпрацьовані паливні елементи тощо);
- відходи переробки сільськогосподарської сировини – жом, дефекат, меляса (побічні продукти цукрового виробництва);
- лом чорних і кольорових металів, машини, механізми, устаткування та їхні комплектуючі, що відпрацювали свій термін експлуатації тощо.

Небезпека потрапляння відходів у ґрунт і водою посилюється пролонгованим характером їхнього впливу, а перехід шкідливих речовин у рослини супроводжується кумулятивними ефектами. Відходи картонно-паперових підприємств, шкіряного виробництва, харчової промисловості є небезпечними за біологічними ознаками – містять кишкові палички, патогенні мікроорганізми, віруси, яйця гельмінтів. Найбільше промислових відходів утворюється у процесі збагачення рудної і нерудної мінеральної сировини, видобутку і збагаченні вугілля, спалювання вугілля. Відходи нагромаджуються у вигляді відвалів, териконів, шламо- і соленакопичувачів, різного роду звалищ.

Вплив відходів чорної і кольорової металургії проявляється підвищенням вмісту в ґрунтах і водних об'єктах розчинних сполук важких металів – цинку, свинцю, ртуті, хрому, а також фенолів, сульфатів і хлоридів. Основними джерелами забруднення підземних вод є накопичувачі промислових відходів, мінералізованих шахтних вод, неорганізовані місця складування мінеральних добрив, отрутохімікатів та їхніх залишків, накопичувачі органічних відходів на тваринницьких комплексах. Сміттєспалювальні заводи викидають у повітря стійкі органічні забруднювачі (СОЗ); вони високотоксичні, стійкі до розкладання, переносяться на великі відстані з повітрям і водою, акумулюються у тканинах живих істот.

В усьому цивілізованому світі йдуть шляхом запровадження безвідходних і більш чистих технологій, тобто повного використання сировини у гірничодобувній та переробній промисловості. Застосовується комплексна розробка родовищ та підвищується коефіцієнт вилучення запасів корисних копалин з надр, з використанням розкривних і супутніх порід. З метою більшого виходу готового продукту (концентрату) та вилучення усіх супутніх компонентів упроваджуються глибинні методи переробки. Інноваційні технологічні процеси спрямовані на повторне використання, перероблення і утилізацію промислових відходів, створення системи екологічно безпечного видалення відходів у спеціально відведених місцях і об'єктах.

Джерела утворення промислових відходів реєструються відповідно до суб'єктів господарювання, які їх продукують, збирають та перевозять. Забезпечується операційний контроль за перевезенням промислових відходів із здійсненням належних заходів безпеки навколишнього середовища під час транспортування. Запроваджується система обліку відходів, спрямована на здійснення контролю за зміною права власності на відходи, підтвердження належного обі-

гу промислових відходів від джерела утворення до місця здійснення подальшого поводження з ними та недопущення їхнього розміщення у несанкціонованих місцях. Стимулюються перероблення і утилізація промислових відходів, а також використання матеріалів для будівництва із вторинної сировини, зокрема для дорожнього будівництва.

За умови впровадження принципу безвідходності у металургійній галузі значна кількість відходів збагачення руди стає необхідними продуктами. Кварцові піски є сировиною для скляної промисловості; глина – сировиною для фаянсової промисловості та виготовлення технічної кераміки; шлаки – для будівництва доріг. У технологічних процесах хімічної і нафтопереробної промисловості доцільно використовувати біотехнологію, включаючи виробництво біогазу із залишків органічних продуктів. У лісовій і деревообробній промисловості комплексне використання сировини дає максимальний вихід продукції з кожного кубічного метру деревини, використання усіх продуктів лісозаготівлі й деревообробки, зменшення відходів на усіх стадіях технологічних циклів.

Одним з найпотужніших джерел забруднення природного середовища викидами оксидів азоту, сірчаного газу, важких металів є спалювання вугілля. Водночас ці викиди містять цінні для промисловості ванадій, германій, нікель, кадмій, кобальт, цинк тощо, які залишаються у шлаках і переходять у відвали відходів. Для підвищення ефективності використання вугілля і зменшення забруднення атмосфери запроваджуються новітні типи фільтрів та котли, оснащені топками з киплячим шаром, що можуть спалювати тверде паливо погіршеної якості, промислові й побутові відходи. Проте повне вилучення корисних компонентів, повне використання енергетичного потенціалу і мінімізація забруднення довкілля потребують радикальної модернізації технології видобутку і збагачення вугілля. Для цього необхідні попереднє перетворення вугілля на газ та вилучення під час газифікації шкідливих для навколишнього середовища, але цінних для промисловості, компонентів.

У місцях накопичення відходів видобутку, збагачення і переробки мінеральної сировини утворюються техногенні родовища корисних копалин, які містять цінні корисні компоненти і мають промислове значення. До техногенних родовищ належать відвали видобутку корисних копалин, хвостосховища збагачувальних фабрик, золо- і шлаковідвали теплоелектроцентралей (ТЕЦ), складовані відходи металургійного та інших виробництв. Ці родовища є потенційним джерелом численних рідкісних і розсіяних елементів, кольорових металів, буді-

вельних матеріалів. Наприклад, основним джерелом для отримання германію є золи ТЕЦ; ренію – пил випалення молібденових концентратів; селену і телуру – відходи переробки сульфідних мідних руд; кадмію, талію, індію – поліметалічних руд; галію – відходи переробки бокситів і нефелінів.

Серед шляхів уникнення або зменшення впливу промислових відходів на довкілля провідним є мінімізація обсягів утворення будь-яких відходів та зменшення їхньої токсичності ще на стадії виробництва. Якщо ж утворення відходів неминуче, найбільш доцільним є збирання, ефективно знешкодження і видалення відходів, а також дотримання вимог екологічної безпеки під час поводженні з ними. У всіх можливих випадках універсальним шляхом є пряме, повторне чи альтернативне використання, тобто залучення відходів виробництва і споживання у новий ресурсний цикл у вигляді вторинної сировини.

#### **4.4.1 Способи утилізації газоподібних відходів**

Викиди підприємств у атмосферу також є різновидом промислових відходів. З метою зменшення забруднення повітря шкідливими домішками потрібно ефективно очищення відхідних газових викидів підприємств. Наразі використовуються різні методи такого очищення, головними серед яких є механічні, фізико-хімічні й хімічні. Вибір методу і способу очищення залежить від обсягу відхідних газів та їхнього складу. **Механічні методи** здебільшого застосовують для очищення вентиляційних та інших викидів від грубо-дисперсного пилу, який відокремлюється під дією сили гравітації, інерції або відцентрової сили. Вибір системи пилоуловлювання залежить від швидкості газового потоку, вмісту пилу, його фізико-хімічних властивостей, розміру частинок і наявності водяної пари.

З двох видів пилоуловлювання – сухого і мокрого – перевагу найчастіше віддають сухому. Сухі пилоуловлювачі дають змогу повернути у виробництво уловлений пил, тоді як у інших випадках утворюються водяні суспензії, переробка яких потребує додаткових витрат. Механічне сухе пилоуловлювання здійснюють у осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних і електричних фільтрах. Головним недоліком є те, що високий ступінь очищення забезпечується тільки у разі незначної запиленості відхідних газів.

В *осаджувальних камерах* очищають гази з грубо-дисперсним пилом. Найбільш ефективною є камера Говарда, у якій газовий потік розбивається горизонтальними пластинами на окремі секції. Незважаючи на незначний аероди-

намічний опір і невисоку вартість, ці апарати застосовують рідко через труднощі їхнього очищення. Частіше використовують циклонні сепаратори, де запилений газ, обертаючись по спіралі, відкидає часточки пилу на стінки апарату, звідки вони потрапляють в осаджувальну камеру (Рис. 19). Середня ефективність знепилення газів у циклонах становить 78-86% для різних галузей промисловості.

У *фільтрах* газовий потік проходить крізь пористий матеріал різної щільності й товщини. Очищення від грубо-дисперсного пилу здійснюють у фільтрах, заповнених коксом, піском, гравієм. Для очищення від тонко-дисперсного пилу використовують фільтрувальний матеріал на кшталт паперу, повсті чи тканини різної щільності. Папір використовують для очищення атмосферного повітря і газів з низьким вмістом пилу. У промислових умовах застосовують тканини або рукавні фільтри, які мають форму барабана, тканинних мішків чи кишень, що працюють паралельно. Їх очищують струшуванням або продуванням повітря. Останнім часом у якості фільтрувальних тканин широко використовують синтетичні матеріали і скловолокно, які витримують температуру 150-250°C; вони хімічно і механічно стійкіші й менш вологоємні порівняно з шерстю чи бавовною. Головною перевагою рукавних фільтрів є висока ефективність очищення, яка досягає 99% для усіх розмірів часточок. Для тонкого очищення застосовують керамічні фільтри, а також фільтри з пластмас або скла. Ефективність пиловловлювання у них може досягати 99,99%, а температура очищуваного газу – 500°C.

Для тонкого очищення газів від пилу використовують електрофільтри. Крім пилу, вони можуть також очищати гази від гідро- і аерозолів, тобто уловлювати більш дисперсні часточки. Для підвищення ефективності роботи електроди інколи змочують водою; такі електрофільтри називають мокрими. У мокрих пиловловлювачах запилений газ зрошується рідиною або контактує з нею. Найпростішою конструкцією є промивна башта, заповнена кільцями Рашига<sup>9</sup>, скловолокном чи іншими матеріалами. Керамічні насадки використовуються для виділення газів з рідких розчинів. До апаратів такого типу належать *скрубери і труби Вентури* – пристрої для вимірювання витрат і швидкості потоку

---

<sup>9</sup> *Кільця Рашига* – шматки труби, зазвичай керамічні або металеві, які забезпечують велику площу поверхні у межах робочих об'ємів апаратів для взаємодії між рідиною, газом чи паром. Названі на честь їхнього винахідника – німецького хіміка Фрідріха Рашига.

газів (Рис. 20). Часто для видалення шламів труби Вентурі доповнюють циклонами. Скрубери працюють за принципом протитечії: газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина (частіше вода) розпилюється форсунками згори вниз. Скрубери можна застосовувати для холодних і гарячих газів, які не містять токсичних речовин (кислот, хлору тощо), оскільки вони видаляються у атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману.



Рис. 19. Циклонний сепаратор



Рис. 20. Скрубери Вентурі

Для очищення гарячих газів використовують *барботажні апарати*, де запилений газ пропускають крізь воду. Барботаж<sup>10</sup> використовують також у пінних апаратах; для утворення піни у воду додають поверхнево-активні речовини. Ефективність очищення у цих апаратах досягає 97-99%. Недоліком мокрого очищення газів є те, що уловлений пил перетворюється на мокрий шлам, для видалення якого потрібно будувати шламову каналізацію, що здорожує конструкцію. У апаратах інерційного пиловловлювання різко змінюється напрямку потоку, часточки пилу за інерцією ударяються об поверхню, осаджуються і через розвантажувальний пристрій видаляються з апарату. У середині апаратів розміщені пластини або кільця, а зверху вони можуть зрошуватися во-

---

<sup>10</sup> Барботаж – процес проходження пари чи газу крізь рідину.



дою – тоді пил видаляється у вигляді шламу. У разі високої концентрації пилу для підвищення ефективності роботи циклонів або рукавних фільтрів використовують ультразвукові апарати, які у комплексі з циклоном застосовують для уловлювання сажі, кислотних туманів тощо.

До *фізико-хімічних методів* очищення газових викидів належать абсорбція і адсорбція. *Абсорбція* – це процес хімічного осадження або зв'язування забруднювальних речовин під час пропускання газу крізь рідкий поглинач. Апарати, в яких очищуваний газ і абсорбна рідина рухаються назустріч один одному, називають абсорберами. Вони використовуються для очищення повітря і відхідних газів, що містять токсичні забруднення – кислотні тумани, ціанідну чи ацетатну кислоти, сірчистий газ, оксиди нітрогену, різні розчинники. У якості поглинача виступають суспензії, у складі яких є оксиди магнію і кальцію або вапняк. Ефективність очищення становить 90-95%. Шлами після очищення можуть використовуватися для подальшого перероблення. Недоліком цих апаратів є ускладнення процесу видалення шламів у разі утворення важкорозчинних речовин.

*Адсорбційний метод* очищення газів – це сорбція газуватих речовин на поверхні або у об'ємі мікропор твердого тіла. Адсорбція (від лат. *ad* – при і *sorbeo* – поглинаю) – процес вибіркового (селективного) поглинання з газової суміші переважно одного, а в окремих випадках декількох компонентів, поверхнею пористих твердих тіл. Адсорбентом називають високодисперсні природні й штучні пористі тверді речовини з великою зовнішньою та внутрішньою поверхнею, на якій і відбувається адсорбція газів чи рідин. Поглинені забруднювальні речовини у газовій або рідкій фазі називають адсорбтивом, а після переходу в адсорбований стан – адсорбатом. Найчастіше у якості адсорбенту використовують активоване вугілля, силікагель чи глини. Вилучені з очищуваних газів речовини (адсорбтиви) можуть бути використані для різних цілей. Цей процес називають регенерацією адсорбенту і здійснюють здебільшого нагріванням перегрітою парою. Апарати, у яких здійснюють адсорбцію, називають *адсорберами*. Вони бувають вертикальними, горизонтальними і з кільцевими полицями, на яких розташовують адсорбент. Адсорбцією на активованому вугіллі очищають відхідні гази у виробництві штучного волокна. За допомогою адсорбції на силікагелі очищають газові викиди від оксидів нітрогену. Цей метод широко застосовують для очищення викидних газів від багатьох інших шкідливих домішок.

*Хімічні методи* очищення викидних газів передбачають зв'язування забруднювальних речовин. Поширеним методом є *хемосорбція*, коли очищений газ промивають розчином речовин, які реагують з домішками. Метод хемосорбції ґрунтується на поглинанні газів і пари твердими або рідкими поглиначами з утворенням малолетких або малорозчинних хімічних сполук. Поглинальна здатність хемосорбенту майже не залежить від тиску, тому хемосорбція доцільніша за невеликої концентрації шкідливих речовин у вихідних газах. Більшість реакцій, що протікають у процесі хемосорбції, є екзотермічними і зворотними, тому при підвищенні температури розчину хімічні сполуки розкладаються з виділенням вихідних елементів.

*Метод термічної нейтралізації* шкідливих домішок ґрунтується на здатності горючих токсичних компонентів окислюватися до менш токсичних за наявності вільного кисню та високої температури газової суміші. На відміну від інших методів, термічна нейтралізація має певні переваги: відсутні шлами, очисні установки мають невеликі габарити і доволі просто обслуговуються, а ефективність знешкодження шкідливих речовин набагато вища. Однак вагомим недоліком цього методу є обмеження сфери застосування лише тими викидами, що не містять токсичних компонентів. Якщо ж спалювати гази з умістом фосфору, галогенів чи сірки, утворені продукти реакції за токсичністю у декілька разів перевищують вихідний газовий викид. Отже, метод термічного знешкодження може застосовуватися до речовин органічного походження, які не містять таких компонентів, як фосфор або сірка.

Для перетворення токсичних компонентів промислових газових викидів на нешкідливі або менш шкідливі для довкілля речовини застосовують *каталітичний метод*. Завдяки введенню додаткових речовин – каталізаторів – відбувається взаємодія вилучених речовин з одним із компонентів, наявних в очищуваному газі. При цьому каталізатор утворює проміжну речовину, яка розпадається з утворенням регенованих продуктів. Каталітичне окислення має деякі переваги над термічним, зокрема, характеризується короткочасністю процесу, невеликими габаритами реактора, значно нижчою температурою для нагрівання газів (до 300°C). Зважаючи на активність і довговічність, у якості каталізаторів можуть використовуватися метали (платина, паладій та інші) або їхні сполуки (оксиди міді, марганцю).

*Біохімічний метод* очищення повітря від газів ґрунтується на здатності мікроорганізмів руйнувати та перетворювати різні сполуки. Речовини розпада-

ються під дією ферментів, вироблених мікроорганізмами під впливом окремих сполук або групи речовин, наявних у очищуваних газах. Біохімічний метод газоочищення найчастіше застосовується для очищення відвідних газів постійного складу. За частоті зміни складу газу мікроорганізми не встигають адаптуватися до нових речовин і виробляють недостатню кількість ферментів для їх розкладання, внаслідок чого біологічна система не набуває достатньої руйнівної здатності відносно шкідливих компонентів газів. Високий ефект газоочищення досягається за умови, коли швидкість біохімічного окислення вилучених речовин більша, ніж швидкість їх надходження із газової фази.

Процес очищення та знешкодження технологічних і вентиляційних викидів промислових підприємств від газо- і пароподібних домішок може ускладнюватися достатньо високою температурою та значним вмістом пилу в очищуваних газах. Тому відвідні гази потребують попередньої підготовки перед газоочищенням. Існуючі газоочисні установки дозволяють знешкоджувати промислові викиди без або з подальшою утилізацією вловлених домішок. Перший тип апаратів має санітарні обмеження, пов'язані з процесами видалення, транспортування і захоронення вилученого продукту. Найбільш перспективними є апарати з виділенням продукту в концентрованому вигляді та подальшим його використанням для потреб господарства. Саме такі установки служать упровадженню мало- та безвідходних технологій.

#### ***4.4.2 Принципи ефективного управління відходами***

З метою розв'язання соціально-економіко-екологічних проблем світова спільнота спрямовує зусилля на досягнення сталого виробництва і споживання. *Глобальна програма сталого розвитку*, прийнята 25 вересня 2015 року на Саміті зі сталого розвитку в Нью-Йорку всіма членами ООН, містить 17 цілей, яких світ має досягнути до 2030 року. Серед них є й ті, що стосуються ефективного використання ресурсів, більш чистого і безвідходного виробництва. Зокрема, Ціль 8 передбачає стимулювати всеохоплююче економічне зростання шляхом диверсифікації, технічної модернізації та інноваційної діяльності, а також підвищення глобальної ефективності використання ресурсів у системах споживання і виробництва. При цьому економічне зростання має відбуватися на фоні зменшення деградації довкілля.

Ціль 9 направлена на підвищення ефективності використання ресурсів і ширшого застосування екологічно безпечних технологій і промислових проце-

сів за рахунок створення інновацій та модернізації інфраструктури. Ціль 12 безпосередньо стосується забезпечення сталої практики споживання і виробництва. До 2030 року має бути досягнуте стале управління і ефективне використання природних ресурсів. Утворення харчових відходів і втрати харчових продуктів під час виробництва та постачання мають скоротитися удвічі на одиницю населення. До 2020 року мають бути запроваджені екологічно дружні практики управління хімічними речовинами і відходами протягом всього життєвого циклу, а також суттєво скорочені обсяги викидів забруднювальних речовин у повітря, скидів у водні об'єкти та забруднення ґрунтів.

До 2030 року слід суттєво скоротити обсяги утворення відходів за рахунок попередження їхнього утворення, скорочення кількості, підвищення рівнів перероблення і повторного використання. Неefективні субсидії для викопного палива, які заохочують марнування природних ресурсів, мають бути реформовані відповідно до національних обставин, включаючи реструктуризацію податкових систем та ліквідацію екологічно шкідливих субсидій.

Світовий нормативно-правовий простір ґрунтується на застосуванні загальних принципів управління відходами (Табл. 9). Євросоюз у цій сфері остаточно перейшов на міжнародні регламенти класифікації, перевезення, захоронення і знешкодження відходів, що відображено у відповідних Директивах ЄС.

Табл. 9. Принципи ефективного управління відходами

<b>Керівний принцип</b>	<b>Сутність</b>
«Ієрархія» відходів	Під час поводження з відходами слід обирати «найбільш прийнятний» варіант у верхній частині ієрархії.
Інтеграції	Охорона навколишнього середовища має бути невід'ємною частиною процесу розвитку.
Сталого розвитку	Задоволення потреб нинішнього покоління не повинно ставити під загрозу право майбутніх поколінь задовольняти їхні потреби.
Забруднювач платить	Витрати, спричинені забрудненням, мають бути коректно розподілені між забруднювачами і споживачами, а не лягати на суспільство в цілому.
Наближеності	Відходи, які підлягають видаленню, мають бути спрямовані до найближчого відповідного об'єкту.
Попередження	За наявності екологічного ризику, слід вжити запобіжних заходів, навіть за відсутності переконливих доказів.
Спільної відповідальності	Досягнення цілей екологічної політики потребує участі широкого кола державних органів, приватного сектору, а також громадськості.
Самодостатності	Запровадження інтегрованої мережі об'єктів з утилізації й видалення відходів дозволить державі рухатися у напрямку самодостатності.

У Директиві 75/442/EWG визначено головні принципи управління відходами, зокрема запобігання зростанню обсягів утворення відходів, зниження ступеня їхньої шкідливості; повторне використання і вторинна переробка, вилучення цінних компонентів з відходів; утилізація з метою отримання енергії; безпечне кінцеве розміщення відходів у крайньому випадку, якщо інше не є можливим. Визначальним принципом організації поводження з відходами, закріпленим у директиві, є відповідальність виробника. Тобто суб'єкти господарювання мають безпосередню брати участь у забезпеченні належного поводження з відходами, що утворюються у процесі виробництва протягом всього експлуатаційного циклу. Витрати на розміщення відходів покладаються на виробників і власників відходів, які передають їх підприємствам зі збирання і розміщення відходів за принципом «забруднювач платить».

Директивою 91/689/EWG про небезпечні відходи визначено обов'язки і обмеження для власників небезпечних відходів, зокрема заборонено змішувати різні категорії небезпечних відходів. Директива запроваджує суворіші, ніж для звичайних відходів, процедури видачі дозволів для підприємств – виробників небезпечних відходів, ведення реєстру небезпечних відходів тощо.

Директива Ради 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 року про захоронення відходів має на меті зменшення негативного впливу на довкілля і здоров'я людей, що може виникати протягом усього часу існування об'єкту захоронення відходів. Для попередження викидів парникових газів і надходження токсичних фільтратів у поверхневі й підземні води, Директива вимагає вживати заходи щодо зменшення захоронення органічних відходів та встановлює низку технічних вимог. Також встановлюється жорстка вимога щодо дозволу функціонування лише тих місць захоронення, які відповідають визначеним вимогам. Всі інші полігони має бути закрито і рекультивовано.

Директива 2006/21/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 15 березня 2006 року про управління відходами видобувної промисловості охоплює питання управління відходами, що утворюються в результаті розвідувальних робіт, видобутку, оброблення і зберігання мінеральних ресурсів та розробки кар'єрів. Основною метою Директиви є максимально можливе попередження і мінімізація негативного впливу на природне середовище та ризиків для здоров'я людини, що можуть виникати в результаті управління відходами добувної промисловості. Передбачено упровадження відповідальності за шкоду, заподіяну навколишньому середовищу внаслідок неналежного управління цими відходами.

*Рамкова Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 19 листопада 2008 року про відходи та скасування окремих Директив* запроваджує заходи щодо захисту довкілля і здоров'я людей шляхом попередження або зниження негативного впливу виробництва і поводження з відходами. Директивою поставлено досить амбітну мету – наближення Європейського Союзу до «суспільства рециклінгу». Тобто пріоритет надано заходам з рециклінгу, заохоченню до роздільного збирання відходів і повторного використання продуктів. Директива встановлює критерії належності відходів до категорії побічних продуктів і процедури, за якими настає кінець статусу відходів (коли відходи більше не вважаються відходами). Директива містить такі *ключові орієнтири*:

- У Інтеграція завдань захисту довкілля і здоров'я людей з максимальним рециклінгом відходів, тобто з ресурсоефективністю.
- У Введення у законодавчу площину реалізації п'ятиступеневої ієрархії управління відходами, категорії побічних продуктів, критеріїв кінця статусу відходів.
- У Регламентація приналежності відходів до категорії небезпечних та їх класифікація відповідно до списку відходів (List of waste).
- У Запровадження розширеної відповідальності виробника.

П'ятиступенева ієрархія управління відходами базується на пріоритеті запобігання утворенню відходів, а якщо запобігти не вдається – докладаються зусилля для повторного використання (Рис. 21). Якщо і це неможливо, здійснюється рециклінг – відходи переробляються на продукцію, матеріали або речовини (Рис. 22). Коли й рециклінг неможливий, застосовуються інші види утилізації відходів, у т. ч. операції з відновлення енергії чи перероблення на матеріали, що будуть використовуватися як паливо. У разі відсутності можливостей виконати попередні операції, відбувається видалення відходів – захоронення їх у спеціально обладнаних місцях та знищення (знешкодження) на установках, що відповідають екологічним нормативам.

Для ефективного управління відходами на всіх рівнях має бути розроблена інформаційна система з доступом до даних щодо розміщення полігонів, забруднювачів і переробних потужностей. Дієвим механізмом ефективного використання ресурсів упродовж усього життєвого циклу, включаючи їх відновлення, повторне використання і утилізацію, є розширена відповідальність виробника (РВВ). Основною метою РВВ є збільшення кратності відновлення продукту та мінімізація впливу відходів на довкілля. Політика РВВ вперше почала за-

стосовуватися на початку 1990-х років серед низки європейських держав, особливо стосовно відходів упаковки, і в подальшому поширилася у країнах ЄС та за його межами. З того часу система РВВ сприяла значному збільшенню темпів переробки відходів та допомогла зекономити витрати на управління відходами.



Рис. 21. П'ятиступенева ієрархія управління відходами



Рис. 22. Рециклінг відходів

Підводячи підсумки, можна окреслити головні пріоритетні завдання на шляху подолання геоекологічних наслідків утворення і нагромадження промислових відходів. Передусім це максимальна їх утилізація, тобто залучення відходів виробництва і споживання у нові технологічні цикли у вигляді вторинної сировини. А також збереження первинних (природних) ресурсів, які заміщаються вторинними; зменшення негативного впливу на природне середовище за рахунок вторинного ресурсокористування; вивільнення земельних ресурсів, зайнятих нині під звалища тощо. А все це у комплексі сприяє зменшенню вартості багатьох видів промислових матеріалів.

### Запитання та завдання для самоконтролю

1. Проаналізуйте геоекологічні проблеми, що виникають під час добування природного газу, нафти, вугілля.
2. Назвіть і обґрунтуйте головні геоекологічні наслідки експлуатації родовищ металеві викапної сировини для природного середовища.
3. Проаналізуйте основні види впливу гірничого виробництва на компоненти природного середовища.
4. Назвіть головні запобіжні заходи, необхідні для подолання негативних наслідків гірничодобувної промисловості.

5. Які галузі промислового природокористування є найбільш небезпечними за ступенем негативного впливу на природне середовище? Обґрунтуйте.
6. Поясніть, як ви розумієте рекультивацію земель. Назвіть етапи і напрями рекультивації порушених земель.
7. Охарактеризуйте групи промислових відходів, визначені Рамковою Директивою Європарламенту 2008 року.
8. Які провідні шляхи уникнення або зменшення впливу промислових відходів на довкілля вам відомі? Наведіть приклади.
9. Проаналізуйте найефективніші методи очищення промислових видів.
10. Розкрийте принципи управління відходами та ключові орієнтири європейських директив про відходи.
11. Поясніть, як ви розумієте п'ятиступеневу ієрархію управління відходами. На чому вона базується?



## 5 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КРИЗИ

Триєдина концепція сталого енерго-еколого-економічного розвитку базується на уявленні про енергію як єдину характеристику процесів життєдіяльності системи «природа – суспільство – людина» у соціально-техногенному і гуманітарному аспектах. Енергія виступає потенціалом розвитку і процесом реалізації цього потенціалу в напрямку розширеного відтворення матеріальних і духовних благ цивілізації. Таким чином, енергію можна розглядати як кровоносну систему, що об'єднує природу, суспільство і людину в єдину системну конструкцію. Виходячи з розуміння енергетичної природи динаміки соціоприродного розвитку, з кожною глобальною кризою у системі «природа – суспільство – людина» відбувається зміна парадигми енергетичного розвитку і формується нова енергетична цивілізація.

Перш, ніж з'ясувати головні причини виникнення світової енергетичної кризи, розглянемо джерела енергії, які прийнято називати «традиційними». На ранніх етапах історії людства тривалий час головним джерелом енергії була ручна праця. Певним чином вона доповнювалася енергією домашніх тварин, води і вітру. Але тварини не можуть довго працювати без перерви, застосування водних коліс потребує наявності водойм, а вітряки крутяться не завжди та з мінливою швидкістю. Винахід парового двигуна наприкінці XVIII ст. став переламним моментом, який призвів до Промислової революції. Спочатку основним паливом для парових двигунів були дрова. Пізніше, зі зростанням потреб у енергії та зведенням лісів, дрова було замінено на вугілля. Вугілля було першим і єдиним енергоресурсом людства до 1860-х років, коли розпочалося використання сирої нафти. Видобувати природний газ почали пару десятиліть потому, протягом 1880-90-х років.

Люди опанували буріння нафтових свердловин, навчилися переганяти нафту до бензину, дизельного пального і мазуту, винайшли двигун внутрішнього згоряння. Порівняно з вугіллям, нафтопродукти простіше транспортувати, а за їхнього згоряння утворюється менше відходів, серед яких немає попелу. Крім того, енергоємність бензину (тобто кількість енергії, що виділяється при спалюванні одиниці маси) значно вища, ніж вугілля. До середини 1950-х років нафтопродукти стали провідним енергоресурсом людства. Разом з нафтою або під час нафторозвідувальних робіт видобували природний газ, який при згорянні дає ще менше, ніж нафта, побічних продуктів і не розтікається поверхнею. У XX ст. споживання викопної енергії значно диверсифікувалося: вугілля

скоротилося з 96% від загального обсягу добування у 1900 р. до менш ніж 30% у 2000 році. Нині сира нафта є найважливішим джерелом енергії, на яке припадає близько 39% викопної енергії, на вугілля – 33% і природний газ – 28%.

Серед усіх сфер використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) найголовнішими є транспорт, промисловість, температурний контроль (опалення і охолодження приміщень, гаряче водопостачання, виробництво електроенергії, освітлення тощо). Головним споживачем нафтопродуктів (бензину, дизпалива, мазуту) залишається транспорт; ядерне паливо служить лише для виробництва електрики і не може використовуватися на транспорті. Поява нового джерела енергії не виправить становища, якщо енергію з цього джерела не можна буде використовувати там, де нині витрачається нафта.

Енергетична криза у багатьох розвинених країнах розпочалася з 1970-х років, коли попит на енергоносії значно перевищив їхню пропозицію. Восени 1973 р. розпочалася т. зв. «перша енергетична криза» – після того, як ОПЕК<sup>11</sup> свідомо знизилася обсяги видобутку нафти (приблизно на 5%). Тоді ціна на нафту піднялася на 70% – з \$3 до \$5 за барель, а протягом року зросла до \$12. Ще один різкий стрибок цін на нафту стався під час другої енергетичної кризи у 1979-80 роках. Після ісламської революції в Ірані у 1979 р. та з початком ірано-іракської війни у 1980 р. ціни на «чорне золото» злетіли з \$13 до майже \$37 за барель. З того часу невідповідність видобування енергоресурсів їхньому споживанню тільки збільшувалася. Серед головних причин виникнення глобальної енергетичної кризи можна назвати такі:

- ✓ Потреби у енергії постійно зростають.
- ✓ Гідроенергетичні ресурси планети обмежені.
- ✓ Атомна енергетика має нині погану репутацію.
- ✓ Найцінніше джерело енергії – природний газ – вичерпається у першу чергу.
- ✓ Використання традиційного палива спричинює значні викиди CO<sub>2</sub>, оксидів сірки і азоту та інших небезпечних речовин.
- ✓ Викопні енергоресурси розподілені планетою дуже нерівномірно (Табл. 10).

---

<sup>11</sup> ОПЕК – Організація країн-експортерів нафти (Organization of the Petroleum Exporting Countries, ОПЕС) – картель, створений нафтовидобувними державами для стабілізації цін на нафту.

Табл. 10. Топ-10 країн за видобутком нафти, природного газу і вугілля за 2017 рік (за даними Global Energy Statistical Yearbook 2018)

№ з/п	Нафта		Природний газ		Вугілля	
	Країна	млн бар/день	Країна	млрд м <sup>3</sup> /рік	Країна	млн т
1.	США	15,65	США	767	КНР	3607
2.	Саудівська Аравія	12,09	Росія	694	Індія	953
3.	Росія	11,21	Іран	209	США	649
4.	Канада	4,96	Канада	184	Росія	232
5.	КНР	4,78	Катар	166	Німеччина	222
6.	Іран	4,69	КНР	147	Японія	196
7.	Ірак	4,45	Норвегія	128	ПАР	192
8.	ОАЕ	3,72	Саудівська Аравія	98	Південна Корея	136
9.	Бразилія	3,36	Алжир	95	Туреччина	134
10.	Кувейт	2,82	Туркменістан	81	Польща	129

Як бачимо, у світовому видобутку нафти лідирують три країни – США, Саудівська Аравія і Росія. Щодо природного газу, в трійку лідерів потрапляють США, Росія, Іран. Останніми десятиліттями змінилася географія видобутку вугілля – майже половину світового вугілля видобуває Китай, учетверо менше – Індія і на третьому місці – США. Якщо раніше енергетичну кризу пов’язували з нафтовими «шоками» 1973 і 1979 років, то пізніше проблему загострили геополітичні протистояння на Близькому Сході 2010-2011 років та нові нафтові потрясіння. Різке зростання цін на нафту стало загрожувати світовій енергетичній безпеці. Нарешті, після радіаційної катастрофи на АЕС «Фукусима-1» в Японії у 2011 р. гостро постало питання про технологічну енергетичну безпеку. Тому сучасну енергетичну кризу можна назвати ще й кризою глобальної енергетичної безпеки. Зростаючий попит на енергоресурси у більшості країн світу і територіальний розрив між основними районами виробництва та споживання ПЕР значно загострює проблему надійності поставок енергоресурсів, їхнього захисту від природних, техногенних, військових, політичних та інших загроз.

### 5.1 Негативний вплив традиційної енергетики на довкілля

Взаємодія енергетичного підприємства з навколишнім середовищем відбувається на усіх стадіях добування і використання палива, перетворення і передачі енергії. Вплив традиційної (паливної) енергетики на довкілля проявляється двома головними аспектами:

У споживанням величезних обсягів природних ресурсів (паливних, земельних, водних та інших);

У продукуванні величезних обсягів промислових відходів, парникових газів, радіаційного і електромагнітного випромінювання.

### ***5.1.1 Геоекологічні наслідки використання вугільного палива***

З кожним роком зростає споживання енергії у країнах, що розвиваються. Тільки протягом 2006-2016 рр. воно збільшилося на 40%. Використання вугілля, найбруднішого викопного палива, зростало щорічно на 3,1%, природного газу зросло на 5,2%, нафти – на 2,9%. Викопні види палива легше підключити до мереж, ніж поновлювані джерела енергії, які залежать від сонячного світла чи вітру. Навіть, якщо очільники фондів зелених технологій і погрожують припинити підтримку нафтових компаній, державні гіганти на Близькому Сході сприймають азійський попит як переконливу причину для інвестування. Чим більше викопних копалин споживає країна, тим важче їй відмовитися від них. У той час, як у 2017 році Великобританія насолоджувалася своїм першим, з часу Промислової революції 1800-х років, днем без вугілля, 80% електроенергії Індії забезпечується спалюванням виключно вугілля.

Понад 50% електроенергії у більшості країн світу виробляють на ТЕС, паливом для яких служить вугілля, мазут, газ, сланець. Коефіцієнт корисної дії ТЕС у середньому не перевищує 36-39%. Для прикладу, ТЕС потужністю 2 млн кВт щодоби спалює 18 тис т вугілля, 2500 т мазуту і використовує 150 тис м<sup>3</sup> води. На охолодження пари щодоби використовується 7 млн м<sup>3</sup> води, що спричинює забруднення водойми-охолоджувача. Зола вугілля містить суміші урану і деяких токсичних елементів у значно більших концентраціях, ніж земна кора.

Технологічний процес виробництва теплової і електричної енергії розпочинається з подрібнення вугілля і його спалювання з втратою теплоти і утворенням димових газів. Завдяки нагріву спеціально підготовленої води у котлах утворюється перегріта водяна пара, яка розширюється у паровій турбіні з виробленням певної кількості механічної енергії. Генератор турбіни виробляє електричну енергію. Найбільш негативний вплив на довкілля здійснюється на етапі спалюванні органічного палива. При спалюванні вугілля у котельних агрегатах (ТЕС, ТЕЦ, промислових печах і котельнях) у атмосферу надходить велика кількість пилу, золи і сажі, токсичних речовин, важких металів і радіонуклідів, а також газів – оксидів сірки і азоту, діоксид вуглецю тощо.

Найгіршим і найнебезпечнішим наслідком вироблення теплової і електричної енергії з традиційних викопних енергоресурсів є глобальне потепління

клімату, пов'язане з масштабним «підігріванням» атмосфери людиною. Згідно даних Глобального звіту Міжнародного енергетичного агентства (International Energy Agency, IEA) про стан енергетики і викиди CO<sub>2</sub> за 2017 рік, видобуток і спалення викопного палива залишається найбільшим джерелом викидів парникових газів. Глобальні викиди CO<sub>2</sub>, пов'язані з енергетикою, у 2017 році зросли на 1,4% і досягли історичного максимуму в 32,5 Гт<sup>12</sup>, тобто після трьох років позитивної стагнації викидів зростання відновилося. Однак у деяких країнах спостерігалось зниження викидів CO<sub>2</sub>, зокрема у США, Великобританії, Мексиці та Японії.

Найбільше зниження викидів зафіксовано у США, переважно через широке упровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). У Великобританії викиди скоротилися на 3,8% (на 15 млн т), до 350 млн т, і це найнижчий рівень викидів за всю історію спостережень, починаючи з 1960 року. Передусім це пов'язано зі зниженням на 19% попиту на вугілля. У Мексиці викиди скоротилися на 4%, що обумовлено меншим використанням нафти і вугілля, а також значним приростом вироблення електроенергії з ВДЕ. У Японії скорочення становило 0,5% – переважно за рахунок витіснення з енергобалансу викопного палива, особливо нафти.

Дві третини глобального збільшення викидів CO<sub>2</sub> припадає на країни Азії. У 2017 р. економіка Китаю зросла майже на 7%, але викиди підвищилися усього на 1,7% (150 млн т), оскільки триває запровадження ВДЕ і заміщення вугілля газом. Викиди вуглекислого газу в Китаї досягли 9,1 Гт, що на 1% вище рівня 2014 року і є наслідком зростання попиту на нафту і природний газ.

### ***5.1.2 Атомна енергетика: розвінчування міфів***

Не зважаючи на те, що атомна енергетика не викидає у повітря вуглекислий та інші парникові газы, твердження про вироблення нею «чистої» енергії не відповідає дійсності. Насправді на етапах видобутку і переробки уранової руди, фабрикації палива та його транспортування у навколишнє середовище викидаються різні забруднювальні речовини. Крім цього, атомні електростанції (АЕС) щодня продукують канцерогенні радіонукліди, включаючи тритій, стронцій-90, цезій-137, плутоній-239 тощо. Чорнобильська катастрофа 1986 року різко змінила ставлення суспільства до АЕС і тому перспективи подальшого розвитку

---

<sup>12</sup> Гт (гігатона) – одиниця вимірювання маси, що дорівнює 10<sup>9</sup> т або 10<sup>12</sup> кг.

атомної енергетики нині під великим питанням. За останні два десятиріччя у світі будувалося не більше 10 ядерних реакторів щороку, тоді як у 1970-1980 роках запускарлося майже утричі більше. За даними Міжнародного агентства з атомної енергетики (International Atomic Energy Agency, IAEA), станом на кінець 2017 року в світі працювало 448 ядерних реакторів.

Отже, найнебезпечніша вада атомної енергетики – ймовірність аварій на АЕС з катастрофічними наслідками. Тільки одна з усіх технологій виробництва енергії здатна призводити до аварій, що можуть вбити багато людей і продукувати небезпечні побічні продукти, які лишатимуться токсичними сотні тисяч років. І це – атомна енергетика. Серйозні аварії на ядерних об'єктах трапляються набагато частіше, ніж передбачали представники атомної індустрії. Аварії на ядерних реакторах почалися фактично відразу ж після їхньої появи (Табл. 11).

Табл. 11. Найбільші аварії на АЕС та їхні наслідки у світі

Дата	Країна	Найбільші аварії та їхні наслідки
1944	США	Вибух ядерних матеріалів у секретній лабораторії Oak Ridge National Laboratory під час експерименту.
1951	США	Аварія дослідницького реактора у результаті перевищення допустимої температури.
1952	Канада	Перша у світі серйозна аварія на АЕС Chalk River внаслідок технічної помилки персоналу.
1957	Великобританія	Пожежа на одному з реакторів атомного комплексу «Sellafield», де згоріло близько 11 т урану. Радіоактивна хмара досягла Бельгії, Данії, Німеччини, Норвегії.
1958	Канада	Нова аварія на АЕС Chalk River.
1959	США	Вибух у дослідницькому центрі Oak Ridge National Laboratory у штаті Теннессі. Очищення території від радіаційного зараження тривало кілька тижнів.
1961	США	Вибух на експериментальному реакторі у штаті Айдахо. Загибло троє людей.
1964	США	Аварія на АЕС у штаті Род-Айленд. Загинула одна людина.
1969	Швейцарія	Аварія на підземному ядерному реакторі Lucens
1972	США	Виток радіоактивних вод із заводу по переробці ядерного палива у озера Ері й Онтаріо.
1977	Чехословаччина	Аварія на АЕС Jaslovske Bohunice. Станція була закрита.
1978	СРСР	Згорів другий блок Білоярської АЕС.
1979	США	Аварія на АЕС Three Mile Island у штаті Пенсильванія. Розплавлення 53% активної зони реактора. Евакуйовано 200 тис чоловік.
1985	СРСР	Аварія на першому блоці Балаковської АЕС. Загибло 14 чоловік.
1986	СРСР	Чорнобильська катастрофа – найбільша за всю історію ядерної енергетики за кількістю загиблих і потерпілих та за економічним збитком. Радіоактивна хмара пройшла над європейською частиною СРСР, більшою частиною Європи, східною частиною США. Евакуйовано близько 200 тис осіб. Лише серед ліквідаторів по-

Дата	Країна	Найбільші аварії та їхні наслідки
		мерли десятки тисяч осіб.
1993	Канада	Витік 18 тис л радіоактивної води у результаті аварії на АЕС Darlington.
1999	Японія	Аварія на заводі з виготовлення палива для АЕС у м. Токаймура. Опромінено 667 чоловік, троє загинули.
2004	Японія	Потужний викид пари температурою близько 200°C на АЕС Mihama. Загинуло 4 людей.
2011	Японія	В результаті найпотужнішого землетрусу і відключення системи охолодження на АЕС Фукусіма-1 розплавилася ядерне паливо у реакторі. Евакуйовано 200 тис чоловік. Класифікується як аварія 7 рівня за міжнародною шкалою INES.

Як видно з таблиці, аварії на АЕС траплялися не лише у Чорнобилі в умовах радянської відсталості, але й у високотехнологічних країнах – США, Японії, Великобританії, Швейцарії. Найбільш руйнівною все ж таки була Чорнобильська техногенна катастрофа, внаслідок якої, за різними оцінками, загинуло до 1 млн людей. Більше трьох десятиліть потому людство майже не наблизилося до розв’язання проблем, створених цією аварією.

Атомні електростанції теж викидають CO<sub>2</sub>, і не тільки під час своєї роботи, але й на інших етапах життєвого циклу. Зокрема, під час спорудження АЕС, коли витрачається і перевозиться величезна кількість бетону, металу, інших матеріалів тощо. Але найбільше CO<sub>2</sub> викидається у атмосферу під час виробництва ядерного палива, необхідного для роботи АЕС, – у процесі видобутку уранової руди, її перемелювання, оброблення, збагачення і фабрикації палива. Далі – під час транспортування палива на станції та подальше безпечне зберігання радіоактивних відходів протягом тисячоліть.

Більше сотні досліджень проведено, аби порахувати «вуглецевий слід» ядерної енергетики (тобто кількість вуглекислого газу, що викидається у атмосферу від виробництва електроенергії на АЕС). Висновки цих досліджень доволі суперечливі. Зокрема, професор Бенджамін Савакул (Benjamin K. Sovacool) директор Датського центру енергетичних технологій, вважає, що атомна енергетика викидає у 6 разів більше вуглецю, ніж вітрова, та у 2-3 рази більше, ніж різні сонячні технології енергетики. «Вуглецевий слід» відновлюваних джерел падає, бо технології стають ефективнішими.

Атомні реактори не можуть працювати без ядерного палива. Видобування уранової руди, її переробка, збагачення і виготовлення уранових паливних «брикетів» є процесами з високим рівнем викидів вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>-intensive) на кожній стадії. Однією з найбрудніших ланок ядерного паливного

циклу є видобуток і подрібнення уранової руди, який, як і добування вугілля, лишає за собою велику кількість «хвостів» у вигляді териконів або шлаків у хвостосховищах. Для отримання 1 т уранового концентрату потрібно переробити приблизно 1 тис т уранової руди (коли руда містить 0,1% урану). Ці 999 т відходів є радіоактивними і потребують відповідного поводження. Цими відходами забруднюються усі компоненти довкілля.

Після того, як паливо відпрацює свій термін у реакторі, воно перетворюється на 20-30 т високорадіоактивного відпрацьованого ядерного палива, що містить плутоній, радіоактивний цезій, стронцій, йод. Тобто відпрацьоване паливо є у тисячі разів небезпечнішим, ніж свіже паливо до його завантаження у реактор. Для відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) досі не винайдено постійного безпечного сховища (ізоляції) від навколишнього середовища на увесь час, доки воно залишатиметься небезпечним. За даними компанії UxC, яка є авторитетним джерелом аналізу сучасного ринку ядерного паливного циклу і реакторних технологій, станом на 2018 рік 80% світових запасів ВЯП зосереджено у сховищах США і Західної Європи.

З реакторних установок АЕС світу за період 2015-2035 рр. щорічно буде вивантажуватися близько 11,3 тис т ВЯП. Наприкінці 2018 року сукупно за весь час експлуатації з АЕС було вивантажено 442 тис т ВЯП. Принаймні 50 країн світу практикують тимчасове зберігання ВЯП у очікуванні переробки або остаточного захоронення. За прогнозами UxC, до 2035 року кількість вивантаженого ВЯП становитиме близько 618 тис т, а його кількість у сховищах – 450 тис т. Низка країн успішно експлуатує або планує спорудити централізовані сховища відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) (Рис. 23).

Існуючі сховища забезпечують лише тимчасове зберігання ВЯП, зокрема ЦСВЯП українських АЕС спроектоване на зберігання у ньому палива протягом лише 100 років. Випробування обладнання американської компанії Holtec International для проекту ЦСВЯП стартували у грудні 2018 р. на Рівненській АЕС. У багатоцільовому контейнері HI-TRAC 190 може бути розміщена 31 відпрацьована паливна збірка з паливом для реакторів (Рис. 24). Введення ЦСВЯП у експлуатацію заплановано на березень 2020 року. Контрактом на будівництво сховища передбачено постачання компанією Holtec спеціального обладнання для сухого зберігання ВЯП і його транспортування, а також надання Україні технологій для застосування на блоках АЕС, під час перевезення ВЯП з АЕС у



сховище, а також у самому сховищі. До речі, у США проводяться дослідження, які мають підтвердити безпеку зберігання ВЯП у сухому стані до 300 років.

Негативний вплив атомної енергетики на довкілля не обмежується лише радіоактивними викидами. Значної деградації зазнають також розташовані неподалік АЕС водні екосистеми, оскільки ядерні реактори потребують великих обсягів води для охолодження і генерації електроенергії. Станції, що мають градирні (башти для охолодження води), відбирають з водойм у середньому 75 тис л води на хвилину. Реактори без градирень відбирають до 1,9 млн л води на хвилину, а після проходження через систему охолодження реакторів АЕС вода повертається назад у водойму на 5-10°C теплішою, що спричинює пригнічення життєдіяльності гідробіонтів і екосистеми у цілому.



Рис. 23. Централізоване сховище ВЯП у Швейцарії



Рис. 24. Доставка першого контейнеру HI-TRAC на Рівненську АЕС

Отже, атомна енергетика навіть близько не виробляє «чисту» енергію, особливо у тому розумінні, що вкладається у енергію Сонця, вітру, геотермальну тощо. Наслідками негативного впливу атомної енергетики на довкілля є радіоактивні викиди у атмосферу, відчутний «вуглецевий слід», накопичення відходів видобутку і збагачення урану, відпрацьованого ядерного палива, а також використання величезних обсягів води для охолодження і теплове забруднення природних водойм, що загострює проблеми водозабезпечення і глобальної зміни клімату. Нарешті, аварії на об'єктах атомної енергетики, які розпочалися одразу після появи перших ядерних реакторів, призводять до катастрофічних наслідків не лише для навколишнього середовища, але й для багатьох людей на тривалий час.

### *5.1.3 Негативні впливи гідроенергетики*

Порівняно з атомною та іншою традиційною енергетикою, що працює на викопному паливі, низку суттєвих переваг має *гідроенергетика*. Це, зокрема, низька собівартість електроенергії, швидка окупність, високі маневрові потужності, що дуже важливо у періоди пікових навантажень, а також можливість акумулювання енергії. Але спорудження гідроелектростанцій (ГЕС) на річках призводить до багатьох негативних геоecологічних наслідків. Водосховища, необхідні для рівномірної роботи ГЕС, спричинюють зміну клімату на прилеглих територіях. У водосховищах розмножуються синьо-зелені водорості, які погіршують якість води і сприяють деградації екосистем. Порушуються природні місця нересту риби, затоплюються родючі землі, змінюється рівень і гідрологічний режим підземних вод.

Зі спорудженням гребель на річках пов'язані й інші негативні наслідки для природи. Коли течія річки сповільнюється, як це зазвичай відбувається при потраплянні річкових вод у водоймище, завислий осад починає опускатися на дно. Нижче водоймища чиста вода набагато швидше розмиває річкові береги, ніби відновлюючи той обсяг осадів, який був втрачений у водоймищі. Отже, нижче за течією від водоймища посилюються ерозія і абразія берегів. Дно водоймища поступово вкривається шаром осадів, який періодично виступає на поверхню або затопляється знову, коли рівень води падає і піднімається у результаті припливу чи скидання води. З часом осадів накопичується стільки, що вони починають займати значну частину корисного об'єму водосховища. Тоді водоймище, споруджене для збереження запасів води чи контролю за повеннями, поступово втрачає свою ефективність.

Накопичення осадів, що стають видимими лише під час низького стояння води у водоймищі, – не єдина причина негативного ставлення до будівництва гребель. Іншою, важливішою, причиною є затоплення цінних земель, які втрачаються назавжди, після заповнення водосховища. Зникають також тварини і рослини, причому не тільки сухопутні види. У певні періоди часу якість води у водоймищі й відповідно якість води, що випускається з нього, є низькою. Протягом літа й осені нижні шари води у водоймищі бідніють на кисень, що зумовлюється неповним перемішуванням води і бактеріальним розкладом відмерлих рослин у донних шарах, що вимагає великої кількості кисню. Випускання бідної на кисень води з водосховища пригнічує життєдіяльність риб та інших гідробіонтів нижче за течією. Крім цього, риба не може проходити через греблі до

місць своїх звичних нерестовищ, які ще й стають непридатними для нересту внаслідок затоплення. Багато риби і планктону гине у лопатях турбін ГЕС.

Водосховища забруднюються промисловими та іншими стоками, а також добривами і пестицидами, які змиваються з прилеглих полів, тому влітку нерідко «цвітуть», що викликає масову загибель гідробіонтів. Особливо негативні наслідки пов'язані зі створенням каскаду великих водосховищ, як, наприклад, на Дніпрі. Затоплені величезні земельні площі, змінені гідрологічний, гідрохімічний і гідробіологічний режими річки. Змінені також інженерно-геологічні умови прибережних зон, річкові геоекосистеми перетворюються на озерні й озерно-річкові з відповідним уповільненням водообміну і самоочищення води, значними втратами води на випаровування.

Усвідомлення людством непоправної шкоди, нанесеної біосфері загалом і кліматичній системі зокрема, стало своєрідним сигналом про необхідність поступового переходу від нерівноважної паливної енергетики до рівноважної непаливної. Енергетичний дисбаланс планети, яким значною мірою спричинено сучасну енергетичну кризу, стане маркером переходу від традиційної енергетики до нової епохи, що базуватиметься на розподіленій генерації, непаливних джерелах енергії, розумних системах управління і розподілу енергії. Це буде кінець нафтової, вугільної, газової ери тривалістю понад 200 років. За всіма реалістичними сценаріями, до 2030 р. у світовій енергетиці збережеться домінування паливних джерел енергії. Але у довгостроковій перспективі необхідно прийняти невідворотність глибоких зрушень у світовому енергобалансі.

## **5.2 Енергозбереження та енергоефективність**

Оскільки видобуток і спалювання викопного палива для цілей енергетики є найпотужнішим джерелом викидів парникових газів (ПГ), в усьому світі відбувається інтеграція енергетичної і кліматичної політики. Енергозбереження нині є однією з умов сталого розвитку суспільства і одним з важелів необхідного скорочення викидів. Йдеться про розроблення енергосистем, які ефективніше забезпечують такий самий або навіть вищий рівень енергетичних послуг (освітлення, опалення, транспорт) за менших енерговитрат. Можливості енергозбереження широко використовуються у світі: скорочуються витрати автомобільного пального, у виробничий процес залучаються енергоощадні технології, упроваджуються або модернізуються автономні системи опалення і підігріву води, встановлюються прилади обліку теплової і електричної енергії, холодної і гарячої води тощо.

Традиційні електричні лампи розжарювання, коефіцієнт корисної дії (ККД) яких не перевищує 4%, повсюдно замінюються на люмінесцентні, галогенові й світлодіодні лампи. Останні удесятеро ефективніші за лампи розжарювання, а термін їхньої служби триваліший у 25-30 разів. Дуже важливим напрямом енергозбереження є *когенерація* – комбіноване виробництво електричної і теплової енергії. Електрику зазвичай виробляють на електростанціях, де 60-70% енергії палива втрачається у вигляді тепла. На опалення іде додаткове паливо. Когенерація передбачає розміщення електрогенератора разом з його джерелом енергії безпосередньо у кожній будівлі. Якщо при цьому використовувати тепло, яке виділяється у процесі отримання електрики, для опалення та гарячого водопостачання, можна заощаджувати до 30% і більше палива. Отже, когенерація має високу ефективність.

З успішним розвитком газотурбінних і газопоршневих двигунів як приводів електрогенераторів, з'явилася можливість упровадження інших технічних рішень у когенераційних технологіях з коефіцієнтом використання палива 80-90%. Технічні, економічні, екологічні й соціальні переваги когенерації, порівняно з роздільним виробництвом теплової і електричної енергії, очевидні. Крім того, в умовах ринку децентралізація генеруючих станцій збільшує енергетичну безпеку, незалежність регіонів і окремих підприємств, посилює конкурентні відносини у енергетиці.

Найвищу ефективність перетворення енергії палива на електричну мають *когенераційні установки на базі газопоршневих двигунів*. Наприклад, для сучасних установок виробництва General Electric Jenbacher (світовий лідер у виробництві газопоршневих двигунів і електростанцій), електричний ККД становить 43%, а з урахуванням утилізації тепла коефіцієнт використання палива досягає 90%. Це дає змогу мати мінімальну паливну складову в собівартості виробленої електроенергії і, відповідно, кінцевої продукції.

У когенераційних установках енергія палива на вході перетворюється на механічну енергію за допомогою спалювання газу в циліндрах двигуна. Ця механічна енергія, своєю чергою, передається у генератор для виробництва електроенергії (Рис. 25). Теплова енергія отримується за рахунок утилізації теплових втрат (утилізація тепла охолоджуваної рідини, мастила, газоповітряної суміші) первинного приводного двигуна. Теплову енергію використовують для виробництва гарячої води, пари, у холодильних установках. Перевагами когенераційних установок є дешевша електрична і теплова енергія порівняно з тією, що ку-



сягнення певного результату, наприклад, опалення будинку з використанням меншої кількості енергії, ніж потрібно зазвичай. Будівля, яка споживає менше енергії для забезпечення умов більшого комфорту, є більш енергоефективною. Енергоефективні пристрої – це такі системи подачі тепла, вентиляції, електроенергії, які можна налаштувати вмикатися при перебуванні людини у приміщенні та вимикатися за її відсутності.

Наприклад, менше користуватися авто є проявом енергозбереження, а використання авто з меншою витратою палива – це енергоефективність. Відключення електроприладів замість їхнього залишання у режимі очікування – це також енергозбереження. Енергозбереження головним чином направлене на зменшення споживання енергії, а енергоефективність – це корисна, ефективна витрата енергії. Але і енергозбереження, і енергоефективність є засобами зменшення використання енергії. Сучасні тенденції у сфері енергоефективності мають сприяти підвищенню енергетичної безпеки, зменшенню обсягів добування первинних енергоресурсів, подоланню залежності від їхньої вичерпаності.

### ***5.2.1 Енергетичні «революції» у різних країнах світу***

Існує залежність між послідовним проведенням політики підвищення енергоефективності у всіх сферах національного господарства та збереженням безпечного екологічного стану природного середовища. Ефективне енергоспоживання зменшить загальне використання енергоресурсів, що, відповідно, призведе до зменшення забруднення навколишнього середовища. Поліпшенню стану довкілля також сприятимуть упровадження енергоефективних технологій і обладнання, побутових енергетичних пристроїв; використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії, альтернативних видів палива, що забезпечать економію або заміщення енергоресурсів, технології видобутку, виробництво і використання яких є екологічно неприйнятними.

Тому планування і здійснення політики енергозбереження та підвищення енергоефективності виробництва потребує поєднання цих питань з екологічними проблемами у єдину державну політику розвитку держави. Енергозберігаючі заходи повинні мати позитивний вплив на довкілля і, навпаки, при оцінці витрат на зменшення шкідливих викидів необхідно враховувати економічні вигоди від енергозбереження, тобто окупність цих витрат. Енергозбереження і енергоефективність є важливою умовою енергетичної незалежності та екологічної

безпеки держав. Безперечно, кожна країна обирає свій унікальний шлях, з огляду на власні ресурси та історичний досвід.

Наприклад, економічне зростання *США* у післявоєнний період вивело країну в лідери світового розвитку, але водночас потребувало споживання колосальної кількості енергоресурсів. Це призвело до того, що нині на американський внутрішній ринок припадає споживання близько  $\frac{1}{5}$  від усієї світової енергії. І якщо донедавна Штати були вимушені імпортувати енергоносії (переважно нафту), то зараз, завдяки розвитку технологій, США перетворилися на впливових експортерів. Сполучені Штати лідирують у технологіях розвідки та видобутку вуглеводнів, особливо у сланцевих пластах і ультра-глибоководних запасах. Важливим кроком, який не тільки змінив енергетичну політику США, але й вплинув на міжнародний ринок, стало практичне скасування на початку 2018 року 40-річного ембарго на імпорт сирової нафти. Атомна енергетика забезпечує близько 20% загальнонаціональної електроенергії, яку виробляють 99 ядерних реакторів у 31 штаті країни.

За оцінками ІЕА, енергетична галузь США до 2035 року потребуватиме близько \$7 трлн інвестицій. Додатковим стимулом для подальшого розвитку є прогнозоване збільшення глобального попиту на енергію до 2030 року на 35% порівняно з рівнем 2005 року. Крім цього, США приділяють все більше уваги екологічним аспектам і запобіганню глобальному потеплінню. А це сприяє розвитку поновлювальної енергетики, що вже створило відчутну світову конкуренцію у всіх технологічних підгалузях, включаючи вітряну, сонячну, геотермальну енергію, гідроелектростанції, а також сектори біоенергетики.

*Канада* посідає п'яте місце у світі за кількістю виробленої енергії, продукуючи близько 6% від її світового виробництва. Найбільше електроенергії (63,7%) виробляється на ГЕС, 15% – на АЕС. При цьому за обсягом електроенергії, виробленої на ГЕС, Канада поступається лише Китаю. Федеративний державний устрій і величезний розмір країни створюють дуже різноманітну картину енергоринку. Кожен з 13 регіонів має унікальне право регулювання цього ринку, а споживання енергії на одиницю населення у Канаді одне з найвищих у світі. Хоча Канада загалом дуже багата енергетичними ресурсами, територією країни вони розподілені нерівномірно, тому деякі провінції експортують енергію, інші імпортують. Канада є найбільшим постачальником енергії для США.

Однією з найбагатших на високоякісні енергетичні ресурси країн у світі є *Австралія*. Зокрема, ресурси урану становлять 38% від загального обсягу світо-

вих запасів, бурого вугілля – 24%, також розвідана значна кількість покладів кам'яного вугілля і природного газу високої якості. Австралійська атомна енергетика у процесі створення. Очікується, що інші країни платитимуть високу ціну за захоронення своїх ядерних відходів на австралійській території, а відтак ці кошти можуть бути залучені на упровадження нових технологій і використання ВДЕ. Австралія є одним з найбільших експортерів скрапленого газу, поступаючись у обсягах експорту зрідженого природного газу (ЗПГ) лише Катару. За прогнозами, до 2020 року обсяги австралійського експорту ЗПГ зростуть утричі й становитимуть близько 75 млн т. Нині у країні діють три виробництва ЗПГ загальною потужністю 24 млн т щороку, будуються ще сім виробництв загальною потужністю 61 млн т на рік.

*Німеччина* останніми роками у своїй енергетичній політиці керується концепцією «енергетичного повороту» (Energiewende), який передбачає поступову відмову від вуглеводневої і атомної енергетики та перехід на відновлювані джерела, а також енергозбереження. Основними цілями реалізації такої політики є боротьба зі зміною клімату, зниження залежності від імпорту енергоносіїв (Німеччина не має нафти і газу, але володіє великими запасами вугілля), стимулювання розвитку технологічних інновацій і «зеленої економіки», зменшення ризиків використання атомної енергії, боротьба з монополіями у енергетичному секторі. У 2010 р. федеральний уряд прийняв першу масштабну енергетичну концепцію, де сформульовано цілі аж до 2050 року.

До 2022 року Німеччина має намір повністю зупинити роботу всіх АЕС, до 2025 року – збільшити частку електроенергії з ВДЕ до 40-45%, а до 2050 – до 80%. На заходи з енергозбереження у 2017 році було витрачено €6,5 млрд. При цьому вдалося знизити обсяги імпорту викопного палива і заощадити порівняно з 2013 роком €9,1 млрд. У 1990-х роках Німеччина мала одну з найдорожчих у Європі електричну енергію, але останніми роками ціна зменшилася майже на третину. «Енергетичний поворот» передбачає масштабні зміни – наприклад, нові будинки споруджуються виключно енергозберігаючими, а придбання німцями електромобілів субсидує уряд.

*Франція*, оскільки не має достатніх власних енергетичних природних ресурсів, активно розвиває атомну енергетику, яка виробляє 76,9% електроенергії. В країні працюють 19 АЕС сумарною потужністю 63,2 ГВт. Франція є найбільшим у світі експортером електроенергії, що володіє технологіями з виробництва реакторів і утилізації палива. Однак, Національною екологічною програ-



мою переходу на відновлювальні джерела енергії передбачено зупинити 14 ядерних реакторів до 2035 року. Серед станцій, які буде закрито, АЕС Фессенхайм неподалік кордону з Німеччиною – найстаріша, яка працює з 1977 року. Її планують закрити влітку 2020 р.

Дві третини забезпечення енергетичного балансу *Бельгії* становлять нафта і природний газ, решта – вугілля і атомна енергетика. Нафта, переважно імпортована з країн Близького Сходу, забезпечує 35% енергопостачання. Природний газ із Нідерландів і Алжиру покриває 25% потреб; до 18% припадає на кам'яне вугілля із США та ПАР. Особливістю енергетичного сектору Бельгії є наявність лічильників (калориметрів) на кожному радіаторі (батареї опалення) у оселях громадян. Тобто споживач самостійно визначає свої витрати за опалення, споживання електричної енергії і газу. При цьому в країні немає центрального тепlopостачання, а кожен будинок має свій індивідуальний котел, що забезпечує справедливе і ощадливе постачання тепла.

Більше половини енергії, яку споживають у *Нідерландах*, припадає на природний газ. Практично всі потреби до останнього часу покривалися власними ресурсами – на території Нідерландів, у провінції Гронінген, розташоване найбільше у Західній Європі газове родовище. Однак з 2014 року видобуток газу на родовищі Гронінген зменшується через регулярні землетруси, які пов'язують саме з газовидобувними роботами. Наприклад, два останні землетруси магнітудою 2 та 3,4 бали сталися у січні й лютому 2018 року. Нідерландська влада прийняла рішення шукати альтернативу – з одного боку, імпортувати газ, з іншого – переорієнтовувати економіку на відновлювані джерела, перехід на які є пріоритетом.

Нідерландський енергоринок дуже ліберальний: з 2004 року користувачі самі обирають постачальника енергетичних послуг і, у разі необхідності, легко його змінюють. За даними нідерландської спілки споживачів (The Netherlands Authority for Consumers and Markets), на ринку працює близько 50 компаній-постачальників, і з 2004 року близько половини нідерландських домогосподарств хоча б раз змінювали компанію-постачальника. За статистикою, близько 90% усіх домогосподарств у Нідерландах обладнано індивідуальними системами опалення. Якщо ж будинок підключено до загальної системи опалення, уряд бере на себе контроль за тарифами, і вони формуються таким чином, щоб користувачі централізованої системи опалення не платили більше, аніж ті, хто користується автономними системами опалення.

Над енергетичною незалежністю упродовж останніх років серйозно працює *Польща*, де диверсифікація джерел енергопостачання стала одним з основних елементів національної безпеки країни. Вироблення електроенергії у Польщі забезпечується електростанціями, які працюють на власному вугіллі. Утім, до 2035 року планується збудувати дві атомні електростанції. Попри те, що держава має контрольні пакети акцій у більшості енергетичних компаній, їхній менеджмент має широку свободу дій, і держава намагається не втручатися у їхню діяльність. Лише у одному випадку польська держава є безкомпромісною: діяльність цих компаній не має суперечити інтересам країни.

Основою паливно-енергетичного комплексу *Естонії* є видобуток і використання горючих сланців, родовища яких на північному сході країни найбільші у Європі. Негативним наслідком масштабного використання горючих сланців є високий рівень викидів CO<sub>2</sub> на душу населення. Для поліпшення ситуації у Естонії намагаються збільшити використання відновлюваних джерел енергії, передусім вітру. Окрім того, за роки незалежності значно знижено енергоемність ВВП. Естонія також проводить заготівлю торфу і виробляє паливо на його основі. Але будівництво нових заводів з виробництва біопалива гальмується через брак сировини. Тому ставлення естонців до енергоресурсів зводиться до енергозбереження і енергоефективності.

Подібно Естонії, *Латвія* також має власне джерело енергії – каскад гідроелектростанцій на річці Даугаві, що дає до половини необхідної країні електроенергії. Решта енергоресурсів імпортується. З 2015 року всі латвійські домогосподарства купують електроенергію на вільному ринку, де тарифи для споживачів залежать тільки від конкуренції між постачальниками. Латвія має промислові запаси торфу і деревини. Після вступу в Євросоюз країна енергійніше реалізує різні проекти у «зеленій» енергетиці – сонячній і вітровій.

Отже, нині у багатьох країнах сформувалися передумови справжньої енергетичної революції. Перехід до нової енергетики передбачає цілу низку напрямків – енергозбереження за новими принципами організації енергосистем, енергоефективність у широкому сенсі, «розумні» мережі з орієнтацією на клієнта, відновлювана енергетика тощо. Кожен з цих напрямків є окремою сферою господарства, і кожен демонструє стійкі темпи зростання.

Нова енергетика передбачає радикальне підвищення енергоефективності, що стане ключовим критерієм енергетичного розвитку. Має бути створений потужний сектор сервісних послуг щодо управління енергозбереженням та його

оптимізації, який стане основою для підвищення енергоефективності. При цьому енергоефективність слід розуміти не лише як зниження споживання фізичної енергії на одиницю отримуваної продукції, але й як зростання сукупного енергетичного потенціалу суспільства, включаючи природний, фізичний, соціальний і людський капітал. Нова енергетика також передбачає диверсифікацію джерел енергії і технологій. Зокрема, сформуються конкурентоспроможні альтернативи моторному паливу на транспорті, які займуть вагому частку ринку і приведуть до поступового завершення нафтової епохи. Найбільш перспективними у цій сфері є гібридні авто і електромобілі.

Нарешті, нова енергетика націлена на екологічну безпеку і екологічну ефективність системи «природа – суспільство – людина». Це стосується як глобальних екологічних проблем (зниження викидів CO<sub>2</sub> і пом'якшення змін клімату), так і окремих проблем (локальне забруднення повітря, вод, ґрунту, радіаційна безпека тощо). Нова енергетика спиратиметься на неуглецеві джерела енергії та швидкий прогрес технологій відновлюваної енергетики. Головним напрямом пошуку нових енергетичних технологій стане децентралізоване отримання електроенергії.

### **5.3 Відновлювана енергетика як шлях подолання енергетичної кризи**

*Тільки наше невігластво змушує нас користуватися викопним паливом.*

К.Е. Ціолковський, 1928 р.

Глобальна енергетична система швидко трансформується – відновлювальні джерела енергії вже перестають бути альтернативними. Вони більше не привілей розвинених країн: у 2015 році, вперше за всю історію, країни, що розвиваються, витратили на упровадження ВДЕ більше за розвинені. Розвиток суспільства потребує ліквідації залежності від викопного палива, тому початок III тисячоліття характеризується інтенсивним ростом обсягів використання ВДЕ. Виходячи з цілей сталого розвитку до 2030 року і Паризької кліматичної угоди, країни, міста і корпорації в усьому світі продовжують розвивати ВДЕ.

Стаття 2 Директиви Європарламенту та Ради ЄС 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 року про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел, містить таке визначення: «енергія, вироблена з відновлюваних джерел, означає енергію, вироблену з невикопних відновлюваних джерел, зокрема: енергію вітру, сонячну, аеротермічну, геотермічну, гідротермічну, морську та гід-

роелектричну, біомаси, газ від захоронення відходів, газ зі станцій очищення стічних вод та біогаз».

Згідно з Директивою ЄС 2009/28/ЄС, до 2020 р. частка ВДЕ у країнах-членах ЄС має становити 20% від загального обсягу. Деякі країни вже досягли значних успіхів. У Німеччині, наприклад, це понад 20%, і у планах уряду довести частку ВДЕ до 80% до 2050 р. Світовий попит на ВДЕ стрімко зростає, і за прогнозами ООН, до середини нинішнього століття їхня частка у глобальному енергетичному балансі становитиме 35-40%. Китай планує до 2030 р. довести частку енергії, вироблюваної з ВДЕ, до 20%, а до 2050 р. – до 43%.

Неминучий розвиток і упровадження ВДЕ зумовлені насамперед такими чинниками:

- ☞ Під впливом енергетичних криз, які охопили світ у 70-х роках ХХ ст., було зроблено вкрай песимістичні прогнози щодо можливостей використання традиційних видів палива у довгостроковій перспективі та значного зростання цін на нього навіть у короткостроковій перспективі.
- ☞ Водночас забруднення навколишнього середовища забезпечило значну підтримку розвитку екологічно чистих технологій виробництва енергії.
- ☞ Із середини 80-х рр. ХХ ст. було остаточно усвідомлено, що неконтрольоване зростання викидів парникових газів може призвести до екологічної катастрофи планетарного масштабу.

У різних країнах розвиток технологій виробництва енергії на базі ВДЕ відбувається по-різному, з огляду на економічні можливості та геоекологічну ситуацію. Згідно даних Міжнародного агентства відновлюваної енергетики (International Renewable Energy Agency, IRENA), Індія чотирма роками раніше наміченої на 2022 рік мети досягла встановлення сукупних сонячних потужностей 20 ГВт станом на початок 2018 року. Серед них 18,4 ГВт – це комунальні кумулятивні установки, а 1,6 ГВт – сонячні батареї на дахах будинків. Такий прорив зумовив нову мету – збільшити потужності сонячної енергетики Індії до 100 ГВт до 2022 року.

Починаючи з 2015 року, кількість міст, які використовують не менше 70% електроенергії з ВДЕ від загального обсягу поставок, зросла більш ніж удвічі. У 2015 році таких міст було 42, а у 2017 р. – вже 101. При цьому 43 міста у всьому світі повністю функціонували на чистій енергії, з яких переважна більшість (30 міст) – у Латинській Америці. Зокрема, столиця Ісландії Рейк'явік отримує всю електрику з гідро- і геотермальної енергії (Рис. 26).

Американські технологічні гіганти визначають світові тенденції у сфері, а два найбільших виробника технологій – Apple і Google – у 2017 році досягли 100% корпоративних закупок енергії з ВДЕ. Поставки відновлюваної енергії Google розпочалися з першого корпоративного вітроенергетичного контракту в 2010 р., зросли з 44% від загального обсягу поставок у 2015 р. до 57% у 2016 р. і досягли 100% у 2017 р. Слідом за Google, компанія Apple оголосила усі свої потужності у 43 країнах – роздрібні магазини, офіси, центри обробки даних – 100% працюючими за рахунок ВДЕ (Рис. 27). Як і в Google, обсяги відновлюваної енергії Apple швидко зросли з 16% у 2010 р. до 96% у 2016 р., а з 2014 р. центри обробки даних були на 100% забезпечені чистою енергією.



Рис. 26. Геотермальна станція Nesjavellir в Ісландії



Рис. 27. Сонячна установка на даху нової штаб-квартири Apple

Більше 130 найбільших компаній світу, зокрема General Motors, ІКЕА, NIKE та інші, взяли на себе зобов'язання на 100% використовувати відновлювану енергію у рамках ініціативи RE100. Ця глобальна ініціатива об'єднує більше 100 впливових компаній – прибічників 100% відновлюваної електрики. RE100 представлена Кліматичною групою (The Climate Group) у партнерстві з CDP. The Climate Group – міжнародна некомерційна організація, заснована 2004 року, що об'єднує бізнес і уряди для прийняття інноваційних рішень у сфері запобігання глобальним змінам клімату. CDP (The Carbon Disclosure Project) – неприбуткова організація, яка керує глобальною системою розкриття інформації щодо даних про викиди парникових газів. За даними IRENA, компанії комерційного і промислового секторів споживають дві третини світової електроенергії. Переключення цього попиту на ВДЕ прискорить трансформацію світового енергетичного ринку і сприятиме переходу до низьковуглецевої економіки.

Загальна потужність відновлюваної енергетики у світі за 2018 рік збільшилася на 171 ГВт (+7,9% порівняно з 2017 роком) та сягнула 2351 ГВт – близько третини всієї встановленої електричної потужності. Тенденція збільшення обсягів виробництва енергії з ВДЕ триватиме й надалі. За прогнозами, до 2035 року відновлювана енергія становитиме більше половини всієї виробленої електроенергії, оскільки її вартість впаде нижче вартості енергії, виробленої з вугілля чи природного газу.

### **5.3.1 Сонячна енергетика**

*Оскільки ми зараз вичерпуємо газ і нафту, потрібно швидко підготуватися до суворого енергозбереження і використання поновлюваних джерел, таких як сонячна енергія.*

Джиммі Картер, 39-й Президент США (1977)

Сонячна енергія є величезним ресурсом, що може використовуватися для будь-яких потреб, включаючи електроенергію, опалення і охолодження, нагрів води, приготування їжі, транспортування і навіть очищення довкілля. Тобто ця найвища форма енергії може бути перетворена на багато інших форм для повсякденного використання. Кінетична енергія випромінювання (передусім світла) утворюється в результаті термоядерних реакцій у надрах Сонця. У середньому, щодня кожен квадратний метр земної поверхні отримує 4,2 кВт\*год енергії. Інтенсивність сонячного випромінювання, яке досягає Землі, залежить від багатьох факторів, передусім, від географічної широти місцевості. Найбільша вона на екваторі (до 2300 кВт\*год/м<sup>2</sup> на рік), а на широті України коливається від 1070 кВт\*год/м<sup>2</sup> на півночі до 1400 кВт\*год/м<sup>2</sup> – на півдні. Значну частину сонячної енергії розсіює або поглинає атмосфера, особливо хмари, і лише третина її досягає земній поверхні.

Перетворення сонячної енергії на електроенергію може відбуватися безпосередньо, з використанням фотовольтаїки, або опосередковано, з використанням систем концентрованої сонячної енергії, у яких лінзи і дзеркала збирають сонячне світло з великої площі у тонкий промінь, а механізм стеження відслідковує положення Сонця. Фотовольтаїка перетворює світло на електричний струм за допомогою фотоефекту. Фотоелектрична система використовує PV панелі сонячних батарей, що складаються з множини сонячних елементів для отримання корисної електроенергії.

Вартість сонячних батарей швидко зменшується: у 1970 році 1 кВт-год. електроенергії коштувала \$60, у 1980 році – \$1, нині – 20-30 центів. Завдяки цьому попит на сонячні батареї зростає на 25% щороку. ККД сонячних батарей, тобто скільки сонячної енергії, що потрапила на поверхню сонячної панелі, було перетворено на електричний струм, багато у чому визначається технологією виготовлення і якістю використовуваного напівпровідника. Найбільший ККД мають монокристалічні сонячні панелі – 20-22%, полікристалічні – близько 15-18%, а найменше – гнучкі аморфні (залежно від напівпровідника, показник може коливатися від 7 до 15%). Максимальний ККД сонячних батарей, у яких для генерації струму використовується кремній, за ідеальних умов не може бути більше 29,5%.

На ККД сонячних батарей впливають деякі зовнішні чинники. Зокрема, неабияке значення має орієнтація – максимальна ефективність генерації досягається за умови, що сонячні промені падають суворо перпендикулярно до поверхні сонячної батареї. Для цього використовують динамічні трекери, які постійно регулюють положення площини сонячної батареї у просторі з урахуванням руху Сонця. Трекери враховують зміну положення Сонця протягом дня і у різні сезони року. Такі системи значно дорожчі й складніші в експлуатації, але дозволяють підвищити генерацію на 30-45% порівняно зі стаціонарними сонячними батареями. Для отримання максимального ККД сонячної батареї, встановленої на стаціонарному кріпленні, її необхідно орієнтувати на південь, з кутом нахилу влітку – 30-40°, взимку – близько 70°.

На ККД сонячних батарей також впливає запиленість – чим сильніше забруднена поверхня сонячної батареї, тим менше сонячних променів надходить на поверхню напівпровідника. До зниження генерації струму призводить потрапляння тіні на поверхню сонячної батареї. Чим більше затінена сонячна батарея, тим менше вона буде виробляти електрики, а іноді тінь може заблокувати вироблення струму на всій панелі. Тому перед монтажем сонячної електростанції необхідно провести 3D-моделювання місцевості, щоб оцінити, як зовнішні споруди і дерева можуть створювати тінь. Продуктивність сонячної батареї значно знижується при нагріванні її поверхні. Отже, перед монтажем слід передбачити можливість природної вентиляції панелей, особливо тильної частини. Менш схильні до впливу температури сонячні панелі з подвійним склінням (Double Glass модулі), у яких задня і передня стінки – скляні. ККД таких сонячних батарей вище, ніж у звичайних панелей.

Для виробництва концентрованої сонячної енергії (Concentrated Solar Power, CSP) використовують дзеркала, які концентрують сонячне випромінювання на приймачі. Той збирає і передає сонячну енергію до теплопровідної рідини, що може застосовуватися як для кінцевого використання, так і для генерування електричної енергії за допомогою звичайних парових турбін. Великі підприємства можуть бути оснащені системами акумулювання тепла для постачання теплової енергії споживачам і генерування електричної енергії уночі або у похмуру погоду. Наприклад, технологія CSP успішно використовується у північноєвропейській країні Данії, яка має справжній дефіцит сонячного світла – там Сонце світить щороку в середньому 1540 годин, тобто лише одну п'яту частину року. Технологія CSP здатна підтримувати виробництво практично будь-якої енергії – тепла, електрики, охолодження, технологічної пари чи навіть опріснення води.

Навесні 2017 року в містечку Брондерслев (Brønderslev) на півночі Данії запрацювала унікальна концентрована сонячна енергетична система. Новаторська система, розроблена данською енергетичною компанією Aalborg CSP, є першою у світі, що інтегрує концентровану сонячну енергію і котел на біомасі, а також використовує органічний цикл Ренкіна<sup>13</sup> для перетворення енергії на центральне опалення і електрику. 40 рядів 125-метрових U-подібних вигнутих дзеркал (Рис. 28) акумулюють сонячні промені й відбивають їх на приймальну трубу, всередині якої рухається термомасило, що нагрівається до температури 330°C. Висока температура може приводити в дію турбіну для вироблення електрики, але гнучкість системи дозволяє також виробляти нижчі температури для цілей централізованого тепlopостачання. Сонячна система опалення може таким чином чергувати подачу тепла і електроенергії або виробляти виключно тепло. У сонячні дні потужність системи може досягати 16,6 МВт.

Сонячна енергія може використовуватися для одержання побутового тепла. У домашньому господарстві на нагрів води витрачається від третини до половини всієї споживаної енергії. Добре спроектований будинок із сонячною опалювальною системою дозволяє зекономити до 75% витрат на обігрів і гаряче водopостачання практично у будь-яких кліматичних умовах. Проекти соняч-

---

<sup>13</sup> Органічний цикл Ренкіна (Organic Rankine cycle, ORC) розробив шотландський фізик Вільям Ренкін (William Rankine) (1820-1872) для перетворення теплової енергії на механічну і електричну за допомогою генератора.



них будинків вже реалізовано у багатьох країнах, де використовується сонячне проміння, що падає на дах і стіни будинку, вкриті спеціальними колекторами тепла. Для зберігання тепла, зокрема на зимовий період, ніч і хмарні дні, частина тепла відводиться у спеціальні резервуари, заповнені щебнем. Акумулязоване тепло використовується тоді, коли у ньому виникає потреба. Влітку сонячна система такого будинку може застосовуватися і для кондиціонування повітря з метою охолодження приміщень. Вдень колектори відключаються, а вночі працюють, охолоджуючи щебінь у резервуарах нічним прохолодним повітрям. Потім, протягом дня, охолоджений щебінь забирає тепло з приміщень.



Рис. 28. Теплоцентраль Brønderslev Forsyning (Данія): зліва – панорама; праворуч – U-подібні акумулятори сонячних променів

Сонячні колектори можуть застосовуватися для приготування їжі у побутових геліоустановках – т. зв. «сонячних кухнях», для розповсюдження яких створена міжнародна мережа сонячної кулінарії SCInet (Solar Cookers International). Партнери SCInet діють як неприбуткові організації для покращення життя бідних людей і запобігання деградації природного середовища (зменшення викидів ПГ, неконтрольованого вирубування лісів). Сонячні кухні можуть мати різні конструкції, але принцип їхньої роботи один і той самий. Контейнер з їжею усередині сонячної плити розташовується під прямими сонячними променями (Рис. 29). Диск збирає сонячні промені та фокусує їх на дні посуду. За допомогою невеликої сонячної панелі можна розплавити масло за 15 хвилин, спекти печиво за 2 години і приготувати рис для чотирьох осіб за 4 години.

Постійно зростає попит на енергію для кондиціонування і охолодження. Існують три основні методи активного охолодження. По-перше, це викорис-

тання стандартних електричних компресорів; по-друге, використання кондиціонерів, що приводяться в дію за допомогою теплової енергії; по-третє, це можливість охолодження повітря з використанням пари. Усі системи можуть працювати на сонячній енергії, а їхньою безперечною перевагою є використання абсолютно безпечних робочих рідин: простої води, сольового розчину або аміаку. Можливо застосування цієї технології не лише для кондиціювання повітря, але й для зберігання продовольчих продуктів тощо.



Рис. 29. Різні конструкції сонячних печей

У багатьох країнах власники будинків, що вирішили витратитися на обладнання житлових чи офісних приміщень сонячними колекторами і батареями, користуються певними привілеями. Тобто держава компенсує їм частину витрачених коштів, вони отримують особливі податкові пільги, а також доступ до спеціальних пільгових кредитів і безпроцентних позик. Їх навчають користуванню такою домашньою енергосистемою, а для компаній, що займаються виробництвом, продажом і установкою «сонячної» техніки, проводять безкоштовні маркетингові дослідження. Зокрема, у Німеччині держава не лише компенсує до 70% витрат на «соляризацію» будинків, але й купує у їхніх власників електроенергію за цінами, набагато вищими за ринкові. Завдяки цій програмі у країні мостять сонячними елементами по 0,5 млн м<sup>2</sup> дахів щороку.

У Швеції з 2015 року впроваджуються заходи щодо підтримки інвесторів сонячної енергетики. Підприємствам, що встановлюють сонячні батареї, уряд компенсує 30% витрат. А з 2018 року всім, хто має намір встановити сонячні батареї, з бюджету країни компенсуватимуть 30% витрат, незалежно від того, чи це приватні особи, чи підприємства. До 2020 року на реалізацію цієї програ-

ми планується виділити до €90 млн. Каліфорнія має намір стати першим штатом США, який зробить установку сонячних батарей обов'язковою для більшості новобудов. За новими енергетичними стандартами, з 2020 року практично усі нові будинки більше трьох поверхів має бути облаштовано сонячними панелями.

Сонячні фотоелементи і колектори належать до активних сонячних систем. Іншим способом використання енергії Сонця є створення *пасивних сонячних систем*, тобто енергетичних систем, у яких процеси приймання, накопичення і використання сонячної енергії для опалення здійснюються природним шляхом у архітектурно-будівельних елементах будівлі. Пасивні системи вимагають незначного додаткового устаткування і тому є економнішими, хоча і недостатньо продуктивними. Застосування пасивних систем опалення дає економію приблизно 30-40% від загальних витрат тепла на традиційне опалення, але вони залежать від погодних умов. У пасивних системах будівельні елементи нагріваються за рахунок теплоти від прямої сонячної радіації, а сонячне тепло акумулюється у конструкціях будівель природним способом – через вікна, звернені на південь. Для оптимального використання сонячного опалення будівлі мають задовольняти таким основним вимогам:

- ☞ виконувати функцію сонячного колектору, тобто впускати сонячні промені, коли потрібне тепло і перешкоджати їхньому проникненню, коли такої потреби немає.
- ☞ бути сонячним акумулятором, зберігати тепло, щоб його можна було використовувати у той час, коли Сонце не світить, а також зберігати прохолоду під час спеки.
- ☞ ефективно використовувати тепло або прохолоду і втрачати їх дуже повільно – за рахунок ізоляції, зменшення інфільтрації повітря і влаштування віконниць.

У пасивній сонячній системі сама конструкція будівлі виконує роль колектора сонячної радіації; тепло зберігається завдяки стінам, стелям або підлозі. Є також системи, де передбачені спеціальні елементи для накопичення тепла, вмонтовані у конструкцію будівлі (наприклад, ящики з камінням або заповнені водою баки). У регіонах з довготривалою хмарною погодою і недостатньою кількістю сонячних днів для повноцінного пасивного опалення будівель доцільно комбінувати пасивне сонячне опалення з традиційним опаленням. Це дозволяє заощаджувати традиційні енергоресурси під час сонячної погоди. Найбільш пе-

рспективним варіантом використання сонячної енергії для теплопостачання будинків та інших невеликих об'єктів є комбінація сонячних колекторів, бака-акумулятора, одного або декількох опалювальних котлів (Рис. 30). Таке поєднання забезпечує комфортні умови з найменшими витратами традиційних енергоносіїв.



Рис. 30. Комфортні пасивні будинки

Сонячна енергія використовується і на транспорті – для живлення автомобілів, невеликих суден і навіть літаків. Перший автомобіль на сонячних батареях було представлено у 1955 р. на Чиказькій виставці автомобільної техніки компанії General Motors. Рушійною силою його двигуна служили трохи більше десяти селенових сонячних батарей, розташованих на даху транспортного засобу. Компанія тоді фінансувала дослідження, які обіцяли великий стрибок у розвитку автомобілів на сонячних батареях. Однак дослідження незабаром були згорнуті, а їхні результати забуті майже на тридцять років. І лише на початку 1990-х років, коли ККД сонячної панелі піднявся до 15%, розпочався справжній бум винаходів сонцемобілів.

Нині виробництво сонячних електрокарів зосереджує останні технічні винаходи у матеріалознавстві. Адже невисоку ефективність панелей необхідно компенсувати низькими механічними втратами і невеликою вагою самої техніки. Спеціально розроблено легкі електродвигуни постійного струму безколекторного типу з полюсами з рідкоземельних магнітних матеріалів. Винайдено настільки тонкі сонячні батареї, якими можна обладнати не тільки дах, але й будь-яку поверхню автомобіля, тим самим збільшивши загальну площу поглинання світлової енергії. Останнім часом сонячні панелі застосовують для живлення систем мікроклімату, мультимедійних систем і систем підзарядки автомобільних акумуляторів на стоянках.



Автомобілі на сонячних батареях мають безліч позитивних якостей, зокрема значний робочий ресурс сонячної панелі, відсутність шкідливих викидів, безоплатність енергії. Сонцемобілі нині присутні у програмі практично кожного великого автомобільного концерну, які й фінансують наукові розробки у цій сфері. Наприклад, німецька компанія Sono Motors планує у другій половині 2019 року розпочати серійний випуск свого автомобіля на сонячних панелях, який заряджається під час руху. Sion – повністю електричний автомобіль, у який вбудовано сонячні елементи, а заряджатися він може від сонячної енергії або від звичайних джерел живлення (Рис. 31). Sion матиме 330 сонячних елементів, закріплених на даху, капоті й боках автомобіля, а його акумуляторна система може забезпечити запас ходу близько 250 км. Приладна панель оснащена мохом для фільтрації повітря і регулювання вологості у салоні. Новинка розганяється до 100 км за 9 секунд, досягаючи максимальної швидкості 140 км/год.



Рис. 31. Сонячний електромобіль Sono Sion

Перший у світі вантажний корабель на сонячних батареях був спущений на воду в порту японського міста Кобе на заході Японії у 2008 р. Він призначений для транспортування автомобілів, і у базовій конфігурації судно може за раз перевезти 6 400 легкових автомобілів. Для генерації достатньої кількості електроенергії, яка запускає гвинти, корабель був оснащений 320 великими сонячними панелями. Першим комерційним клієнтом, який зафрахтував корабель, стала Toyota Motor, найбільший японський виробник автомобілів.

Першим у світі судном, що здійснило навколосвітню подорож, використовуючи лише сонячну енергію, був найбільший у світі човен на сонячних батареях «Turanor Planet Solar». Човен вміщує до 50 пасажирів і працює від 537 м<sup>2</sup> сонячних панелей. Плавання відбулося у 2011-12 рр. і тривало 584 дні; за цей

час човен побував у Майамі, Канкуні, Брісбені, Сінгапурі, Гонконгу і Абу-Дабі. Подорож стала унікальною, оскільки команда «Turanor Planet Solar» першою здійснила навколосвітню мандрівку на човні, який живиться виключно завдяки сонячним панелям.

Літак на сонячних батареях «Солар Імпульс-2» здійснив навколосвітню подорож, яка розпочалася 9 березня 2015 року. Після вильоту з ОАЕ він встиг відвідати Оман, Індію, Китай і Японію, після чого відправився на Гаваї. Там літаку довелося затриматися на цілих 9 місяців у зв'язку з технічними неполадками. Подорож «Solar Impulse-2» продовжилася у квітні наступного року, а 26 липня 2016 р. літальний апарат приземлився в Абу-Дабі, пролетівши 40 тис км навколо Землі. Тим самим був встановлений новий світовий рекорд за тривалістю польоту на сонячній енергії – літак став першим повітряним судном, що облетіло навколо Землі, не використовуючи паливо.

Згідно глобальних даних Wood Mackenzie Power & Renewables, ціни на фотоелектричні установки знижуються, а пропускна здатність зростає по всьому світу. Ймовірно, протягом наступних років у світі буде встановлено більше 1 ТВт сонячних потужностей (Рис. 32). Отже, світовий ринок стає різноманітнішим. Причина зростання потужностей доволі проста: ціни конкурентні та падають. Все більше країн упроваджують системи аукціонів, і масштабні сонячні фотоелектричні системи виграють багато заявок.

За останні десять років сонячні панелі зазнали безліч новацій у їхніх конструкціях, що дозволило скоротити витрати і модернізувати процес установки. Сучасні панелі й матеріали для монтажу потребують мінімальної проводки, вони легші й простіші в управлінні, завдяки чому більшість установок може бути виконано за один день. Загалом, найбільшим досягненням у сфері сонячної енергетики є різке зниження вартості виробництва сонячних панелей. За даними IEA, вироблення сонячної фотоелектричної енергії у 2018 році збільшилося на 31%, що стало найбільшим абсолютним зростанням (+136 ТВт-год) серед всіх поновлюваних технологій. Тепер сонячна енергія може використовуватися для одержання побутового тепла, для приготування їжі у побутових геліоустановках, для кондиціонування і охолодження, зберігання продовольчих продуктів тощо.

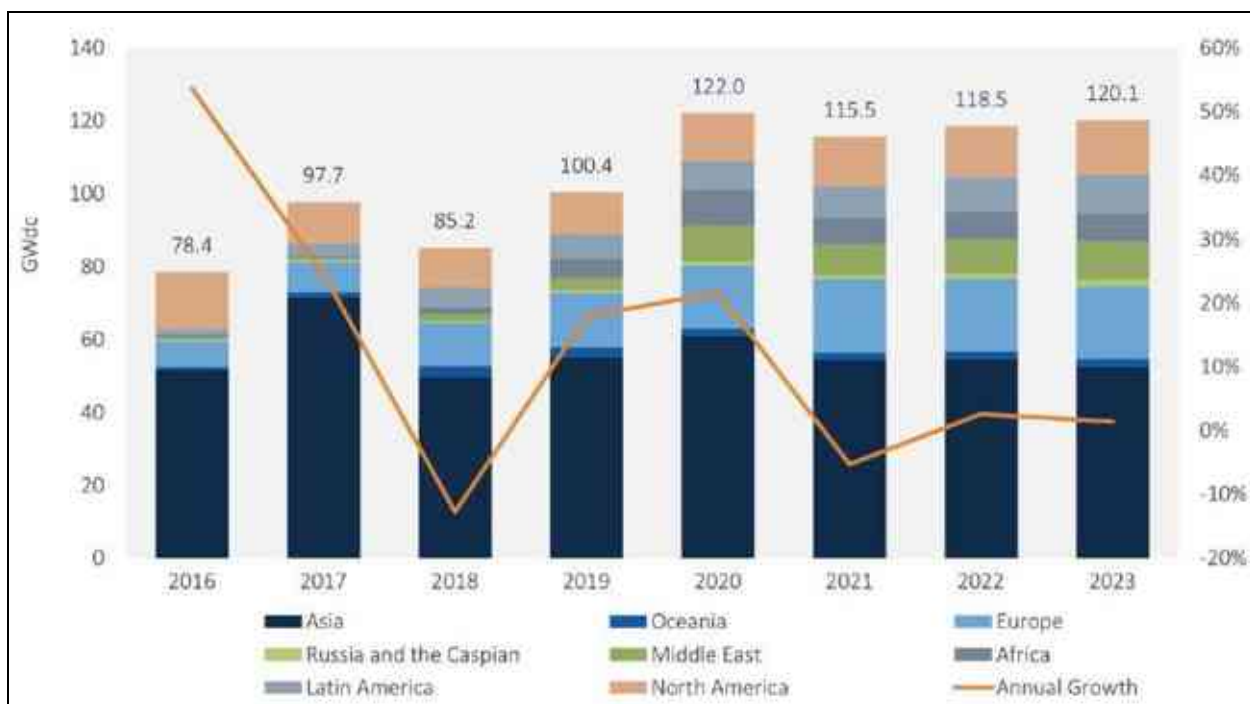


Рис. 32. Глобальний прогноз розвитку сонячної енергетики до 2023 року

У багатьох країнах власники будинків, що обладнують приміщення сонячними колекторами і батареями, отримують від держави податкові пільги. Застосовуючи пасивні системи опалення, власники суттєво заощаджують традиційні енергоресурси. Сонячна енергія використовується і на транспорті – для живлення автомобілів, невеликих суден і навіть літаків. Транспортні засоби на сонячних батареях мають значний робочий ресурс сонячної панелі, у них відсутні шкідливі викиди, а паливо безкоштовне. Наукові розробки щодо використання сонячної енергії у різних сферах життєдіяльності людини набирають обертів і мають великі перспективи.

### 5.3.2 Вітроенергетика

*Вартість енергії вітру впала за три роки більш ніж на 60%.*

*Стає все простіше й дешевше інтегрувати енергію вітру в енергосистему. Це означає набагато менше грошей, витрачених на імпорт викопного палива. Також це означає, що у наших містах менше CO<sub>2</sub> і чистіше повітря.*

Джайлс Діксон, Генеральний директор WindEurope

Після тривалих (близько 100 років) досліджень і тестування прототипів, 1980 року в Каліфорнії (США) було введено у експлуатацію перший комерційний вітропарк з 20 вітрових турбін. Після цього вітроенергетика швидко розпо-

всюдилася у всьому світі – спочатку в Данії та Німеччині, потім в Іспанії. В Індії перший комерційний вітроенергетичний проект з'явився 1986 року. Стрімке зростання вітроенергетичного ринку відбулося у 1990-х роках, а у 1997 році Німеччина стала світовим лідером. Нині вітрові електростанції працюють у більш ніж 90 країнах по всьому світу; дев'ять з них мають встановлену потужність більше 10 тис МВт, а 30 – більше 1000 МВт, і розташовані вони у Європі, Азії, Північній і Латинській Америці й Африці.

Першоджерелом вітроенергетики є Сонце, яке «відповідає» за утворення вітру. Атмосфера Землі вбирає сонячну радіацію нерівномірно через неоднорідність її поверхні та різний кут падіння світла у різних широтах у різні пори року. Повітря розширюється і підіймається угору, утворюючи потоки. Там, де повітря нагрівається більше, ці потоки піднімаються вище і зосереджуються у зонах низького тиску, а холодніше повітря залишається нижче, створюючи зони високого тиску. Різниця атмосферного тиску змушує повітря пересуватися від зони високого тиску до зони низького тиску з пропорційною швидкістю. Цей рух повітря і є тим, що ми називаємо вітром.

Щоб найкраще використати вітряну енергію, важливо досконало розуміти добові й сезонні зміни вітру, зміну швидкості вітру залежно від висоти над землею поверхнею, кількість поривів вітру за короткі відрізки часу, а також статистичні дані хоча б за останні 20 років. На енергію вітру перетворюється лише 1-2% від загальної кількості енергії Сонця, але й це уп'ятеро перевищує річну світову енергетичну потребу. Сучасні технології дозволяють використовувати тільки горизонтальні вітри, що знаходяться близько до земної поверхні й мають швидкість від 12 до 65 км/год.

Людство використовує енергію вітру вже більше трьох тисяч років. Одним з найперших винаходів було вітрило. Ще за 3500 років до нашої ери мореплавці використовували силу вітру, щоб йти під вітрилами. Вітрильні човни ходили Нілом у Давньому Єгипті. Тобто вітрило було першою лопатковою машиною, що використовувала енергію вітру. Звичайні вітряні млини використовувалися в Китаї 2200 років тому. На Середньому Сході, у Персії, близько 200 років до н. е. почали застосовувати вітряні млини з вертикальною віссю для перемелювання зерна. Їх виготовляли з в'язанок очерету, прикріплених до дерев'яної рамки, що оберталася, коли дув вітер. Стіна, що оточувала вітряк, спрямовувала потік вітру проти лопатей. Найпростіші вітрові млини мали до-



сильний ККД через те, що сила вітру, яка штовхала одну половину вітроколеса, одночасно гальмувала іншу.

У Європі вітряки з'явилися пізніше, у VIII-IX ст. Найбільш широко вітрові установки використовувалися у Голландії, де люди боролися з морем за кожен клапчик землі, придатної для освоєння. Голландці відкачували воду з відвоєнованих у моря територій саме завдяки роботі сотень вітряків. Спочатку будували земляні дамби, які відокремлювали мілководну ділянку моря, а потім споруджували млини з водовідливними колесами. Так протягом 1608-1612 рр. було осушено місце, розташоване на три метри нижче рівня моря, за допомогою 26 вітродвигунів потужністю 37 кВт кожен. У середині XIX ст. в Голландії для різних потреб використовувалося біля 9 тисяч вітродвигунів; з того часу конструкції вітряних млинів і вітроколес значно удосконалено.

Вітряні млини, за допомогою яких мололи зерно, качали воду, пиляли дерева, були атрибутом майже кожного другого села і в Україні, проте парова машина, а потім двигун внутрішнього згоряння витіснили їх. Першу вітрову електростанцію (ВЕС) промислового типу було побудовано у місті Клівленд (США, штат Огайо) у 1888 р. Ця багатолопатна конструкція з діаметром лопатей 17 м, з лопаткою для направлення вітроколеса перпендикулярно напрямку вітру, здатна була виробляти 12 кВт електроенергії і пропрацювала майже 20 років. З тих часів вітроенергетика найшвидше розвивалася у США – ще у 1941 р. там була побудована перша ВЕС потужністю 1250 кВт.

З усіляких пристроїв, що перетворюють енергію вітру на механічну роботу, переважно використовуються лопатеві машини з горизонтальним валом, установленим за напрямком вітру. Рідше застосовуються пристрої з вертикальним валом. Серед механізмів для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну енергію основним елементом є вітрогенератор (вітрова турбіна). Промислові вітрогенератори, об'єднані у мережу, і є справжньою електростанцією, що відрізняється від інших повною відсутністю відходів і потреб у сировині. Єдиною вимогою є висока середньорічна швидкість вітру.

Вартість вітряної енергії залежить передусім від таких параметрів, як ККД системи, середня швидкість вітру, технічний ресурс тощо. Отже, принцип «вітер дує безкоштовно, то й енергія вітру має бути безкоштовною» справджується далеко не повною мірою. Крім того, вітроустановки не зовсім «екологічно чисті». Але це не надто заважає зростаючому інтересу до вітроенергетики, оскільки є суттєві переваги порівняно з іншими джерелами енергії, зокрема:

- відсутність витрат на видобуток і транспортування палива;
- низькі питомі витрати на спорудження вітроенергетичних установок (ВЕУ) – менші, ніж для теплових і атомних електростанцій;
- широкий технологічний діапазон прямого використання енергії ВЕУ (автономність і робота у мережах, сумісність з іншими джерелами енергії);
- короткі терміни введення потужностей в експлуатацію;
- порівняна відсутність шкідливого впливу на довкілля (у цьому сенсі вітротехніка поступається лише сонячним електростанціям).

Отже, вітрова енергетика не викликає забруднення повітря, не вимагає води для охолодження і не спричинює теплового забруднення, не споживає палива. Але при цьому вона чинить шум, вимагає земельних площ і матеріалів для конструкцій. Опори ліній дальньої електропередачі мають висоту, близьку до висоти самого вітродвигуна, а бувають ще вищими. Тобто певний шкідливий вплив все ж таки існує. Потужні вітродвигуни обертаються зі швидкістю близько 30 обертів у секунду, що близько до частоти синхронізації телебачення. Тому вони можуть заважати прийому телепередач на відстані до 1,6 км. Лопаті вітродвигунів можуть убити птахів, але важко передбачити, у яких масштабах це відбуватиметься. Поза сумнівом, шкода довкіллю може завдаватися також виготовленням акумуляторних батарей, великою кількістю проводів, необхідних для передачі електроенергії від численних її джерел.

До недоліків ВЕС належить також і те, що вітер дує не завжди рівномірно. Отже, генератор працює нерівномірно, віддаючи то більшу, то меншу потужність, виробляючи струм перемінної потужності, а то і цілком його припиняючи саме тоді, коли потреба у ньому може буде найвищою. Для вирівнювання віддачі струму застосовують акумулятори, але це і дорого, і мало ефективно. Відповідно ВЕС самі по собі не можуть бути надійною основою енергетики. Вони або доповнюють основні потужності, або ж є джерелом електрики у віддалених чи ізольованих місцях, де складно чи неможливо забезпечити постачання електроенергії іншим чином.

Суттєвим недоліком є й те, що через невисоку потужність вітряків, ВЕС вимагають значних територій для розміщення ВЕУ. Для розташування сотень і тисяч вітряків потрібні вільні площі у сотні тисяч гектарів. При цьому вітроагрегати близько один до одного розміщати не можна, оскільки вони перешкоджатимуть один одному в роботі. Мінімальний проміжок між вітряками доводиться залишати не меншим їхньої потрібної висоти. Іншою несподіваною осо-

близькістю вітроустановок є те, що вони стають джерелами досить інтенсивного інфразвукового шуму, який негативно впливає на людей і тварин. Працюючі вітродвигуни створюють тонкий шум, і, що гірше, генерують нечутні вухом інфразвукові коливання з частотами нижче 16 Гц. Отже, вітряки розполохують птахів і звірів, порушуючи їхній природний спосіб життя. Не дивно, що у багатьох країнах місцеві жителі виступають проти розміщення ВЕС поблизу населених пунктів і сільськогосподарських угідь.

Незважаючи на все це, загальносвітові вітроенергетичні потужності стрімко зростають – тільки за 2017 р. вони збільшилися на 10% порівняно із попереднім роком. За даними Глобальної ради з вітроенергетики (Global Wind Energy Council, GWEC), сукупна потужність на кінець 2017 р. становила 539,1 ГВт. За 2018 рік наращено 51,3 ГВт нових потужностей, а сукупна світова потужність наприкінці 2018 року становила 591 ГВт.

За темпами розвитку світової вітроенергетики нині лідирує *Китай*. Тут функціонує найбільший у світі комплекс ВЕС «Ганьсу» (Gansu Wind Farm), розташований у пустельних районах північно-західної провінції Ганьсу. Його потужність становить майже 8 ГВт, а до 2020 року її планується довести до 20 ГВт. Станом на березень 2018 р. потужність ВЕС Китаю становила близько 168 ГВт. Протягом 2017 року Китай ввів у експлуатацію приголомшливу потужність 19,7 ГВт, що більш ніж удвічі перевищує аналогічний показник по всьому світу. 2018 року країна перевершила попередній рекорд, встановивши 21,2 ГВт нових ВЕУ. Китай з його 206 ГВт загальної встановленої потужності ВЕС наприкінці 2018 року досягнув мети 200 ГВт двома роками раніше п'ятирічного плану на 2016-2020 роки. GWEC назвала Китай «драйвером росту світового ринку протягом більшої частини останнього десятиліття».

Друге місце посідає *США*, де встановлена потужність вітроенергетики перевищила 96 ГВт. 2017 року було введено у експлуатацію 7 ГВт, 2018 – 7,6 ГВт. Найбільші вітроенергетичні потужності має Техас – більше 22 ГВт. Розташована там ВЕС «Роско» (Roscoe Wind Farm) донедавна була найбільшою у світі, здатна виробляти 781,5 МВт чистої енергії та забезпечувати нею близько 265 тисяч будинків. За даними Make Consulting, до 2021 року зростання встановленої потужності енергії вітру в США становитиме близько 39 ГВт.

Дев'ятий рік поспіль найбільшим у світі регіональним ринком для розвитку нової вітроенергетики залишається *Азія*. У 2017 році Індія встановила більше 4 ГВт нових вітроенергетичних потужностей, у 2018 – 2,2 ГВт. У штаті Та-

міл-Наду (Тамілнад) розташована третя у світі за потужністю ВЕС «Муппандал» (Murrpandal Wind Farm). Тут встановлено близько 3000 турбін, які виробляють 1,5 ГВт чистої енергії. Згідно звітів про вітроенергетику, вітропотенціал штату Таміл-Наду перевищує 3 ГВт.

Станом на початок 2018 року встановлена вітроенергетична потужність у Європі досягла 169 ГВт. Нині ВЕС забезпечують 12% усієї електроенергії, у т. ч. 44% – у Данії і 22% – у Німеччині. За загальною встановленою потужністю у Європі лідирує Німеччина, на другому місці – Іспанія (23 ГВт). За 2018 рік Німеччина додала 2,4 ГВт нових потужностей. Згідно даних звіту GWEC за 2018 рік, у ТОП-5 країн – виробників вітряної енергії увійшли Китай, США, Німеччина, Індія і Бразилія.

Великобританія 2017 року встановила рекорд вітрової генерації у 13,5 ГВт. Розташована на узбережжі ВЕС London Array є найбільшою у Європі, де 175 турбін виробляють 630 МВт чистої енергії (Рис. 33). Цього достатньо для живлення півмільйона будинків, а викиди CO<sub>2</sub> скорочуються більш ніж на 925 тис т щороку. Офшорні ВЕС мають деякі переваги порівняно з наземними, оскільки над водою завжди вищі швидкості вітру і немає суворих обмежень на кордони. Єдиним обмеженням є глибина морського дна.



Рис. 33. Офшорна ВЕС London Array (Великобританія)

У Глобальному звіті GWEC з 2019 року прогнозується «сплеск зростання» вітроенергетичної галузі, що з 2020 року перевищуватиме 60 ГВт нових установок щороку (Рис. 34). До кінця 2022 року потужність встановлених ВЕС досягне 840 ГВт.

Традиційні вітрові турбіни продуктивні тільки у тих випадках, коли виставлені проти вітру. Установка таких вітряків у містах не є ефективною через розбивання вітрового потоку будівлями на різноспрямовані тривимірні завихрення. Щоб мати можливість приймати вітер з усіх боків, необхідно змінити

конструкцію турбіни. Всенаправлена вітрова турбіна *O-Wind Turbine* має наближену до кулі форму, отвори з широким розтрубом входу і вузький вихід (Рис. 35). Такі сферичні девайси можуть виробляти електроенергію, збираючи хаотичні повітряні завихрення, які утворюються між висотками мегаполісів. Різниця тиску примушує сферу обертатися за годинниковою стрілкою навколо фіксованої осі незалежно від того, з якого боку дує вітер. Вироблена електроенергія може відправлятися в мережу або жити локальних споживачів.

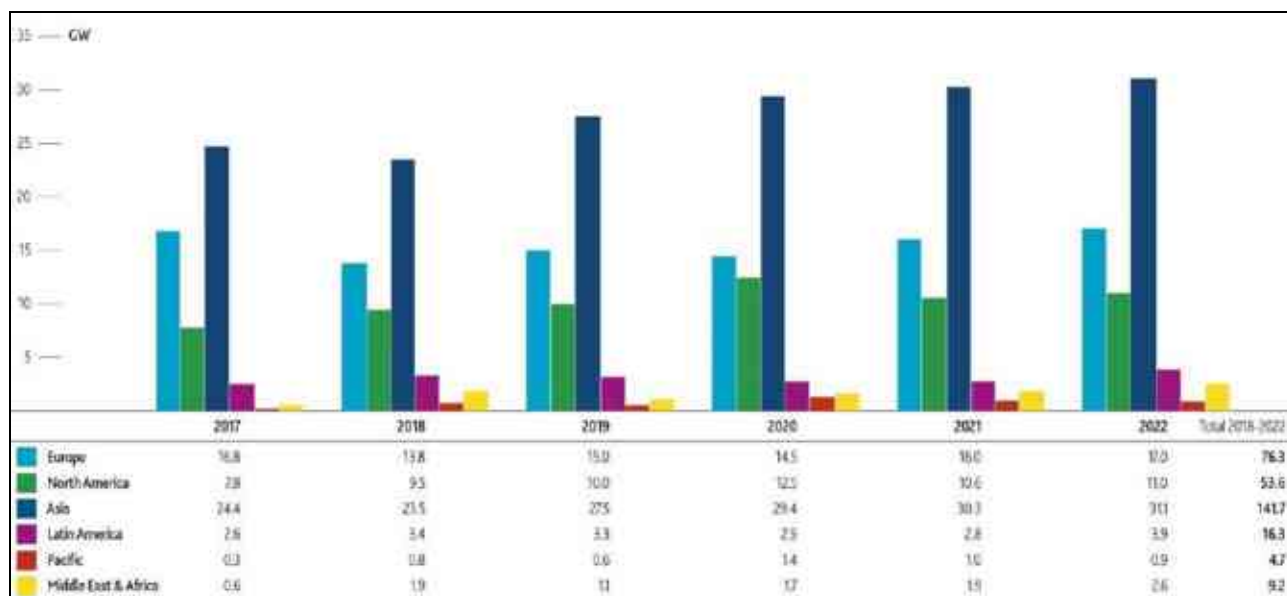


Рис. 34. Прогноз GWEC щодо розвитку вітроенергетичних потужностей до 2022 року

Український вчений Олексій Оніпко винайшов унікальний вітряк, який виробляє електроенергію навіть за слабого вітру. Його особливістю є незвичайна форма, яка забезпечує високу ефективність і практичну відсутність шуму. На відміну від традиційних вітрогенераторів, Оніпко замість лопатей пропонує використовувати об'ємні спіралі різного діаметру, які можуть встановлюватися на різній висоті (Рис. 36). Нестандартна форма вітряка дозволяє генерувати електрику навіть за незначних подувів, у той час як лопатеві вітряки залишаються бездіяльними. Серед очевидних переваг цього своєрідного вітроротору – широкий діапазон потужностей від 50 Вт до 10 МВт; пристосування до різкої зміни швидкості й напрямку вітрового потоку; відсутність шуму; можливість виготовлення турбіни може з різних матеріалів – металу, армованого скловолокна або пластмаси.

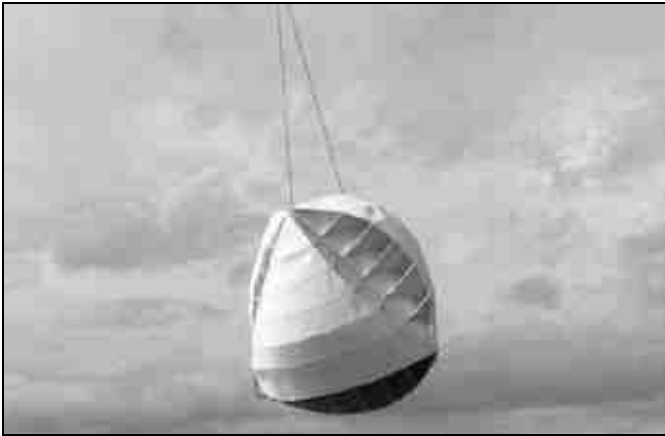


Рис. 35. Всенаправлена вітрова турбіна O-Wind Turbine



Рис. 36. Спінральний вітряк Оніпка

Щороку 15 червня світова громадськість відзначає *Всесвітній день вітру* (Global Wind Day). Це день відкриття вітроенергетики, її потужностей і можливостей для зміни енергетичних систем, перетворення економіки на низьковуглецеву і збільшення робочих місць. У різних країнах світу в цей день проводяться численні заходи, що пропагують екологічно чисте і поновлюване джерело енергії – вітер. Ініціаторами запровадження незвичайного свята стали Європейська вітроенергетична асоціація (European Wind Energy Association, EWEA) і Глобальна рада з вітроенергетики. Метою проведення Дня вітру є підвищення розуміння політиків і суспільства потенціалу та невичерпності вітрових ресурсів і позитивних ефектів, які дає широкомасштабне використання поновлюваних джерел енергії.

### **5.3.3 Біоенергетика**

*Використання рослинної олії як палива сьогодні може здатися незначним. Однак такі продукти з часом можуть стати настільки ж важливими, як нинішні газ і продукти згоряння вугілля.*

Рудольф Дизель, винахідник двигуна внутрішнього згоряння (1912)

Біоенергетика спеціалізується на використанні енергії біомаси – органіки, утвореної за рахунок фотосинтезу. Біомаса є сировиною для отримання палива рослинного походження, яке називають «зеленим» паливом. Біопаливо буває рідким (біодизель, біоетанол і метанол), твердим (відходи аграрного виробниц-

тва і побуту, залишки переробки деревини) і газоподібним (біогаз, синтез-газ). Біомасу деревини, соломи можна безпосередньо спалювати, а можна переробляти на рідкі або газоподібні палива. Конверсія біомаси у енергоносії може відбуватися фізичними, хімічними і біологічними способами.

За визначенням Європейської Директиви 2009/28/ЕС, біомаса – це «невикопна біологічно поновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладання, у вигляді продуктів, відходів і залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), відходів рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складової промислових або побутових відходів».

Біоенергетика нині є невід'ємною складовою екобіотехнологій, спрямованих на виробництво біогазу і водню з органічних відходів. *Екобіотехнології* з використанням живих організмів мають суттєві переваги порівняно з традиційними фізико-хімічними чи хімічними природоохоронними технологіями.

Термін «*енергетичні плантації*» вживається для твердих порід деревини, що швидко зростають і розмножуються шляхом зрізання і пускання паростків з пеньків. У світі відомо чимало енергетичних культур – тополя, верба, акація, безголова троянда, топінамбур, соняшник, просо, сорго, тростина, міскантус, очерет. Для виявлення потенційної можливості використання у якості енергетичної сировини було досліджено велику кількість культур, але тільки невелика частка досягла комерційного рівня і вирощується на великих площах. Високий попит сприяв клонуванню деяких видів для посилення їхньої морозостійкості, посухостійкості, стійкості до шкідників і хвороб. З біомаси можна виробляти електричну енергію, рідкі й газоподібні палива для транспортних засобів, а також корисні хімікати, включаючи ті, що зазвичай виробляються з нафти.

Найбільшим попитом користуються енергетичні культури для отримання твердих біопалив – верба і тополя. У Швеції й Данії, наприклад, вони використовуються у місцевих системах опалення для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії. Комбіноване спалювання вугілля з додаванням біопалива (соломи, тріски) зменшує шкідливі викиди у атмосферу. Звісно, собівартість енергії з біомаси, як спеціально вирощеної, так і вилученої з відходів, з урахуванням подрібнення, висушування і відповідного зберігання, є вищою, ніж з традиційних видів палива. Однак популярність енергетичних культур зростає. Провідні позиції у вирощуванні енергетичної верби посідає Швеція, де плантації займають площі до 20 тис га. Продукцію у вигляді дерев'яних трісок

поставляють на 25 когенераційних станцій. Найвища врожайність становила 12 т/га, що еквівалентно 5 т нафти або 5,5 млрд м<sup>3</sup> природного газу.

Утилізація *твердих побутових відходів* (ТПВ) з отриманням енергетичного ефекту передбачає їхнє спалювання на спеціальних заводах для виробництва електричної і теплової енергії, а також отримання з полігонів їхнього складування горючого газу (ГГ). Можлива також утилізація відходів деревообробки і аграрного виробництва. Технологія така: надлишок соломи злаків, стебла і стрижні качанів кукурудзи, стебла і кошики соняшника, костриця луб'яних культур безпосередньо спалюються в енергетичних установках з отриманням енергетичного ефекту та перетворюються шляхом конверсії на ГГ (біогаз і генераторний газ) з подальшим використанням як моторного, так і котельно-пічного палива.

У європейських країнах найбільшого поширення набули фермерські котли для спалювання тюків соломи потужністю від 70 до 1000 кВт. Такі котли мають велику топкову камеру прямокутної чи циліндричної форми, оточену водяною сорочкою. Димові гази з топки виходять через пучок димогарних труб. Подача повітря здійснюється у вигляді потужних струменів за допомогою одного або кількох вентиляторів. На початку горіння струмені повітря спрямовують на верхню частину тюків і поступово опускають. Таким чином струмені повітря ніби зрізують солону шар за шаром, забезпечуючи ефективне займання соломи і догорання димових газів над тюком (Рис. 37). Горіння соломи триває кілька годин залежно від розміру і кількості завантажених тюків. За цей час теплота, що виділяється, акумулюється у водяному баку-акумуляторі. Через проміжний теплообмінник теплота з контуру котла передається у теплову мережу. Котли оснащують автоматизованими системами управління, які забезпечують ефективну роботу котла і досягнення ККД 81-84%.

З метою отримання максимального енергетичного ефекту необхідно забезпечити підвищення теплотворної здатності (питомої теплоти згорання) твердого біопалива, зручність його транспортування до теплових установок (котлів) та керованість процесом горіння. Тому переробку рослинної біомаси здійснюють шляхом гранулювання або брикетування, внаслідок чого отримують кінцевий продукт переробки – паливні гранули та брикети (Рис. 38). Останнім часом популярними стали пелети.



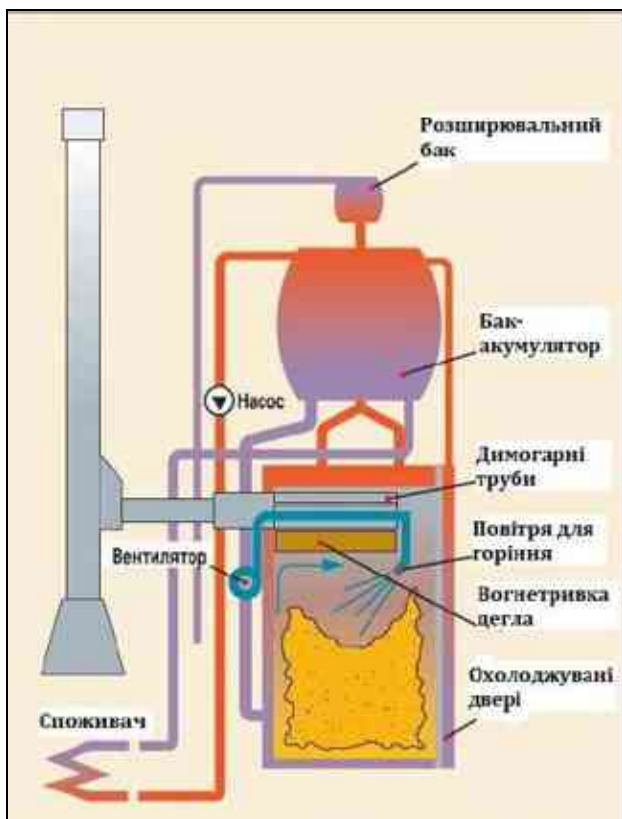


Рис. 37. Принцип роботи фермерського котла (ліворуч)

Рис. 38. Дрова, паливні брикети (євродрова) і паливні гранули

Пелети виготовляються з відходів деревообробки і сільського господарства у вигляді спресованих гранул, без застосування будь-яких хімічних добавок (Рис. 39). Вони мають зручну для зберігання, транспортування автоматичної подачі в опалювальне устаткування форму. Котли, що працюють на пелетах, зазвичай автоматизовані й забезпечують підтримку заданої температури. Подача палива з бункера також здійснюється автоматично, завдяки чому пелетний котел може функціонувати без участі людини (Рис. 40).

Виробництво пелетних котлів у Європі розпочалося наприкінці 1990-х років, а уже на початку XXI ст. котельні з такими котлами потужністю від 50-100 кВт з'явилися у готелях, школах, на промислових підприємствах і у фермерських господарствах. Наприклад, 2010 року в Лондоні відкрився новий готель Park Plaza Westminster Bridge London, який став не тільки найбільшим, але й «найчистішим» екологічним готелем у британській столиці, оскільки опалення і гаряче водопостачання тут здійснюється за допомогою пелетної котельні.

Іншим способом одержання енергії з біомаси є анаеробне (без доступу кисню) зброджування під дією наявних у біомасі метанобактерій. Ці мікроорганізми активно розвиваються у органічних рештках, а в результаті процесів їхньої життєдіяльності утворюється *біогаз* (каналізаційний газ, шахтний газ, болотний газ, газ-метан). Цей газ приблизно на 60% складається з метану ( $\text{CH}_4$ ) і на 40% – з вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ). Тонна органічних решток (гній, сміття) дає

до 500 м<sup>3</sup> біогазу. Щоправда, цей процес відбувається досить повільно, але безсумнівно його перевагою є те, що понад 80% енергії, яка міститься у стічних водах або відходах, вилучається у вигляді горючого газу.



Рис. 39. Пелети з різних видів біопалива



Рис. 40. Пелетний котел

Технологія одержання біогазу доволі проста: гноєм, сміттям, соломною, листям заповнюють бетонні ємності або колодязі та щільно закривають, щоб не було доступу кисню. Газ, який утворюється в процесі бродіння, відводять у приймальні пристрої або безпосередньо у газову плиту. Найперші біогазові установки (БГУ) виникли задовго до створення наукових основ метаногенезу. Спочатку це були спроби імітації природних процесів розкладання болотної органіки з виділенням газу, що містить метан. Наукові дослідження біогазу розпочалися після того, як у 1764 р. Бенджамін Франклін у своєму листі Джозефу Пристлі описав експеримент, в ході якого йому вдалося підпалити поверхню дрібного заболоченого озера в Нью-Джерсі, США. А перше наукове обґрунтування утворення займистих газів у болотах зробив італійський фізик Алессандро Джузеппе Вольта у 1776 р., встановивши наявність метану в болотяному газі. Після відкриття хімічної формули метану в 1804 р. розпочалися дослідження практичного застосування біогазу.

Починаючи з 1880-х років, біогаз використовували для обігріву приміщень і освітлення вулиць. Зокрема, 1895 року вуличні ліхтарі в одному з районів міста Ексетер у графстві Девоншир (Англія) забезпечувалися газом від бродіння стічних вод. Тоді ж у Бомбеї (Індія) біогаз збирався у колектор і використовувався як моторне паливо для двигунів. На початку ХХ ст. продовжилися

дослідження щодо збільшення кількості біогазу шляхом підвищення температури бродіння. Дефіцит палива у роки Першої світової війни спричинив значне поширення БГУ в Європі.

1911 р. у англійському місті Бірмінгем було побудовано завод для знезараження стічних вод, а вироблений біогаз використовувався для виробництва електроенергії. Таким чином, британські вчені стали піонерами практичного застосування нової технології. Вже до 1920 р. вони розробили декілька типів установок для переробки стічних вод. Першу БГУ для переробки твердих відходів побудовано в Алжирі у 1938 р. У роки Другої світової війни, коли енергоносії катастрофічно не вистачало, у Німеччині й Франції активізували отримання біогазу з відходів сільськогосподарського виробництва, передусім з гною тварин. Але пізніше європейські установки довоєнного періоду не витримали конкуренції з дешевими енергоносіями і були демонтовані. Новий імпульс упровадженню біогазових технологій дала енергетична криза 1970-х років.

Нині світовим лідером виробництва біогазу є Євросоюз загалом і Німеччина зокрема. За даними Європейської біогазової асоціації, майже 50% фермерських господарств мають свої БГУ. Тільки у Німеччині їхня кількість наближається до 10 тисяч. За прогнозом Єврокомісії щодо структури виробництва електроенергії з ВДЕ у 2020 р., частка струму з біогазу становитиме 8%, перевищивши частку малої гідроенергетики, геотермальної і сонячної енергетики. Останніми роками почали стрімко розвиватися проекти з виробництва очищеного біогазу – *біометану* – з подальшим закачуванням у мережі природного газу. За визначенням Європейської біогазової асоціації (European Biogas Association), біометан – це збагачений біогаз, отриманий за допомогою анаеробної ферментації, або очищений синтез-газ, отриманий у ході газифікації біомаси.

Технології одержання біогазу постійно оновлюються. Наприклад, на молокопереробних підприємствах у Німеччині й Швеції з цією метою переробляють сироватку. Удосконалювання двигунів забезпечує можливість застосування газів з низькою теплотою згоряння. Сучасні біогазові станції, поряд з виробленням енергії, також виконують функцію очисних споруд, що знижують хімічне і бактеріальне забруднення ґрунту, води, повітря і переробляють відходи на нейтральні мінералізовані продукти (Рис. 41). Сировиною для отримання біогазу є органічні відходи аграрних і переробних підприємств, які мають рідку або напіврідку консистенцію. Це гній великої рогатої худоби (ВРХ), свиней, пташиний послід, рештки рослин, силос, прогниле зерно, каналізаційні стоки, від-

ходи харчової промисловості, садові відходи, солодовий осад, вичавлювання, буряковий жом, технічний гліцерин.

Якщо реактор працює нормально, одержуваний біогаз містить 60-70% метану, 30-40% двоокису вуглецю, незначну кількість сірководню (до 3%), а також домішки водню, аміаку і окислів азоту, не має неприємного запаху, а теплота його згоряння досягає 25 МДж/м<sup>3</sup>. Біогаз можна використовувати для спільного вироблення електроенергії і теплоти у когенераційних схемах (Рис. 42), спалювати для одержання теплоти або накачувати у балони для використання на транспорті. Після збродження гною утворюється *біошлам*, у якому міститься багато цінних речовин, зокрема амінокислоти, амонійний азот і фосфор, а також вироблені мікроорганізмами вітаміни групи В. Тому шлам, що перебродив, можна використати з метою одержання білково-вітамінних добавок для годівлі тварин, птиці й риб.



Рис. 41. Біогазова станція на відходах

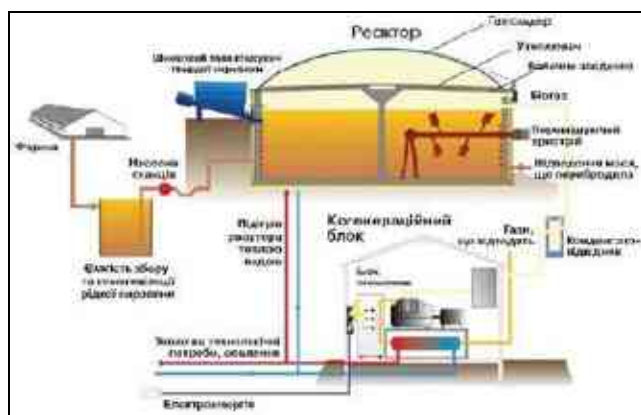


Рис. 42. Схема когенераційної БГУ

Найпростішими за своєю конструкцією є БГУ, які працюють на гної тварин. Мікроорганізми, що беруть участь у процесі бродіння, потрапляють у гній вже з кишечника тварин, тому їх не потрібно додавати. БГУ дозволяють заощаджувати на купівлі мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Порівняно з мінеральними добривами і звичайним гноєм, *біодобрива* мають такі основні переваги:

- Υ *Максимальне збереження і накопичення азоту.* За тривалого зберігання (компостування) гною втрачається до 50% азоту. Завдяки анаеробному збродженню в БГУ, загальний азот N у біодобриві повністю зберігається; крім того, вміст розчинного азоту збільшується на 10-15%.
- Υ *Відсутність насіння бур'янів.* Насправді насіння проростає, навіть пройшовши через шлунок тварини; після БГУ 99% насіння цю здатність втрачає.

- У *Відсутність патогенної мікрофлори.* У гної можуть міститися збудники таких небезпечних хвороб, як сибірська виразка, туберкульоз, бруцельоз, паратиф, ящур, сальмонельоз, кишкові інфекції. Спеціальні технології переробки повністю позбавляють біодобрива цієї мікрофлори.
- У *Наявність активної мікрофлори.* Активації ґрунтових мікроорганізмів сприяє високий рівень гуміфікації органічної речовини.
- У *Відсутність періоду зберігання.* Біодобрива не потрібно зберігати у лагунах декілька років, бо вони починають ефективно працювати відразу після внесення.
- У *Стійкість до вимивання з ґрунту поживних елементів.* За сезон з ґрунту вимивається близько 80% мінеральних добрив, тому доводиться щороку їх додавати. За цей самий час з ґрунту вимивається усього до 15% біодобрив. Внесені у невеликих кількостях, вони працюють на 3-5 років довше, ніж звичайні добрива.
- У *Позитивний вплив на ґрунт.* Мінеральні добрива забруднюють ґрунт і ґрунтові води, тоді як біодобрива є абсолютно чистим екологічним добривом.

Отже, БГУ – найактивніша система очищення, яка швидко окупається і дає прибуток. Більшість видів сировини можна змішувати з іншими. Біогазова станція може надавати споживачам наступні блага:

- утилізацію біовідходів;
- біогаз;
- електроенергію;
- тепло;
- біодобрива;
- заощадження капітальних витрат на будівництво нових комплексів.

Усе вищенаведене виробляється за нульової собівартості. Адже біосміття безкоштовне, а сама установка для власних потреб використовує лише 10-15% виробленої енергії. Окупність переробки гною становить 2-3 роки, а для деяких інших видів сировини – взагалі один рік. Якщо користуватися природним газом, за нього треба платити, а газ від БГУ – завжди безкоштовний. З 1 м<sup>3</sup> біогазу в генераторі можна виробити 2 кВт електроенергії, причому без перепадів напруги, як у звичайній мережі. Ціна на електроенергію постійно зростає, а енергія від БГУ – завжди безкоштовна.

Тепло від охолодження генератора або згорання біогазу можна використовувати для опалення, сушіння насіння чи дров, отримання кип'яченої води.

Поруч з БГУ можна встановити теплиці. Зокрема, 2 га теплиць можна опалювати лише за рахунок охолодження електрогенератора, не спалюючи газ спеціально для отримання тепла. Тепло також можна використовувати для охолодження молока на молочних фермах, для зберігання м'яса чи яєць. Використання збалансованих біодобрив дає підвищення врожайності на 30-50%; крім того, на підприємстві не буде смороду і гноївки під ногами.

Іншими видами біопалива, крім біогазу, які можна використовувати у тому числі й на транспорті, є біодизель і біоетанол. Сировиною для виробництва *біоетанолу* можуть бути різні культури з великим умістом цукру: маніок, картопля, цукровий буряк, батат, сорго, а також пшениця і ячмінь. Етанол – найдавніший продукт біотехнології, яка зародилася не менше 4 тис років до н. е. у древньому Єгипті й Вавилоні. Цукри (глюкоза, сахароза та деякі інші) зброджують (ферментують) у безкисневому середовищі пекарськими (спиртовими) дріжджами. Ще донедавна майже увесь етанол, отриманий шляхом дріжджового збродження цукру, використовувався виключно для виробництва алкогольних напоїв. Лише незначна його кількість, переважно отриманого хімічним шляхом, застосовувалася у промисловості. Нині ж більше половини світового виробництва етанолу використовується як додаток до палива для двигунів внутрішнього згоряння (бензину), і лише близько 15% – для виробництва спиртних напоїв.

Перші спроби використання етилового спирту як автомобільного палива було здійснено ще на початку ХХ ст. У 1902 р. на інтернаціональному конкурсі у Парижі демонструвалося більше 70 карбюраторних двигунів, що працювали на етиловому спирті та його сумішах з бензином нафтового походження. Однак тоді етиловий спирт не набув широкого застосування. І тільки у 1970-х роках, через катастрофічне погіршення екологічної обстановки і нафтову кризу, інтерес до спиртів, і особливо етанолу, відродився. З 1980-х років у Бразилії, США, Швеції, Голландії, Франції, Канаді й Колумбії розпочалося масове використання бензинів, що містять 5, 10, 15 і 22% паливного етанолу.

Виробництво етанолу в якості добавки до бензину, відносно сировини, що використовується, а також відповідних технологій, поділяється на три покоління. Біопаливо першого покоління виробляється з багатих цукром або крохмалем продовольчих культур (цукрові буряк і тростина, кукурудза, пшениця). Біопаливо другого покоління (*second-generation biofuels, advanced biofuels*) виготовляється із сировини, непридатної для харчового споживання або з лігно-



целюлозної біомаси (lignocellulosic biomass), до якої належать побічні сільськогосподарські продукти (кукурудзяні стеблі, лушпиння, відходи лісного господарства, багатолітні трави (просо), муніципальні відходи тощо). До третього покоління належить біопаливо, що виробляється з водоростей.

Лідерами з виробництва біоетанолу є США (59% глобального виробництва) і Бразилія (26%). Увесь бразильський етанол одержують з цукрової тростини ферментаційним способом. Країна займає найвигідніші позиції на ринку біоетанолу, оскільки багаса<sup>14</sup> – основний побічний продукт переробки цукрового очерету – використовується як паливо. У Бразилії біоетанол пропонується як чисте паливо, а також змішується зі звичайним бензином. Приблизно 90% нових зареєстрованих автомобілів у Бразилії – «гнучкі паливні транспортні засоби», що можуть працювати на регулярному бензині, на біоетанолі або на їхній суміші. За даними World Fuel Ethanol Production, протягом 2018 року в країні вироблено 7 950 млн галонів (30094 млн л) паливного етанолу.

У США паливний етанол має бути безводним – менше 1% води. Переважно він використовується для змішування у низьких концентраціях з бензином як оксигенат<sup>15</sup> або як речовина, що підвищує октанове число. У високих концентраціях біоетанол служить альтернативою паливу на транспорті, для чого, власне, і виробляється. У штаті Айова 2015 року запущено в експлуатацію найбільший у світі завод з виробництва целюлозного етанолу. Він виробляє щороку більше 110 млн л біопалива з кукурудзяних кормових відходів. Сировина надходить від 500 локальних фермерів, а більшість виробленого на заводі біопалива транспортується до Каліфорнії. За даними World Fuel Ethanol Production, у 2018 р. світове лідерство США підтверджено виробленням 16 100 млн галонів (60945 млн л) паливного етанолу.

Надзвичайно важливим є глобальний позитивний ефект використання біоетанолу як палива, адже вуглекислий газ, що виділяється під час його спалювання, має первинне атмосферне походження. Тобто його знову можуть асимілювати рослини, які потім служитимуть джерелом отримання цього ж самого паливного етанолу. Коли ж використовується викопне паливо, то виділений

---

<sup>14</sup> *Багаса* – відходи, що складаються з волокнистої частини цукрової тростини після вилучення з неї соку.

<sup>15</sup> *Оксигенати* – нижчі спирти і прості ефіри, які застосовуються в якості високооктанових компонентів моторних палив. Використання кисневмісних добавок розширює ресурси палив та дозволяє підвищити їхню якість.

CO<sub>2</sub> є додатковим джерелом сумнозвісного парникового ефекту. У звіті Міністерства сільського господарства США (USDA) за 2017 рік оцінено зниження викидів ПГ у разі використання кукурудзяного етанолу на 43% порівняно зі звичайним бензином. Очікується, що удосконалення технологій отримання біоетанолу дозволить у найближчому майбутньому знизити викиди аж на 76%.

*Біодизельне паливо* виробляється з ріпаку та сої, соняшnikової і кукурудзяної олії, а також тваринних жирів. Біопаливо на основі рослинної олії ще у 1853 р. винайшли англійці. 1893 р. німецький інженер Рудольф Дизель створив двигун внутрішнього згоряння, названий на його честь дизельним. Патентуючи свій винахід, Р. Дизель припускав, що двигун може працювати на рослинних оліях. Під час Другої світової війни, коли поставки нафтового палива були перервані, рослинне масло використовувалося як паливо декількома країнами, включаючи Бразилію, Аргентину, Китай, Індію і Японію. Після війни, коли нафта знову подешевшала, рослинне паливо було забуте.

У 1970-х роках ембарго на нафтопродукти змусило багато країн розглядати рослинну олію в якості альтернативного палива. Було проведено чимало експериментів щодо створення рослинного біопалива. Слово «біодизель», ймовірно, вперше було використано у 1984 році. Перший завод з виробництва біодизелю було запущено у 1985 р. в Австрії. Серійний випуск у Європі розпочато з 1992 року, причому Німеччина є найбільшим виробником. У США з 1995 р. біодизель почали використовувати у транспортних засобах національних парків. До 2004 року в Сполучених Штатах налічувалося 25 заводів з виробництва біодизелю, а вже 2009 року Національна рада з біодизелю розмістила на своєму веб-сайті більше 200 виробників. Нині США залишаються світовим лідером у виробництві біодизелю, на другому місці Бразилія, на третьому – Німеччина.

Крім зниженої температури затвердіння (а це вельми важливо для зимових погодних умов), біодизель як моторне паливо має низку цінних якостей. Його застосування істотно подовжує тривалість життя двигуна, бо таке паливо має кращу змащувальну здатність, ніж нафтове. За рахунок того, що біодизель містить 11% кисню, у продуктах його згоряння кількість вуглекислого газу зменшується на 80%, чадного газу – на 35%, окисів сірки – на 100%, аерозолів (димових часток розміром менше 10 мікрон) – на 32%, ніж у звичайного дизпалива. У разі потрапляння біодизельного палива у воду чи ґрунт воно практично повністю розпадається протягом 25-30 днів, тоді як 1 кг мінеральних нафтопро-



дуктів може забруднити до мільйона літрів питної води, знищивши у ній всю флору і фауну.

Переробляти на біопаливо навчилися *морські водорості*, в біомасі яких міститься велика кількість біохімічної енергії. Шляхом анаеробного зброджування з водоростей можна виробляти метан, шляхом бродіння – етанол. Найціннішим є біодизель, вироблений з мікрководоростей, який має суттєві переваги перед паливом, отриманим з рослинних олій. Завдяки значному вмісту поліненасичених жирних кислот, дизельні двигуни на паливі з водоростей ефективно працюють на морозі. Крім того, вихід палива з мікрководоростей у 20-30 разів вищий, ніж з олійних культур, вирощених на такій самій площі.

Американська компанія Solazyme розробила нову технологію, яка дозволяє використовувати водорості у якості сировини для отримання автомобільного палива. За допомогою генної інженерії Solazyme вивела нові види водоростей і розробила технологію їхнього пришвидшеного вирощування. Водорості поміщаються у сталеві контейнери і ростуть не на сонці, а у темряві. У якості поживного елемента застосовується цукор, який водорості перетворюють на нафтоподібну рідину. На базі цієї рідини можна виробляти біодизель і біогас (авіаційне паливо). Нове біопаливо успішно апробовано на автомобілях з дизельними двигунами. І хоча біопаливо з водоростей дорожче традиційних бензину і мазуту, компанія обіцяє найближчим часом знайти шляхи здешевлення процесу. Перевага водоростей перед іншою сировиною в тому, що для їхнього виробництва потрібно набагато менше добрив і площ. Біопаливо на основі водоростей, безумовно, може революціонізувати енергетичну галузь і відігравати провідну роль у зниженні викидів ПГ.

Отже, можна зробити такий висновок: енергія з біомаси представлена на планеті чи не у найбільшому асортименті. Просто спалюючи біомасу, отримують тепло і електроенергію. Шляхом зброджування можна отримати етанол, а застосуванням анаеробного бродіння – біогас. Переробленням олійних культур отримують біодизель. Тобто біомаса – універсальна сировина. Однак чи достатньо на планеті запасів біомаси для задоволення потреб людства виключно за допомогою її енергії? Поки що більшість країн світу повною мірою не використовують свій потенціал біомаси. Останніми роками біоенергетика для виробництва електроенергії і транспортних біопалив швидко зростає. Глобальна потужність біоенергетики 2018 року досягла 115,7 ГВт. За прогнозами ІЕА, до 2022

року біоенергетика посідає четверте місце серед усіх ВДЕ за виробництвом електроенергії.

#### **5.3.4 Геотермальна енергетика**

*Геотермальна енергія* – це природне тепло Землі, акумульоване в перших десятих кілометрах земної кори, що удесятеро перевищує ресурси усіх видів палива, разом узятих. За рахунок теплоємності Землі люди могли б на 30 млн років уперед покрити сучасну потребу в енергії. Отже, накопичені у надрах Землі запаси енергії, у масштабах людства, є такими ж невичерпними, як і запаси енергії Сонця. Геотермальне тепло Землі переважно утворюється внаслідок розпаду радіоактивних речовин у земній корі й мантії. Температура земної кори підвищується на 2,5-3°C через кожні 100 м углиб (так званий геотермальний градієнт). На глибині 20 км вона досягає близько 500°C, а на глибині 50 км – порядку 700-800°C. У певних місцях, особливо на краях тектонічних плит материків, а також у так званих «гарячих точках», температурний градієнт вище майже у 10 разів, і тоді на глибині 500-1000 м температура порід сягає 3000°C. Однак і там, де температура не така висока, геотермальних енергоресурсів цілком достатньо.

Існують два типи геотермальних ресурсів:

- гідротермальні (геотермальні води, пароводяні суміші та нагріта пара);
- петротермальні (тепло сухих гірських порід з температурою понад 350°C).

Для отримання теплоти, акумульованої у надрах Землі, її спочатку треба підняти на поверхню. Для цього бурять свердловини і, якщо вода достатньо гаряча, вона піднімається на поверхню природним чином; за нижчої температури може знадобитися насос. *Геотермальні води* – екологічно чисте джерело енергії, що суттєво відрізняється від інших альтернативних джерел енергії тим, що його можна використовувати незалежно від кліматичних умов, погоди і пори року. За температурою геотермальні води поділяються на слаботермальні – до 40°C, термальні – 40-59°C, високотермальні – 60-100°C, перегріті – понад 100°C. Також вони різняться за мінералізацією, кислотністю, газовим складом, тиском і глибиною залягання.

Отримання теплової енергії *безпосередньо з гірських порід* можливе лише у місцях, де знаходяться сухі гарячі скельні породи. Там бурять паралельні свердловини, між якими утворюють систему тріщин. Тобто фактично формується

штучний геотермальний резервуар, у який подається холодна вода з наступним отриманням пари або пароводяної суміші.

Потужність геотермальної енергії Землі оцінюється приблизно у 32 тис ГВт. Її значні виходи до поверхні локалізовані в районах вулканічної діяльності, де концентрація підземного тепла дуже велика. Якщо комплекс гірських порід, які мають пористість та проникність, виявиться біля приповерхневого магматичного тіла, що увійшло в континентальну кору, то виникає підземний резервуар пари та води, нагрітих магмою. Гарячі вода і пара, що є в порах порід, формують так звані «геотермальні басейни». Якщо такий «басейн» містить проникні гірські породи, то гаряча вода і пара можуть виходити на поверхню через бурові свердловини та використовуватися для приведення у дію електричних турбін. Оскільки пара більш придатна для енергогенеруючих турбін, поки освоюються здебільшого ті геотермальні басейни, які містять пару.

З усіх видів геотермальної енергії найкращі економічні показники мають *гідрогеотермальні ресурси* – термальні води, пароводяні суміші й природна пара. Гідрогеотермальні ресурси, які нині реально використовуються, становлять лише 1% від загального теплового запасу надр. Їх доцільно застосовувати для опалення і гарячого водопостачання, технологічних цілей, добування цінних хімічних компонентів тощо. До *гідротермальних конвективних систем* належать підземні басейни пари чи гарячої води, які виходять на земну поверхню, утворюючи гейзери, фумароли<sup>16</sup>, озера багнюки тощо. Їх використовують для виробництва електроенергії за допомогою пари, яка утворюється від випаровування гарячої води на поверхні.

Існують технології використання геотермальної енергії, зосередженої на різних глибинах від земної поверхні. *Приповерхнева геотермія* передбачає використання геотермічних ресурсів вже на перших 100 м глибини, де панують температури лише 8-15°C. Вищі температури, необхідні для теплопостачання, отримують за допомогою теплового насосу. Грунтові теплові насоси накопичують первинну енергію, оберігаючи тим самим навколишнє середовище і клімат.

Для опалення і охолодження будинків чи виробничих приміщень під землею за допомогою теплообмінників і теплонасосних установок прокладають

---

<sup>16</sup> *Фумароли* (від італ. *fumare* – диміти) – невеликі отвори і тріщинки у кратерах вулканів або лавових потоках, якими підіймаються струмені гарячої водяної пари і газів. Фумароли розташовані у кратері, на схилах і біля підніжжя вулканів.

канали руху повітря або заривають труби, у які подається вода чи інший теплоносії. Незалежно від того, що циркулює в системі, за рахунок теплообміну із землею такий тепловий насос може поглинати тепло і передавати його в будинок у холодну пору року або переміщувати тепло з будинку в землю у спекотну погоду. Використання теплової геотермальної помпи дозволяє економити до  $\frac{2}{3}$  енергії, що використовується для опалення.

Геотермальні установки не потребують багато місця і можуть розміщуватися практично на будь-яких землях, включаючи сільськогосподарські угіддя. *Грунтові колектори* передбачають горизонтальне прокладання у ґрунті пластикових трубок теплообмінника на глибинах промерзання ґрунту (0,8-2,6 м). За допомогою циркулюючої рідини-теплоносія тепло відбирається з ґрунту і доводиться до необхідної температури. У Центральній і Північній Європі поширені *геотермальні зонди* – вертикальні свердловини, у які встановлюються пластикові трубки (Рис. 43). Зонди, наповнені рідиною-теплоносієм, нагрівають або охолоджують житлові будинки і навіть житлові комплекси, підключені до теплового насосу.



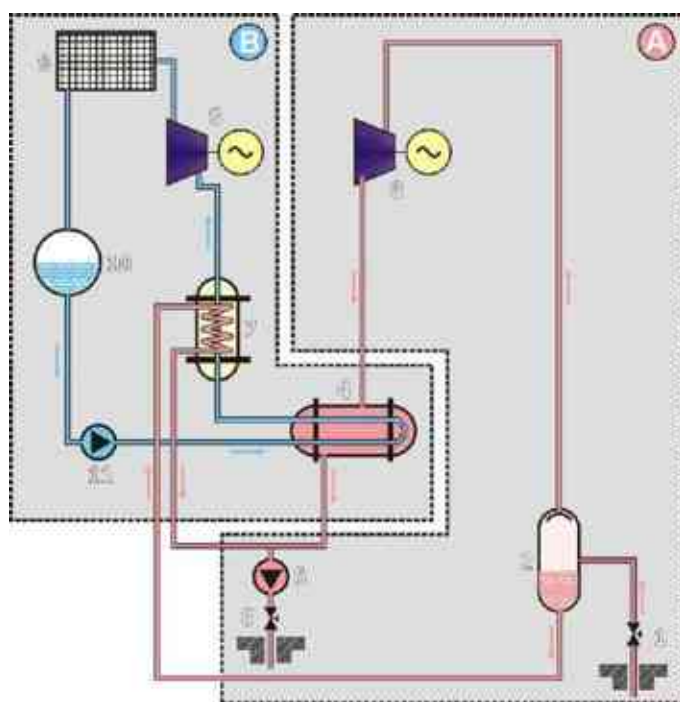
Рис. 43. Система теплових насосів типу «Земля-Вода»:

- 1 – горизонтальний колектор
- 2 – геотермальні зонди
- 3 – спіральний колектор

*Глибинна геотермія* передбачає використання геотермальних зондів глибиною більше 500 м. Такі зонди вперше було випробувано у Швейцарії на початку 1990-х рр. Починаючи з 1994 р., у місті Пренцлау (земля Бранденбург, Німеччина) експлуатується глибинний геотермальний зонд глибиною майже 3000 м. Отримувана енергія акумулюється у мережі централізованого теплопостачання міських електростанцій. Вода, нагріта у глибинному зонді, через теп-

лообмінник віддає енергію у будинки, потім охолоджується і повертається назад у надра, щоб знову там нагрітися і повторити свій цикл.

Геотермальні електростанції (ГеоТЕС) для генерування струму можуть використовувати пару та перегріті геотермальні води. Суха пара зі свердловини надходить у турбіну чи генератор для вироблення електроенергії. Геотермальні води температурою понад  $190^{\circ}\text{C}$  природним чином підіймаються вгору свердловиною та подаються у сепаратор, де внаслідок зменшення тиску киплять і перетворюються на пару. Пара спрямовується у генератор або турбіну і виробляє електрику (Рис. 44). ГеоТЕС, розташовані там, де наявні родовища пари і гарячих термальних вод, цілодобово виробляють електроенергію. Геотермальні ТЕЦ можуть забезпечувати теплом велику кількість будівель.



- А – перший (паровий) контур;
- В – другий контур на ізобутані;
- 1 – експлуатаційна свердловина;
- 2 – сепаратор вода/пара;
- 3 – парова турбіна;
- 4 – теплообмінник;
- 5 – насос закачування;
- 6 – нагнітальна свердловина;
- 7 – перегрівник;
- 8 – турбіна на ізобутані;
- 9 – повітряний/водяний конденсатор;
- 10 – збирач конденсату;
- 11 – насос

Рис. 44. Принципова схема роботи двоконтурної ГеоТЕС

Загалом доцільність використання геотермальної енергії визначається капітальними витратами на спорудження свердловин, вартість яких зростає зі збільшенням глибини. Оптимальна глибина свердловин становить у середньому 5 км. Геотермальні води використовують двома способами: фонтанним (теплоносій викидається у навколишнє середовище) і циркуляційним (теплоносій закачується назад у продуктивну товщу). Перший спосіб дешевше, але екологічно небезпечний; другий дорожчий, проте забезпечує збереження навколишнього середовища. Тепла чи гаряча вода подається на поверхню через глибоку сверд-

ловину, потім охолоджується і через іншу свердловину відводиться назад у ґрунт, причому в той самий шар, з якого вона була відібрана. Таким чином, у ґрунті зберігається гідравлічний баланс, і не викачуються запаси термальних вод. Отримане від води тепло передається у мережу централізованого теплопостачання. Систему теплопостачання за допомогою двох свердловин називають *геотермальним дублетом*. Одночасно з отриманням тепла можна добувати з розсолів хімічні елементи і сполуки (магнію, літію, бром).

У світі активно розвивають нові технології, серед яких HDR-технологія («Hot-Dry-Rock» – гарячі сухі гірські породи), за якою працюють HDR-електростанції. Принцип їхньої дії доволі простий: гарячі глибинні гірські породи освоюються свердловинами. За допомогою тиску води між свердловинами утворюються нові або розширюються існуючі протоки. Так формуються своєрідні підземні теплообмінники, у яких може нагріватися вода, що закачується з поверхні землі, а потім знову доставляється вгору і приводить у дію турбіну. Циркуляція у HDR-системах відбувається замкнутим контуром під тиском, що перешкоджає закипанню води, а пара утворюється тільки на турбіні.

Тепло можна не тільки отримувати з надр, але й *акумулювати* у землі. Влітку надлишок тепла з будинків можна перекачувати у ґрунт через геотермальні зонди або енергетичні палі, а взимку забирати назад з ґрунту. Якщо у ґрунті є водоносний шар без течії або з незначною течією води, його можна використовувати для безпосереднього акумулювання тепла. Такий водоносний резервуар є, наприклад, в будинку Берлінського Рейхстагу. Влітку там через свердловини у ґрунт відводяться залишки тепла з теплоелектроцентралі. Пізніше під час опалювального сезону їх можна знову використовувати.

Незважаючи на те, що тепло Землі здавна використовували у різноманітних цілях – і для мінеральних ванн, і для виробництва енергії, завжди все зводилося до одного питання: чи є у певному місці необхідне підземне тепло. Постійно ведеться пошук нових, ефективніших шляхів використання земної енергії. Нові технології дозволяють виробляти електроенергію на воді, ледь гарячішою за ранкову каву. Ось як це працює: гаряча джерельна вода передається у спеціальну машину і нагріває спіраль, утворюється пара, що у свою чергу рухає турбіну, яка виробляє електроенергію. При цьому вода не викачується із землі – її піднімають, пропускають через систему і повертають назад у землю. Цей процес дозволяє значно збільшити кількість місць, де можна використовувати геотермальну енергію. Створення підземних циркуляційних систем з повним або

частковим поверненням відпрацьованої води у продуктивні пласти підтримує гідравлічну рівновагу в підземних пластах, запобігає виснаженню запасів геотермальних та забрудненню природного середовища навколо геотермальних об'єктів.

Порівняно новим напрямом використання тепла Землі є *геотермальна вентиляція*, призначена для стабілізації температури припливного повітря протягом року в діапазоні 16-20°C. З цією метою створюють системи підземних трубопроводів, які діють за основним законом теплообміну – більш нагріті тіла віддають тепло менш нагрітим (Рис. 45). Вони пропускають через ґрунт, температура якого цілий рік коливається у межах 5-10°C, холодне вуличне повітря взимку, нагріваючи його, а влітку – навпаки, тепле повітря з подальшим його охолодженням. Така система вентиляції вперше була змонтована 1977 р. у США для створення мікроклімату свинарнику. Теплообмінник складався з 12 повітропроводів довжиною 30 м, заглиблених у землю на 3 м. Взимку повітря у приміщенні нагрівалося до +25°C за температури зовні -28°C, а влітку охолоджувалося до +14°C за температури зовні +35°C.

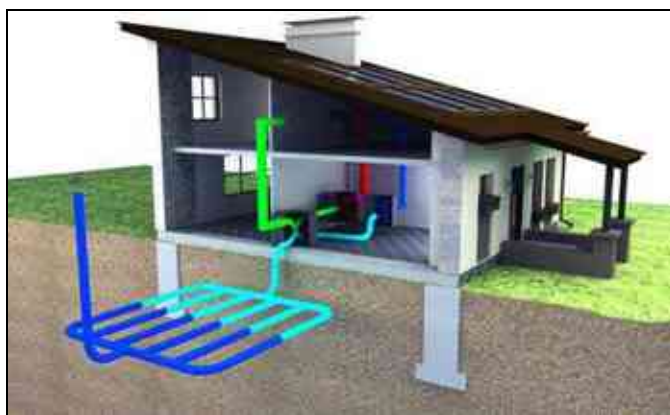


Рис. 45. Геотермальні вентиляційні системи

Тепло високотемпературних термальних вод успішно використовується для вироблення електроенергії, а низькотемпературних – для опалення житлових будинків, плавальних басейнів і теплиць.

Геотермія має беззаперечні переваги порівняно з іншими джерелами енергії, зокрема:

У температура теплоносія значно менша за температуру спалювання традиційного палива;



- У найкращий спосіб використання геотермальної енергії – комбінований (виробництво електроенергії + обігрів);
- У геотермія не залежить від часу доби, пори року або кліматичних умов;
- У оскільки геотермальні ресурси можна знайти у безпосередній близькості до споживача, відпадає необхідність створювати системи передачі енергії;
- У відсутність традиційного процесу горіння виключає й прямі викиди вуглекислого та інших ПГ, а його незначні емісії відбуваються тільки через застосування електроагрегатів.

Натомість деякі переваги одночасно стають недоліками геотермії, зокрема обмеженість використання тепла місцем його видобування, а також зростання вартості спорудження свердловин зі збільшенням глибини буріння. Крім того, певний негативний вплив на природне середовище все ж таки має місце – у атмосферу надходить додаткова кількість розчинених у підземних водах сполук сірки, бору, миш'яку, аміаку, ртуті; водяна пара, що викидається, збільшує вологість повітря; процес супроводжується акустичним ефектом; може відбуватися опускання земної поверхні, а також засолення земель.

Станом на жовтень 2018 року глобальна встановлена геотермальна потужність досягла 14 369 МВт після добудови нових ГеоТЕС у Туреччині та Новій Зеландії, яка приєдналася до клубу країн з геотермальною потужністю більше 1 ГВт (1 GW Geothermal Countries Club) (Рис. 46). У 2018 році додалося 539 МВт нових потужностей, з яких 219 МВт – у Туреччині та 137 МВт – в Індонезії. За прогнозами ІЕА, до 2023 року глобальна потужність геотермальної енергетики становитиме трошки більше 17 ГВт. При цьому найвищі прирости потужностей очікуються в Індонезії, Кенії, Філіппінах і Туреччині.

Світовим лідером вироблення електроенергії з гарячих гідротермальних джерел є США. Найпотужніша у світі ГеоТЕС «The Geysers» розташована у долині Великих Гейзерів (штат Каліфорнія). Це цілий комплекс з 22-х електростанцій сумарною потужністю 1,5 ГВт. Загальна площа території, де розташовані геотермальні джерела, становить 78 км<sup>2</sup>. Незважаючи на то, що пікова потужність «The Geysers» (2000 МВт у середині 1980-х) нині знизилася, енергія від цих джерел дозволяє забезпечувати 60% потреб у електриці північного узбережжя Каліфорнії.



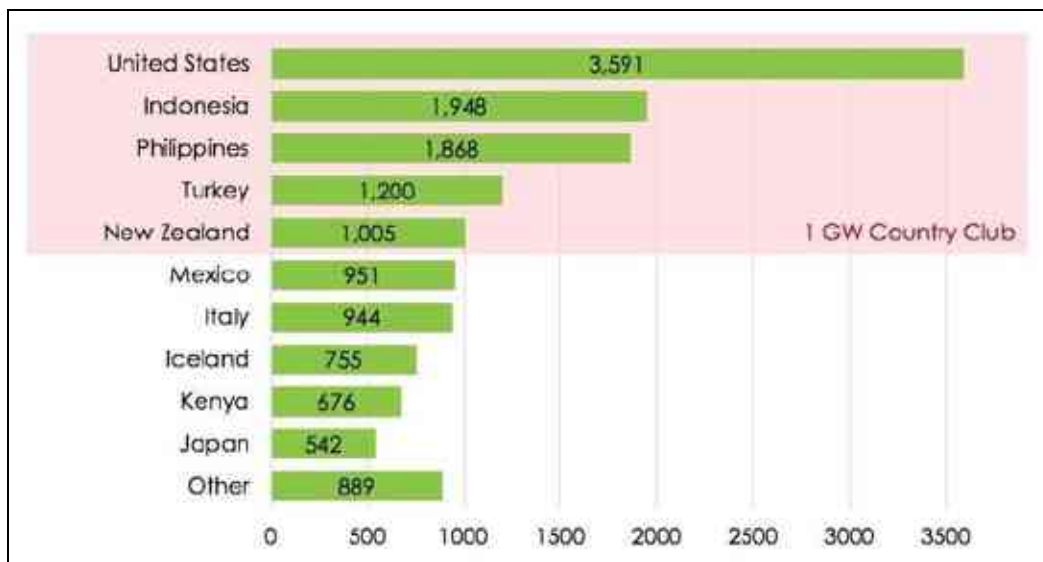


Рис. 46. Топ-10 країн світу з геотермальною енергетикою (на жовтень 2018 р.)

«Країна льодовиків», так називають Ісландію, давно і ефективно використовує гідротермальну енергію своїх надр. Тут відомо понад 700 термальних джерел, які виходять на земну поверхню (Рис. 47). 90% ісландських будинків і підприємств опалюються за рахунок геотермальних джерел. Столиця країни Рейк'явік протягом півстоліття повністю опалюється підземним теплом. За цей час викиди CO<sub>2</sub> в місті скоротилися з 250 тис т щороку до нуля. Енергетична компанія ON Power розпочала експериментальне виробництво водневого палива біля ГеоТЕС «Hellisheidi» (Рис. 48) неподалік Рейк'явіка. Електролізер, встановлений геотермічною установкою, здатен виробляти достатньо водню для всіх наявних в Ісландії автомобілів з водним двигуном.

Наприкінці 2014 р. у Африці запустили найпотужнішу в світі на той час ГеоТЕС «Олкарія» потужністю 140 МВт, розташовану за 100 км від Найробі, столиці Кенії (Рис. 49). Нині Кенія стала незаперечним лідером використання геотермальної енергії на африканському континенті. Вулканічний район Олкарія має геотермальний потенціал 2000 МВт, що удвічі перевищує необхідну країні електроенергію. Можливість реалізації подібних проектів існує і в інших частинах континенту, адже Великий африканський розлом простягається на 4840 км і дуже багатий на геотермальні ресурси.

Значні запаси геотермальних вод є й в Україні – на Закарпатті, у Криму, а також у Львівській, Донецькій, Запорізькій, Луганській, Полтавській, Харківській, Херсонській, Чернігівській та інших областях.



Рис. 47. Геотермальні гарячі джерела у громаді Fludir, Ісландія

Рис. 48. ГеоТЕС «Hellisheidi» в Ісландії

Найбільш перспективним для розвитку геотермальної енергетики регіоном є Закарпаття, де, за геологічними і геофізичними даними, на глибині до 6 км температури гірських порід досягають 230-275°C. Тут доцільними є бурові свердловини глибиною від 55 до 1500 м, де температура води у гирлі свердловини становить 40-60°C, а на глибинах до 2000 м температура зростає до 90-100°C.



Рис. 49. ГеоТЕС «Олкарія» у Кенії

Отже, геотермальна енергія є тим необмеженим джерелом, що може відіграти важливу роль у задоволенні світових енергетичних потреб. Це джерело надає чисту енергію для опалення і охолодження, виробництва електрики, а також для інших цілей – сушки зерна і пиломатеріалів, обробки целюлози і паперу, вирощування фруктів і овочів, утеплення ґрунту тощо. Геотермальні ресурси експлуатуються нині у 83 країнах світу. Використовується дуже незначна

частка енергії земних надр, і є величезний потенціал для її розвитку та задоволення зростаючих енергетичних потреб.

### **5.3.5 Гідроенергетика та її геоекологічні наслідки**

Світовий океан поглинає значну частину енергії, що надходить від Сонця, акумулюючи її. Тут відбуваються припливи і відпливи, виникають океанські течії, річки несуть величезні маси води у моря і океани. Отже, енергія води (гідроенергія) також є перетвореною енергією Сонця. Спадаюча вода здавна використовувалась для обертання лопатних коліс і турбін. Вода була першим джерелом енергії, яку людина використовувала за допомогою примітивної водяної турбіни понад 2 тис років тому. Енергія спадаючої води, що обертає водяне колесо, служила для розмелу зерна, розпилювання деревини і виробництва тканин. Виробництво електроенергії за допомогою спадаючої води розпочалося у другій половині XIX ст. Перша у світі гідроелектростанція була використана для живлення однієї лампи у графстві Northumberland (Англія) у 1878 р. Першою компанією, яка 1882 року розпочала вироблення електроенергії з Ніагарського водоспаду, була Niagara Falls Hydraulic Power & Manufacturing Company (США).

За визначенням Міжнародної гідроенергетичної асоціації (International Hydropower Association, ІНА), гідроенергетика – це універсальна, гнучка технологія, яка може забезпечувати відновлюваною електроенергією один будинок, а може – промисловість і населення у регіональному і навіть національному масштабах. В сучасній гідроелектростанції (ГЕС) маса води з великою швидкістю спрямовується на лопаті турбін. Механічна енергія води за допомогою турбіни передається генератору і там перетворюється на електричну. Після цього вода стікає в річку через тунель, втрачаючи при цьому швидкість.

ГЕС відрізняються потужністю, способами використання водних ресурсів та виконуваними функціями. У різних країнах по-різному визначають параметри класифікації ГЕС. Зокрема, найбільш поширеними у світі є *греблеві* ГЕС, коли річка повністю перекривається греблею. Зазвичай такі станції будують на багатоводних рівнинних річках, а також на гірських річках, де звужується русло (Рис. 50). За сильнішого натиску води зводяться *пригреблеві* ГЕС. Річка також повністю перекривається греблею, а вода підводиться до турбін через напірні тунелі. Гідроелектростанції *дериваційного типу* будуються на річках з великим ухилом, де необхідний напір створюється за допомогою деривації (Рис. 51).



Рис. 50. Греблева ГЕС «Три ущелини» на р. Янцзи у Китаї – найпотужніша в світі



Рис. 51. Труби дериваційної ГЕС Churchill Falls (Канада), які доставляють воду до турбін

Спорудження ГЕС і гребель на річках спричинює певні негативні наслідки для природного середовища. Коли течія річки сповільнюється, як це зазвичай відбувається під час потрапляння її вод у водосховище, завислий осад опускається на дно. Нижче водоймища чиста вода, потрапляючи у річку, набагато швидше розмиває річкові береги, відновлюючи обсяг осадів, утрачений у водосховищі. Тому посилення ерозії і абразії берегів нижче за течією від водоймища – звичайне явище. Дно водосховища поступово вкривається шаром осадів, яких з часом накопичується стільки, що вони починають займати значну частину корисного об'єму водоймища. І тоді водосховище втрачає свою ефективність.

Іншим вагомим наслідком є затоплення та незворотна втрата цінних земель після заповнення водосховища. Зникають також тварини і рослини, причому це не тільки сухопутні види; риби з перегороженої греблею річки теж можуть зникнути, оскільки гребля перешкоджає їхньому нересту. Протягом літа і осені нижні шари води у водосховищі бідніють на кисень через неповне перемішування води і бактеріальний розклад відмерлих рослин, що вимагає великої кількості кисню. Коли бідна на кисень вода випускається із водосховища, це негативно впливає на рибу та інших гідробіонтів нижче за течією.

Розглянуті негативні наслідки спонукають суспільство до пошуку нових рішень. Наприклад, бельгійська компанія Turbulent розробила революційну модель мікро-ГЕС, здатну виробляти до 200 кВт енергії, не впливаючи на природний потік річки. Інноваційна турбіна створена за допомогою 3D-друку і ґрунту-

ється на принципах біомімікрії<sup>17</sup>. Turbulent – турбіна нового покоління, головна перевага якої полягає у застосуванні природних принципів вихрових потоків для конвертації річкової енергії в електрику. У процесі роботи турбіни штучно створюється вир для концентрації енергії в одній точці (Рис. 52).

Ці децентралізовані мікро-ГЕС використовують перепад висот менше 3 м і будуються з використанням стандартних компонентів модульним способом. У поєднанні з біоміметичним робочим колесом і самонавчальним програмним забезпеченням, установка спроектована так, щоб підтримувати високу ефективність і низьке технічне обслуговування. Нині Turbulent завершив свою першу комерційну турбіну, яка постачає 15 кВт на чилійську ферму, використовуючи місцевий іригаційний канал. Важливою перевагою мікро-ГЕС Turbulent є повна екологічність, на відміну від дамб і водосховищ. Наприклад, якщо риба потрапить в турбіну, вона легко зможе виплисти з неї завдяки низькому тиску і конструкції установки. Конструкція турбіни запобігає накопиченню різноманітного сміття, плаваючого в річках, і тому не вимагає частого технічного обслуговування. Створена з міцних матеріалів, Turbulent може безперебійно працювати до 20 років.

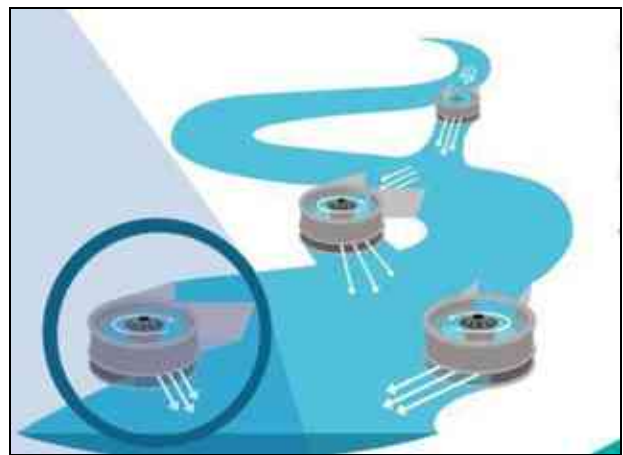
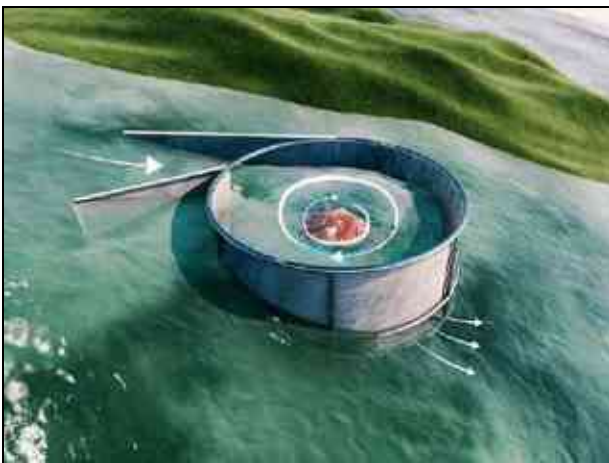


Рис. 52. Мікро-ГЕС Turbulent з вихровими турбінами

Згідно зі звітом ІНА, у 2018 році введено в експлуатацію понад 21,8 ГВт гідроенергетичних потужностей. Загалом вироблення гідроелектроенергії досягло рекордних 4200 ТВт-год, що є найбільшим внеском з усіх ВДЕ, оскільки

---

<sup>17</sup> Біомімікрія (біоніка, біоміметика) – використання біологічних методів і структур для розроблення інженерних рішень. Ідея належить Леонардо да Вінчі.



встановлена глобальна потужність гідроенергетики зростає до 1 292 ГВт (Рис. 53). Лідером є Китай, який додав найбільшу потужність у 8540 МВт, за ним Бразилія (3866 МВт), Пакистан (2487 МВт), Туреччина (1085 МВт), Ангола (668 МВт), Таджикистан (605 МВт), Еквадор (556 МВт), Індія (535 МВт), Норвегія (419 МВт) і Канада (401 МВт).

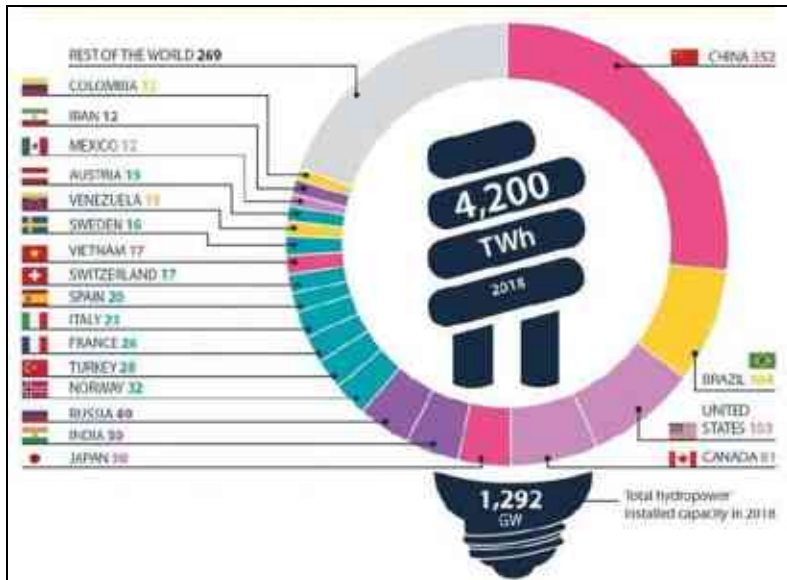


Рис. 53. Глобальні встановлені гідроенергетичні потужності (ГВт) станом на 2018 рік (за даними ІНА)

Підсумовуючи, зауважимо, що саме гідроенергетика відіграє ключову роль у зменшенні залежності світу від викопного палива і запобіганні забрудненню повітря. У той час, коли майже 1 млрд людей по всьому світу не мають доступу до електрики і 2,1 млрд осіб не мають безпечного водопостачання, гідроенергетика є надійним і доступним джерелом низьковуглецевої електрики і прісної води. Багатоцільові гідроенергетичні резервуари є життєво важливим засобом управління прісною водою, її постачанням для сільського господарства, житла і бізнесу та пом'якшення наслідків екстремальних погодних явищ, зокрема повеней і посух.

Фахівці IRENA (2019) підраховали: якщо гідроелектростанції замінити виробленням на вугіллі, щорічно викидатиметься до 4 млрд т парникових газів, що збільшить глобальні викиди від викопного палива і промисловості на 10% щороку. Крім того, додатково викидатиметься 148 млн т забруднювальних речовин, 62 млн т діоксиду сірки і 8 млн т оксиду азоту. Незважаючи на відносно високі початкові витрати, гідроенергетика забезпечує дешеву електрику протягом тривалого терміну служби. Глобальна середньозважена вартість електроенергії у рамках гідроенергетичних проектів 2018 року становила лише \$0,047 за кВт-год. Гідроенергетичні проекти можуть надавати чисту вигоду для громад,

енергетичних систем і водної безпеки, але за умови, що вони мають стратегічну сумісність з річковим басейном і стійкий розвиток. Гідроенергетика може допомогти збалансувати енергосистеми та сприяти інтеграції більшої частки вітрової і сонячної генерації – як за рахунок повторного використання існуючих потужностей, так і за допомогою стратегічно розроблених нових проектів, стійких до зміни клімату.

### ***5.3.6 Геоекологічний вплив на довкілля інших поновлюваних джерел***

*Морські припливи* є результатом гравітаційного тяжіння водних мас з боку Місяця і меншою мірою – Сонця. Під впливом обертання Землі частина океанської води підіймається і утримується у цьому положенні силою гравітаційного тяжіння. Коли водний «горб» досягає суші, настає приплив. Подальше обертання Землі послабляє вплив Місяця, і приплив спадає. Припливи і відпливи повторюються двічі на добу, хоча їхній точний час змінюється залежно від сезону і положення Місяця. Відповідно енергія припливів складається з потенційної енергії води і кінетичної енергії хвилі, що рухається. За приблизними розрахунками, енергетичний потенціал припливів Світового океану значно перевищує сумарну енергію всіх річок земної кулі.

Якщо Місяць, Сонце і Земля сходяться на одній прямій, Сонце своїм тяжінням підсилює дію Місяця, і настає сильний приплив. Коли ж Сонце стоїть під прямим кутом до відрізка Земля-Місяць (квадратура), настає слабкий приплив (мала вода). Сильні й слабкі припливи повторюються кожні сім днів. На реальний припливно-відпливний хід впливають особливості руху небесних тіл, характер берегової лінії, глибина води, морські течії й вітер. Найвищі припливи бувають тоді, коли Місяць і Сонце знаходяться майже на одній лінії, адже сумарний гравітаційний вплив збільшує обсяги переміщеної океанської води.

Найвищі припливні хвилі виникають у вузьких затоках або гирлах річок, що впадають у моря і океани. Наприклад, припливна хвиля Індійського океану котиться проти течії Гангу на відстань 250 км від його гирла. Припливна хвиля Атлантичного океану розповсюджується Амазонкою на 900 км вгору. У закритих морях, наприклад, Чорному або Середземному, виникають малі приливні хвилі. Найбільш придатними для використання енергетичного потенціалу є ті ділянки морського узбережжя, де припливи мають велику амплітуду, а контур і рельєф берега дозволяють влаштувати великі замкнуті «басейни».

Для отримання електричної енергії необхідно створити припливні електростанції (ПЕС). Першу морську ПЕС потужністю 635 кВт було побудовано 1913 р. в бухті поблизу Ліверпуля (Англія). У 1935 р. для будівництва ПЕС перегородили частину затоки на східному узбережжі США, але роботи довелося припинити через надто м'який ґрунт морського дна. 1966 року Франція збудувала ПЕС «Ля Ранс» на річці Ранс потужністю 240 МВт (Рис. 54).

Першим у світі масштабним комерційним припливним генератором, підключеним до загальної енергомережі, у 2009 р. стала ПЕС «SeaGen» у затоці Стренгфорд Лоу (Північна Ірландія) потужністю 1,2 МВт. У 2015 р. погоджено проект будівництва першої у світі лагунної ПЕС «Swansea» в Південно-Західному Уельсі. За проектом, станція матиме вигляд морської стіни у затоці Суонсі з турбінами для виробництва електрики (Рис. 55). Цей проект було відхилено урядом через дорожнечу, але нині декілька крупних компаній зацікавлені у його відновленні.



Рис. 54. Дамба ПЕС «La Rance» (Франція)



Рис. 55. Проектована лагунна ПЕС «Swansea» (Уельс)

2011 р. у Південній Кореї біля міста Ансан запрацювала найпотужніша на той час ПЕС «Sihwa Lake Tidal», побудована у штучній затоці Сихва-Хо. На електростанції встановлено десять турбін потужністю 25,4 МВт кожна і вісім шлюзних воріт. Найбільша у світі станція приливної енергії «MeuGen» нині будується в Пентланд-Ферт, одному з найпотужніших приливних районів на півночі Сполученого Королівства між материковою Шотландією і Оркнейськими островами (Рис. 56). ПЕС має забезпечувати електроенергією 175 тис будинків. За проектом, до 2030 року припливна потужність MeuGen може досягти 10 ГВт.





Рис. 56. Підводні турбіни ПЕС MeyGen (Шотландія)

Головною перешкодою на шляху розвитку припливної енергетики є величезна дорожняча спорудження ПЕС. Іншим несприятливим фактором є необхідність прокласти коштовні лінії електропередач, якщо ПЕС розташовується далеко від споживачів. Недоліком припливної енергії є також непостійність її вироблення. Якщо ПЕС обладнана реверсивними турбінами, то енергія може вироблятися і за рахунок наступаючого припливу, але тільки після того, як рівень припливу достатньо перевищить рівень води за греблею. Коли приплив досягає максимальної висоти, вироблення енергії знову наближається до нуля. Таким чином, крива вироблення енергії то піднімається, то падає двічі на добу відповідно до двох припливних циклів.

Спорудження ПЕС може сприяти прискоренню берегової ерозії, а низинні ділянки, включаючи дороги, затоплюються у разі шторму під час припливу. Втрати берегової смуги внаслідок припливного затоплення (від 15 до 40 км<sup>2</sup>) залежать від крутизни схилів і характеру берегової лінії. Збільшена висота припливу може викликати надходження більш солоної води в устя річок і цим змінити умови мешкання водних організмів. Зі збільшенням амплітуди припливів виникатимуть посилені припливні течії, що може призвести до розмивання піщаних відмілин і заповнення піском існуючих судноплавних рукавів.

В межах припливної зони ПЕС, яка оголюється під час відпливу, на піщаних берегах живуть риучі організми – краби, креветки, хробаки, двостулкові молюски, а на скелястих – мідії, устриці, морські жолуді, великі водорості. У воді припливної зони мешкає фітопланктон – діатомові водорості, які приносяться і виносяться з водою припливів. Припливна енергія порушує стійку рівновагу екосистем припливної зони. Спорудження ПЕС також завдає шкоди мігруючим видам, яким унеможливлено прохід через турбіни електростанції. Пе-

релітні птахи, що харчуються на солоних маршах<sup>18</sup> (пісочники і сивки), втрачають кормову базу в приливному басейні. Ще багато питань, пов'язаних з наслідками впливу ПЕС на живу природу, потребують поглибленого дослідження. І все ж таки, використання приливної енергії має великий потенціал для майбутнього, оскільки припливи більш передбачувані, ніж енергія Сонця і вітру: доки існує гравітація, океан завжди відступатиме і повертатиметься назад.

Величезний запас енергії міститься у *морських хвилях* – це кінетична енергія коливань водної поверхні під дією вітру. За оцінками американських дослідників, середня хвиля висотою 3 м несе приблизно 100 кВт енергії на 1 м<sup>2</sup> узбережжя. Хвильові енергетичні установки використовуються для живлення маяків, буїв, сигнальних морських вогнів, стаціонарних океанологічних приладів, розташованих далеко від берега. Порівняно зі звичайними акумуляторами та іншими джерелами живлення, вони дешевші й надійніші. Наприклад, у Японії, де понад 300 буїв і маяків отримують енергію від таких установок.

Відомий вчений К.Е. Ціолковський у 1935 р. першим описав принципові схеми вилучення енергії з морських хвиль, які й нині є актуальними. Одну з перших хвильових електростанцій (ХвЕС) було споруджено у 1970 р. поблизу норвезького міста Берген. Вона має потужність 350 кВт і забезпечує енергією селище із сотні будинків. Усі типи морських хвильових електростанцій, які будуються і працюють нині, створені за єдиним принципом: у спеціальному буї-поплавку під дією хвилі коливається рівень води. Це призводить до стискання у ньому повітря, яке рухає турбіну. В експериментальних електростанціях навіть невеликі хвилі висотою 35 см примушують турбіну розвивати швидкість понад 2 тис обертів за хвилину.

У Японії з 1978 р. працює плавуча ХвЕС, яка дозволяє перетворювати енергію хвиль у камерах компресорного типу на енергію стиснутого повітря. Потім лопатки турбіни обертають електрогенератор. Хвильовий електрогенератор успішно експлуатується на плавучому маяку порту Мадрас в Індії. У Норвегії з 1985 р. діє перша у світі промислова ХвЕС потужністю 850 кВт. Енергоустановки такого типу є ефективними для невеликих населених пунктів на узбережжі океану.

---

<sup>18</sup> *Солоні марші* – низовинні смуги морського узбережжя, підвладні дії високих припливів або нагонів морської води.



метеосистеми, навігаційні й телекомунікаційні системи, апаратури аварійного життєзабезпечення тощо. Потужні багатомодульні ХЕК можуть бути надійною енергетичною базою для створення екологічно чистих об'єктів переробної промисловості морського і прибережного базування. На таких об'єктах можна переробляти морепродукти, опріснювати воду, на основі електросинтезу отримувати мономери і полімери.

Найбільшу перспективу має використання багатомодульних ХЕК для електролізного виробництва водню, кисню і озону, що набагато ефективніше технологій конверсії вуглеводнів чи нафтопродуктів. Порівняно з іншими енергоносіями, ХЕК зазвичай розташовуються ближче до споживачів, що дозволяє оперативно реалізовувати електроенергію, тепло, кисень, водень. Споживачі при цьому не залежать від централізованого енергопостачання. Отже, переваги хвильової енергетики передусім у тому, що вона достатньо сильно сконцентрована, доступна для перетворення і на будь-який проміжок часу може прогнозуватися залежно від погодних умов. Утворюючись під дією вітру, хвилі добре зберігають свій енергетичний потенціал, розповсюджуючись на значні відстані. У перспективі оволодіння хвильовою енергією дозволить значно підвищити енергетичний потенціал морських країн.

Величезні нерозвідані запаси енергії, яка може бути ефективно перетворена на інші форми енергії, містяться у солоній океанській воді. Це так звана *«солонна» енергія*. Осмотичний тиск, що виникає від змішування прісних річкових вод із солоними, пропорційний різниці концентрації солей у цих водах. Джерелом осмотичної енергії також можуть бути соляні куполи у товщі океанського дна. За розрахунками вчених, енергії при розчиненні солі середнього за запасами нафти соляного куполу можна отримати не менше, ніж при використанні нафти, яка міститься у цьому куполі. Роботи з перетворення «солоні» енергії на електричну поки що перебувають на стадії проектів.

Вироблення електроенергії за рахунок використання градієнтів солоності між солоною і прісною водою є відносно новою концепцією. Незважаючи на те, що дослідження розпочато у 1970-х роках, вони активізувалися тільки недавно. Нині тестуються два методи мембранної технології: метод зворотного електродіалізу (RED) і осмос із затримкою тиску (PRO). Обидві технології засновані на іон-специфічних мембранах, через які можуть проходити тільки певні речовини. Основною перешкодою практичного застосування проектів є вартість мембран. Особливо активні у даних дослідженнях Норвегія і Нідерланди.

Ще одним потенційним джерелом відновлюваної енергії є температурні відмінності різних шарів вод Світового океану. Між теплими поверхневими водами, які поглинають сонячне випромінювання, і холоднішими придонними, різниця температур іноді сягає 20-25°C. Використання *різниці температур* океанської води для виробництва електроенергії називають перетворенням океанської теплової енергії (Ocean Thermal Energy Conversion, ОТЕС). Тепла поверхнева вода прокачується через випарник, що містить робочу рідину. Випаровування рідини приводить до руху турбіну чи генератор. Для опріснення води системи ОТЕС можуть використовувати конденсовану воду.

Серйозні дослідження технології ОТЕС було розпочато у 1974 році, коли США збудували енергетичну лабораторію NELHA на узбережжі Гавайських островів. На її базі створили експериментальну станцію mini-ОТЕС потужністю 50 кВт, яка стала першим в історії позитивним досвід, отриманий від експлуатації mini-ОТЕС, дозволив швидко приступити до проектування потужніших систем подібного типу. Лабораторія експлуатувала демонстраційну установку ОТЕС потужністю 250 кВт протягом шести років. На базі лабораторії в Кайлуа-Кона (Гаваї) побудовано дослідницький центр з енергетики океану (OERC), присвячений демонстрації та вдосконаленню технологій використання теплової енергії океану (Рис. 59). ОERC має унікальне обладнання з постійним доступом до мілкої і глибокої морської води. Тут встановлено турбогенератор, який з кінця літа 2015 року подає в мережу електроенергію ОТЕС із замкнутим циклом. ОERC дозволяє швидко проектувати, створювати і тестувати теплообмінники ОТЕС на діючій установці (Рис. 58).

Невичерпними також є запаси *кінетичної енергії морських течій*, яку можна перетворювати на механічну і електричну енергію за допомогою турбін, занурених у воду. Одним з основних переваг цієї технології є щільність енергії. У той час як сонячні й вітрові системи добре підходять для віддалених від мережі місць, енергія течій ідеально підходить для великомасштабних проектів. Морська вода у 832 рази щільніше повітря, що забезпечує океанську течію в 5 вузлів більшою кінетичною енергією, ніж має вітер зі швидкістю 350 км/год. На противагу вітровим двигунам, підводні турбіни не створюють шуму, не загороджують світло і не викликають вібрацію. Потік води обертає лопаті турбіни, а генератор через підводні кабелі передає електроенергію на поверхню. Така електростанція може бути встановлена на дні моря (Рис. 61) або плавати (Рис. 60).



Рис. 59. Центр досліджень енергії океану в Kailua-Kona, Гаваї

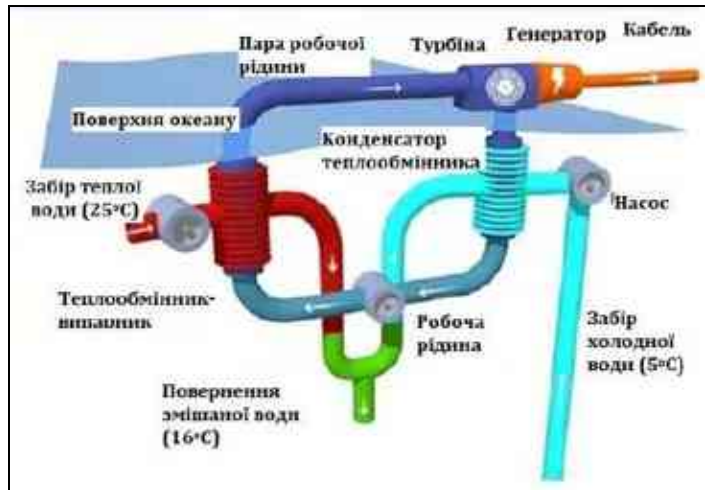


Рис. 58. Принципова схема установки з перетворення океанської теплової енергії (ОТЕС)

Потенційне використання морських течій в якості енергетичного ресурсу стало привертати увагу в середині 1970-х років після першої нафтової кризи. Основними країнами, в яких проводилися дослідження, були Японія, Великобританія і Канада. У 2011 р. японські компанії ІНІ і Toshiba розпочали спільний проект з використання течії Куросіо, де швидкість руху течії становить близько 5 км/год., що відповідає швидкості вітру приблизно 50 км/год. Використовуються турбінна система океанічної течії плаваючого типу з двох турбін, які обертаються в різних напрямках. Система пришвартовується від якоря на морському дні та підвішується під водою. При цьому глибина становить близько 100 м, а турбінна система встановлюється на 30-50 м нижче поверхні моря. З 2018 по 2020 рр. турбінна система демонструється у восьми морських районах.

Технології використання величезного енергетичного потенціалу Світового океану поки що перебувають на ранніх стадіях розвитку – від концептуальної до демонстраційної. Головною перешкодою на шляху їхнього розвитку є дорожнеча спорудження енергетичних установок. Крім того, поглибленого дослідження потребує багато питань, пов'язаних з наслідками впливу розробок на природне середовище. Проекти морської енергетичної інфраструктури є випробувальним полігоном для тестування нових офшорних технологій. Нині передові позиції належать дослідженням хвильової і припливної енергії, які прогнозовано відіграватимуть значну роль у забезпеченні людства енергією. У перспе-



ктиві оволодіння енергією Світового океану дозволить значно підвищити енергетичний потенціал морських країн.



Рис. 61. Підводні турбіни на дні



Рис. 60. Підвішена турбінна система плаваючого типу

Якщо брати до уваги виключно шкідливий вплив тих чи інших видів повновлюваної енергетики на довкілля, справедливим буде твердження про те, що тільки *спалювання водню* є абсолютно екологічно безпечним, оскільки у цьому процесі нічого, крім води, не утворюється. Якби водень був так само доступний, як, наприклад, природний газ, він би й справді став ідеальним паливом. Майже усі енергетичні проблеми могло б вирішити використання водню як палива і створення так званого водневого енергетичного господарства. Однак реальні промислові методи одержання водню базуються або на генеруванні його з інших видів органічного палива (природного газу, продуктів нафтопереробки), або на електролізі води.

Водень, найпростіший і найлегший з усіх хімічних елементів, наявний усюди, де є вода. При спалюванні водню утворюється вода, яку можна знову розкласти на водень і кисень, причому цей процес не викликає ніякого забруднення навколишнього середовища. Водневе полум'я не виділяє у атмосферу продуктів горіння будь-яких інших видів палива: вуглекислого газу, окису вуглецю, сірчистого газу, вуглеводнів, золи тощо. Водень має дуже високу теплотворну здатність: спалювання 1 г водню дає на виході 120 Дж теплової енергії, а 1 г бензину – тільки 47 Дж. Водень – синтетичне паливо; його можна отримувати з вугілля, нафти, природного газу або шляхом розкладання води. За даними Водневої Ради (Hydrogen Council), до 2050 року воднева енергетика становитиме 20% від світової енергетичної генерації.

У доповіді ІЕА «Майбутнє водню: використання можливостей сьогоднішнього дня» (2019) йдеться про те, що використання водню все ще стикається із серйозними проблемами. Виробництво водню з низьковуглецевої енергії є дорогим, тому розвиток водневої інфраструктури йде повільно. Водень нині вже використовується у промислових масштабах, але він майже повністю постачається з природного газу і вугілля. На його виробництво, переважно для хімічної і нафтопереробної промисловості, доводиться 830 млн т викидів CO<sub>2</sub> щороку. Це еквівалентно річним викидам вуглецю в Сполученому Королівстві та Індонезії, разом узятих.

Нині у світі налічується близько 11 200 автомобілів з водневим двигуном. Згідно цілей сталого розвитку, їхня кількість має збільшитися до 2,5 млн до 2030 року. ІЕА акцентує на перспективах чистого водню для декарбонізації секторів, де скорочення викидів є найважчим, наприклад, важкої промисловості й транспорту. Фахівці працюють над здешевленням технологічних процесів великотоннажного виробництва водню за рахунок ефективнішого розкладання води, високотемпературного електролізу водяної пари, застосування каталізаторів тощо. Коли водень стане доступним паливом, його можна буде використовувати в кухонних плитах, як нині природний газ.

Оскільки спалювання водню не залишає ніяких шкідливих продуктів згоряння, відпадає потреба у системах відведення цих продуктів для опалювальних водневих пристроїв. Водяну пару, що утворюється при цьому, можна вважати корисним продуктом, бо вона зволожує повітря. А відсутність димарів не тільки сприяє економії будівельних витрат, але й підвищує на 30% ККД опалювання. Крім того, водень може служити хімічною сировиною для багатьох галузей промисловості, наприклад, металургії й нафтохімії. Його також можна використовувати і для вироблення електроенергії на місцевих ТЕС.

Численні переваги водневої енергетики стимулюють дослідження щодо використання *паливних елементів* (ПЕ), які забезпечують пряме перетворення хімічної енергії на електричну. Порівняно зі звичайними акумуляторами, паливні елементи мають дві важливі переваги: по-перше, вони функціонують доти, доки паливо (відновник) і окиснювач надходять із зовнішнього джерела; по-друге, хімічний склад електроліту в процесі роботи не змінюється, тобто ПЕ не треба перезаряджати.

Можливість створення ПЕ виявив британський фізик Вільям Гроув (William Robert Grove) у 1839 р. Спостерігаючи процес електролізу води у роз-



чинах сірчаної кислоти, він виявив, що після відключення зовнішнього струму в електролітичній комірці генерується постійний струм. Цей електрохімічний пристрій Гроув, за пропозицією Майкла Фарадея, назвав «газовою батареєю». Термін «паливний елемент» з'явився набагато пізніше. Справжній ажіотаж навколо водневої енергетики виник за часів активного освоєння космічного простору. У 1960-ті роки було створено ПЕ потужністю до 1 кВт для американських програм Gemini та Apollo, у 1980-ті – 10-ти кіловатні для Space Shuttle та радянського «Бурану». Від 1990-х рр. триває розробка ПЕ потужністю від 1 кВт до 10 МВт для стаціонарної автономної енергетики. Крім того, розробляються портативні джерела електроенергії потужністю менше 100 Вт для комп'ютерів, мобільних телефонів, фотоапаратів тощо. Паливом для них слугує метанол, з якого одержують водень.

Вартість паливних елементів доволі висока, її можна просто розрахувати. Балон зі скрапленим воднем місткістю 5,667 л коштує \$134. Система ПЕ потужністю 1 кВт споживає водень зі швидкістю 13 л/хв. Кількість годин роботи на одному балоні становить 7,26. Таким чином, вартість експлуатації ПЕ потужністю 1 кВт протягом 7,26 годин становить \$134, що еквівалентно \$18,4 за годину. Не зважаючи на це, автомобілі на водневому паливі уже виробляються такими компаніями, як Toyota, Honda і Hyundai. У 2014 р. Toyota Motor Corporation розпочала продаж першого у світі серійного автомобіля з водневим двигуном – седану Mirai. Як насправді працює електромобіль на водневих ПЕ? Водень потрапляє у паливний елемент разом з повітрям (Рис. 62). У середині ПЕ атом водню розщеплюється на протони і електрони. Стійкий потік електронів – це електрика, що використовується для роботи двигуна. У той час, як ПЕ виробляє електрику, протони з водню з'єднуються з киснем повітря, щоб виробити воду. Єдиний вихлопом є водяна пара. На борту такого електромобіля немає баку для зберігання бензину або дизпалива. І хоча вартість водню залежить від способів транспортування і генерації, вона може бути дешевшою і конкурентоспроможною порівняно з бензином.

У листопаді 2017 року в Німеччині був представлений перший водневий потяг – Coradia iLint компанії Alstom, а наступного року розпочато комерційне обслуговування пасажирів (Рис. 63). Через десять місяців після початку регулярного перевезення пасажирів 100-км маршрутом два поки що єдині у світі водневі поїзди успішно відпрацювали свої перші 100 тис км. До кінця 2021 року на цій неелектрифікованій залізничній лінії у федеральній землі Нижня Саксонія

планують повністю відмовитися від дизельних локомотивів, замінивши їх на 14 потягів, що виробляють електроенергію у ході хімічної реакції між воднем і киснем. Такі ж водневі електрички з 2022 року використовуватимуться і у федеральній землі Гессен. В результаті ФРН стане безперечним світовим лідером у водневому залізничному транспорті.

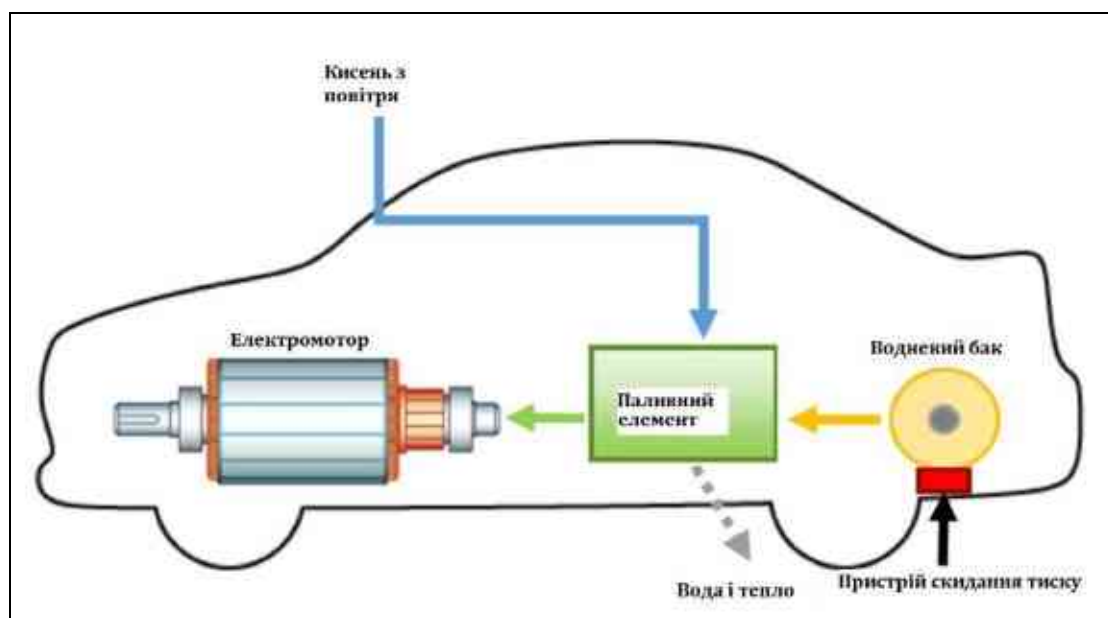


Рис. 62. Схема перетворення водневого палива на енергію в електромобілі

В японських містах курсують кілька десятків автобусів на паливних елементах, а в США на водневому паливі працюють вантажні автомобілі (Рис. 64). З огляду на сучасні напрацьовані методи газифікації вугілля, ПЕ можливо включати і до ланцюгів виробництва електроенергії з твердого викопного палива. Широке упровадження паливних елементів дозволить не тільки знизити обсяги витрачання запасів викопного палива, але й значно зменшити забруднення довкілля. Отже, водень справедливо вважають паливом майбутнього. Основною метою розвитку водневих технологій є зниження залежності від традиційних енергоносіїв, а ключовою умовою переходу до водневої енергетики є створення надійних і економічно доцільних ПЕ на основі водню.

Німецька компанія Avacop, маючи на меті захист клімату, 2019 року розпочала пілотний проект з домішування до природного газу для опалення 20% водню. З використанням т. зв. «зеленого газу» скоротяться викиди  $\text{CO}_2$ , оскільки спалюватиметься менше вуглеводневого палива. Поки що експеримент проводиться у одному з районів міста Гентхін землі Саксонія-Анхальт. Під «зеленим газом» мають на увазі «зелений водень»: так прийнято називати той  $\text{H}_2$ ,

який утворюється поряд з киснем  $O_2$  при електролізі звичайної води. Процес цей технічно досить простий, але дуже енергоємний. Однак якщо використовувати для нього надлишки електроенергії, що виробляється з поновлюваних джерел, то виходить паливо, вироблене без викидів у атмосферу  $CO_2$ .



Рис. 63. Перший у світі водневий потяг Coradia iLint



Рис. 64. Дослідна вантажівка Toyota на водневому паливі

Ця технологія, що отримала назву Power to Gas, поширюється у Європі декілька останніх років. У червні 2019 року британсько-нідерландський концерн Shell за фінансової підтримки Євросоюзу розпочав у Німеччині під Кельном будівництво найбільшої у світі установки з виробництва водню методом електролізу. Після введення в експлуатацію у другій половині 2020 року потужність установки становитиме 1300 т водню щороку. У третьому за розмірами британському місті Лідс енергетична компанія Northern Gas Networks готує пілотний проект, який значно перевершує за масштабами німецький. Кінцевою метою є повне переведення опалення міста з природного газу на водень.

Підсумовуючи, зауважимо, що перехід на поновлювані джерела енергії є головним шляхом подолання не лише енергетичної, але й екологічної кризи. Що дає надію на збереження енергетичного балансу планети. За оцінкою британської компанії British Petroleum, структура світового паливно-енергетичного балансу нині кардинально змінюється: уповільнюються темпи зростання світового попиту на енергоресурси з переорієнтацією споживачів на низьковуглецеві види палива та скорочення споживання вугілля. У рамках реалізації положень Паризької угоди утворено Альянс, метою якого є припинення використання вугілля до 2030 р. Членами Альянсу нині є Нідерланди, Португалія, Данія, Фінляндія, Італія, Мексика, Великобританія, Канада, Австрія, Нова Зеландія,

Франція та інші. З метою підвищення глобальної енергоефективності, 2014-2024 роки Генеральною Асамблеєю ООН проголошено десятиліттям сталої енергетики для всіх (Sustainable Energy for All, SE4All).

За прогнозами ІЕА, до 2040 р. енергоємність ВВП має бути знижено на 37% проти рівня 2016 р. за рахунок упровадження енергоефективних технологій та виконання зобов'язань за Паризькою угодою. Частка низьковуглецевих джерел у структурі енергетики у 2040 р. становитиме 40% у кінцевому енергоспоживанні. Сонячна енергетика до 2050 року може стати одним з основних джерел електроенергії завдяки скороченню витрат на необхідне обладнання. Починаючи з 2020 р., встановлені потужності світової сонячної енергетики щорічно зростатимуть на 200 ГВт, а до 2040 року до 27% енергії вироблятиметься на сонячних станціях різних типів. ВДЕ стануть найдешевшими технологіями генерації у багатьох країнах, а їхня частка у глобальному виробництві електроенергії зросте до 40%. У країнах ЄС поновлювані джерела будуть основним засобом виробництва електроенергії вже з початку 2030 років.

Згідно з прогнозами British Petroleum, чисельність населення планети до 2040 р. зросте майже на 2 млрд, тому потреби у енергоносіях також зростатимуть. На частку нафти і газу припадатиме більше половини споживання первинної енергії, передусім через зростання споживчих ринків Китаю та Індії. Активно розвиватиметься електротранспорт – до 2040 року світовий автопарк буде мати до 15% електромобілів (більше 300 млн одиниць). Загалом, обсяги ВДЕ зростатимуть найвищими темпами, але нафта і газ продовжать домінувати.

IRENA у квітні 2018 р. презентовано доповідь «Глобальна енергетична трансформація: Дорожня карта до 2050 року» (Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050). Згідно з висновками доповіді, темпи розвитку поновлюваної енергетики до 2050 року має бути збільшено принаймні у 6 разів для досягнення цілей декарбонізації економіки. За таких умов світова економіка отримає додатковий приріст у 1% ВВП, а також буде упереджено посилення негативних наслідків зміни клімату та зменшено рівень забруднення довкілля. Екологічно чисті джерела енергії та подальше підвищення енергоефективності разом можуть забезпечити понад 90% скорочень викидів CO<sub>2</sub>, необхідних для утримання росту глобальної температури до 2°C. Для декарбонізації глобальної енергетики за прогнозований період, частка ВДЕ має зрости з нинішніх 18% до 65%, а у виробництві електроенергії – до 80%.

Активно переорієнтовується на «зелені» види енергії Євросоюз: у 2011 р. країни-члени ЄС взяли зобов'язання до 2030 року зменшити викиди ПГ на 40% порівняно з 1990 р. Глобальні темпи зростання сонячних електростанцій в 2016 р. вперше перевищили темпи розвитку вугільних. За даними ІЕА, приріст потужності СЕС досяг 74 ГВт, а вугільних – тільки 57 ГВт. За результатами 2017 року, *відновлювана енергетика уперше обігнала вугільну*. З іншого боку, у поновлюваній енергетиці немає ринків ресурсів, а є *ринки технологій*. Нові дослідження дозволяють упроваджувати усе більш ефективні технології, тому собівартість альтернативної енергії знижується. Виключенням є біопаливо, оскільки це єдиний вид поновлюваної енергії, який є не лише технологією, але й ресурсом. Таким чином, енергія з ВДЕ стає усе дешевшою, а традиційна вуглеводнева сировина – навпаки, дорожчає. Одного дня цінові лінії перетнуться. І після цього вже не потрібна буде штучна підтримка з боку держав – попит на альтернативні джерела енергії забезпечуватиметься ринковими механізмами.

Звісно, різні країни мають різні потенціали розвитку поновлюваної енергетики, але можливості є у всіх. Якщо країни Середземномор'я виграють у сонячній енергетиці, то північніші країни мають інші переваги. Великобританія, наприклад, розпочала активне використання енергії прибережного вітру, встановлюючи станції уздовж морського узбережжя. Отже, коли кліматологи б'ють на сполох щодо глобального потепління, в умовах виснаження ресурсів органічного палива та зростаючого забруднення довкілля, визначальними перевагами поновлюваної енергетики є наявність невичерпної ресурсної бази та екологічна чистота.

### **Запитання і завдання для самоконтролю**

1. Назвіть і охарактеризуйте головні причини виникнення глобальної енергетичної кризи.
2. У чому полягає шкідливий вплив традиційної енергетики на довкілля?
3. Розкрийте поняття «енергозбереження» і «енергоефективність». У чому принципова різниця між ними?
4. Чим зумовлено неминучий розвиток і упровадження ВДЕ? Обґрунтуйте.
5. Охарактеризуйте енергетичні «революції» у різних країнах світу.
6. Проаналізуйте сучасний стан сонячної енергетики, наведіть відомі вам приклади упровадження «активних» і «пасивних» сонячних систем.

7. Назвіть і обґрунтуйте переваги і недоліки вітроенергетики порівняно з іншими джерелами енергії.
8. Розкрийте сучасний стан упровадження біоенергетичних технологій. Наведіть відомі вам приклади. У чому полягає глобальний позитивний ефект використання біоетанолу як палива?
9. Чим визначається доцільність використання геотермальної енергії? Які беззаперечні переваги порівняно з іншими ВДЕ має геотермія? Обґрунтуйте.
10. З чим пов'язані негативні наслідки спорудження ГЕС на річках для природи, господарства і населення?
11. Що є головною перешкодою на шляху розвитку припливної енергетики? Які ще нерозвідані запаси енергії містяться у солоній океанській воді?
12. Чи має, на вашу думку, майбутнє воднева енергетика? Наведіть приклади її сучасного використання.

## 6 АГРАРНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЙОГО ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

**В**иробництво і перероблення аграрної продукції передбачає, серед іншого, раціональне використання і охорону природних ресурсів, залучених у сільськогосподарський обіг. Головною метою аграрного ПК є забезпечення населення продуктами харчування, а промисловості – біоорганічною сировиною. Головним засобом сільськогосподарського виробництва та операційним базисом для його розміщення є земля (земельні ресурси). Земля є об'єктом господарської діяльності й розселення, що має ознаки просторового інтегрального ресурсу – протяжність, рельєф, надра, води, ґрунтовий покрив, рослинність, інша біота. Земля як сукупний територіальний ресурс і предмет праці має такі характерні особливості:

- земля є продуктом самої природи, тоді як інші засоби виробництва є результатом людської праці;
- земля є незамінним і вічним засобом виробництва за умов її раціонального використання;
- площа земельних ресурсів обмежена, вона може бути лише трансформована у інший вид землекористування (наприклад, сільськогосподарський – у лісогосподарський чи промисловий);
- унікальною властивістю земельних ресурсів є неможливість їхнього переміщення у просторі;
- земля має використовуватися диференційовано залежно від територіальних і ґрунтово-кліматичних умов;
- продуктивність землі визначається її географічним розташуванням та рівнем розвитку продуктивних сил;
- правильне сільськогосподарське використання сприяє зростанню родючості й продуктивності ґрунтово-земельних ресурсів, а відтак і їхньої цінності.

Отже, аграрне ПК є основним споживачем земельних ресурсів та безпосередньо ґрунту як засобу виробництва. Саме ґрунти відіграють виключно важливу роль у процесах взаємодії літосфери з атмосферою і гідросферою, прямо (через рослин) або опосередковано (через тварин) обумовлюють існування біосфери. Ґрунти як складна система мають здатність до самовідновлення у процесі ґрунтоутворення. Від діяльності ґрунтових організмів залежать інтенсивність фіксації основного біогенного елементу – атмосферного азоту, а також здатність до самоочищення та формування родючості ґрунту. В умовах значного

техногенного забруднення природного середовища ґрунтова біота виконує важливу функцію детоксикації шкідливих речовин. Ґрунтовий покрив, у якому безперервно відбуваються синтез та руйнування органічної речовини, кругообіг елементів зольного і азотного живлення рослин, утворює на земній поверхні самостійну оболонку – *педосферу*, яка виконує такі геоекологічні функції:

- Ү засобу аграрного виробництва і основи агрогеоекосистем, звідки людство отримує близько 95% продуктів харчування;
- Ү життєвого простору для багатьох живих організмів;
- Ү механічної опори рослинності;
- Ү зберігання насіння, що підтримує біорізноманіття і здатність до оновлення рослинних популяцій;
- Ү акумуляції необхідних для життєдіяльності організмів води і поживних речовин, що значною мірою визначає родючість ґрунту;
- Ү регулювання гідротермічного режиму, що дозволяє ґрунтовим організмам зберігати життєздатність;
- Ү самоочищення – знешкодження патогенних мікробів і токсикантів;
- Ү проміжної ланки між біотичним і геологічним кругообігами, захисного бар'єра та умови нормального функціонування біосфери.

Перелічені функції утворюють *геоекологічний потенціал ґрунтів* (ГПГ), що забезпечує оптимальні умови зволоження і доступності поживних речовин для ґрунтової біоти. Складовою частиною ГПГ є *агроекологічний потенціал*, який визначає здатність ґрунтів створювати умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур, а також підтримувати екологічну рівновагу в агрогеоекосистемах і прилеглих ландшафтах. Агроекологічний потенціал ґрунтів оцінюють за потужністю гумусного шару, вмістом поживних речовин, мінералізацією ґрунтових вод, біопродуктивністю земельних угідь, стійкість ґрунтів до забруднення, перебігом несприятливих екзогенних процесів – ерозійних, зсувних, карстових, засолення, підтоплення тощо.

В умовах раціонального землекористування можливо отримувати максимальну кількість сільськогосподарської продукції за мінімальних витрат без шкоди для земельних ресурсів. Раціональним є таке використання землі, яке відповідає її цільовому призначенню, забезпечує високу ефективність землекористування та охорону земельних ресурсів і спрямоване на запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського призначення, їхній захист від антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів,



збереження продуктивності земель, забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення. *Нераціональне землекористування* зазвичай стає наслідком екстенсивного, надмірного використання земельних ресурсів, що супроводжується їхнім виснаженням, втратою родючості ґрунтів, порушенням рівноваги агрогеоекосистем, погіршенням естетичної цінності ландшафтів.

Різноманітні об'єкти аграрного природокористування можна поділити на три великі групи – землеробські, садівницькі й скотарські. Функціонування *скотарських* об'єктів спирається на природні процеси випасу трав'янистих тварин. Але від природних процесів є дві головні відмінності: по-перше, людина підвищує продуктивність пасовищ шляхом удобрення, зрошення, підсіву трави тощо; по-друге, пасовища поступово деградують, що обумовлюється надмірним випасом худоби. Об'єкти *садівницького* природокористування відрізняються від природних ценозів значно вищою концентрацією дерев і чагарників одного виду та слабким розвитком трав'яного покриву. Через це вони не дуже стійкі до руйнівного впливу ерозії, інших несприятливих процесів, розповсюдження шкідників і хвороб. Тому без постійної допомоги з боку людини існує велика ймовірність зниження їхньої продуктивності й навіть загибелі. Натомість найбільше від природних ландшафтів відрізняються об'єкти *землеробського* природокористування, оскільки не мають аналогів у природі та можуть самостійно існувати лише за безпосередньої участі людини.

### **6.1 Геоєкологічні проблеми аграрного природокористування**

Об'єкти аграрного природокористування по-різному впливають на природне середовище, але існують певні спільні різновиди цього впливу. По-перше, йдеться про *привнесення у природний ландшафт сторонніх речовин та енергії* – органічних і мінеральних добрив, відходів тваринницьких комплексів, викидів продуктів згоряння палива від сільськогосподарської техніки тощо. Іншим видом впливу аграрного ПК є *вилучення з ландшафту речовини та енергії* у процесі збору врожаю, сінокошення, випасу худоби, використання води для господарських і побутових потреб. Нарешті, ще одним спільним видом впливу об'єктів аграрного ПК на природне середовище є *перетворення і штучний перерозподіл речовини та енергії у ландшафті*, що відбувається у процесі оброблення ґрунту (орання, боронування), проведення меліоративних заходів, рекультивації порушених земель. Різні співвідношення цих видів впливів, так само,

як і кожен окремо, можуть призводити до виникнення негативних наслідків у природі й в самих об'єктах природокористування, зокрема:

- зниження їхньої продуктивності (врожайності), погіршення якості продукції, додаткові витрати на компенсацію цих наслідків, що знижує рентабельність аграрного виробництва;
- скорочення виробничих площ внаслідок розвитку процесів ерозії, дефляції, заболочування, засолення тощо;
- погіршення умов життєдіяльності людини в результаті появи дискомфортних умов праці, побуту і відпочинку (наприклад, збільшення площ заболочених земель).

Після багатьох століть надмірного, нераціонального, хижацького використання ґрунтовий покрив планети опинився у надзвичайно тяжкому стані, екологічна рівновага його істотно підірвана. Сучасне аграрне природокористування з геоекологічного погляду – це руйнування і виснаження ґрунтів, забруднення водойм і повітря, порушення і деградація ландшафтів, знищення численних видів рослин і тварин. Крім того, сільське господарство за нинішніх його технологій, методів і способів ведення – це ще й джерело багатьох захворювань людини, оскільки зростає забруднення довкілля та знижується якість продуктів харчування.

Загальносвітовий фонд орнопридатних земель становить 2,5 млрд га, з яких під рілля використовується 1,5 млрд га. Не використовуваний резерв світових земельних ресурсів – 1 млрд га – не найкращі за якістю землі. Не залученими до сільськогосподарського використання є піщані, глинисті, кам'янисті, засолені, надмірно чи недостатньо зволожені земельні угіддя, на освоєння яких необхідні значні матеріальні ресурси. Майже 50% оброблюваних світових земель зазнають руйнівного впливу водної і вітрової ерозії. Понад 60% загальної площі зрошуваних земель потерпають від засолення, осолонцювання і підтоплення, що значно знижує їхню родючість. Майже 20% світової ріллі має низький вміст гумусу (менше 1%), а також безструктурний склад ґрунтового покриву, який, крім того, ще й бідний на мінеральні елементи живлення, необхідні для одержання високих врожаїв.

### ***6.1.1 Надмірна хімізація землеробства***

Хімізація об'єктів аграрного ПК негативно впливає передусім на екосистеми ґрунту, де взаємодія живих і неживих компонентів має вирішальне зна-

чення для всього живого. Надходження вуглецю від фотосинтезуючих організмів у кінцевому результаті забезпечує енергією ґрунтові організми, які, своєю чергою, сприяють розкладанню органічного вуглецю і виділенню поживних речовин, необхідних для росту рослин. Стабільність і продуктивність агрогеоекосистем залежить від ефективного перебігу цих процесів. Застосовуючи пестициди чи мінеральні добрива, людина значною мірою змінює екосистемні процеси, дуже часто з негативними геоекологічними наслідками.

*Агрохімікати* – це мінеральні й бактеріальні добрива, хімічні меліоранти, засоби захисту рослин, регулятори росту рослин, структуроутворювачі ґрунту та інші речовини, що застосовуються для підвищення родючості ґрунтів, урожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості рослинницької продукції. Хімічні засоби захисту рослин найбільш поширені, прості й доступні, натомість їхнє неправильне застосування призводить до забруднення ґрунтів і продуктів рослинного походження, а у кінцевому підсумку – до нанесення суттєвої шкоди навколишньому середовищу і здоров'ю людей.

Застосування *мінеральних добрив* є важливою ланкою технологій вирощування сільськогосподарських культур та умовою підвищення врожайності. Якісний склад добрив та кількість їхнього внесення визначаються типом ґрунту, системою землеробства, складом культур, фінансовими можливостями. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) (Food and Agriculture Organization, FAO), фактичний рівень внесення мінеральних добрив у світі є досить високим. Найвищий показник спостерігається у Нідерландах, де у середньому із розрахунку на 1 га земельної площі використовуються 258 кг мінеральних добрив у перерахунку на 100% основних поживних речовин. У Великобританії цей показник становить 247 кг, Ізраїлі – 240 кг, Німеччині – 202, Білорусі – 194, Польщі – 176, Франції – 169, Чехії – 153, США – 137, Італії – 129, Угорщині – 118, Туреччині – 107 кг.

*Мінеральні добрива* – неорганічні речовини, переважно солі, які містять необхідні для рослин елементи живлення. Залежно від призначення, мінеральні добрива поділяють на прямі й непрямі. До прямих належать добрива, що безпосередньо містять елементи живлення, або мікроелементи. *Непрямі добрива* – це хімічні меліоранти, які сприяють поліпшенню агрономічних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів для мобілізації поживних речовин. Хімічні меліоранти також застосовуються для кращого засвоєння рослинами поживних речовин, наприклад, для зміни рН ґрунтів шляхом вапнування. *Прямі мінеральні добрива*

ва, які ширше використовуються, можуть бути простими і комплексними, причому прості добрива містять тільки один поживний елемент (азотні, фосфорні й калійні добрива), а комплексні – два і більше поживних елементів. Крім того, за агрегатним станом добрива поділяють на тверді й рідкі.

Внесення різних видів добрив по-різному впливає на живі організми. Найбільшу небезпеку становлять *азотні добрива* внаслідок значної рухливості нітратного азоту. Азотні добрива виробляють, зв'язуючи повітряний азот з воднем, у результаті чого утворюється аміак, який потім окислюється до азотної кислоти. Поєднуючи аміак із азотною кислотою, отримують найбільш поширене азотне добриво – аміачну селітру, яка містить близько 34% азоту. Також як добриво використовують водний розчин аміаку, який містить близько 20% азоту. Його виробництво обходиться значно дешевше, ніж виробництво аміачної селітри. Але перевозити рідкий аміак і вносити його у ґрунт складніше: потрібні спеціальні цистерни і особливі культиватори. З інших азотних добрив застосовуються сірчаноокислий амоній, що містить до 20% азоту, натрієва і калійна селітра та сечовина – найбагатша за вмістом азоту (до 46%).

Азот є виключно важливим елементом у живленні рослин: він входить до складу білків і амінокислот, хлорофілу, вітамінів тощо. Тому від вмісту в ґрунті сполук нітрогену, здатних засвоюватися рослинами, прямо залежить врожайність. Внесення азотних добрив у надмірних дозах призводить до накопичення у рослинах нітратів, переважно у коріннях і стеблах. Залишкові кількості добрив проникають у ґрунтові води й далі – у природні водойми, що спричинює «цвітіння» води з усіма наступними наслідками. Оскільки нітрати є токсичними для всіх теплокровних тварин і риб, вода з підвищеним вмістом нітратів є небезпечною. Особливо небезпечним є процес нітрифікації, який проходить під впливом бактерій, коли нітрати переходять у ще більш токсичні нітрити.

Меншою загрозою є *фосфорні добрива*. Оскільки сполуки фосфору беруть активну участь у синтезі амінокислот, білків, жирів, крохмалю, то за нестачі фосфору в ґрунті порушується розвиток рослин та відповідно погіршується якість врожаю. Якщо фосфорні добрива використовувати раціонально, підвищується цукристість буряків і поживна цінність сіна, збільшується врожайність соняшника, тютюну, картоплі. Основним добривом є суперфосфат, більша частина якого випускається у гранульованому вигляді. Фосфорна кислота у гранулах легко засвоюється рослинами. За надмірного внесення фосфатних добрив у ґрунті накопичується низка токсичних елементів – стабільного строн-

цію, фтору, природних радіоактивних сполук урану, радію, торію, малорухомих у ґрунтовому середовищі. Збільшення вмісту фосфатів у природних водах призводить до евтрофікації водойм.

Третім основним елементом мінеральних добрив є *калій*, який, на відміну від азоту і фосфору, не входить до складу органічних сполук рослин, але має важливе значення для їхнього водного балансу, вуглеводного і білкового обміну. Калій посилює фотосинтез і вплив цукру від листя до інших органів рослин, сприяє підтриманню тургору клітин і відповідно, посухостійкості рослин. Найбільш розповсюдженим *калійним добривом* є 40% калійна сіль з домішками натрію, що сприятливо діє на деякі культури, зокрема помітно підвищується урожай цукрових буряків і збільшується цукристість плодів томатів. Внесення калійної солі у ґрунти, бідні на калій, наприклад, торф'яні чи болотисті, сприяє збільшенню врожайності.

Головним негативним фактором є внесення у ґрунт разом з калійними добривами великої кількості хлору. Серед калійних добрив найбільш розповсюдженими є хлорид і сульфат калію, сирі природні калійні солі, які також негативно впливають на природне середовище. З усіма мінеральними добривами у ґрунт вносять не лише азот, фосфор, калій, але й численні домішки, серед яких важкі метали – ртуть, цинк, мідь, свинець, миш'як тощо. Потрапляння калію у природні водойми викликає зміну катіонного складу води, і вона набуває гірко-го присмаку. Отже, можна окреслити такі *негативні наслідки* внесення у ґрунт мінеральних добрив:

- забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод;
- накопичення нітратів у ґрунтах і рослинах, забруднення ними поверхневих і підземних вод, погіршення здоров'я людей;
- посилення евтрофікації водойм;
- ущільнення ґрунтів та посилення їхньої кислотності;
- порушення кругообігу і балансу поживних речовин у ґрунті;
- погіршення агрохімічних властивостей і родючості ґрунту;
- концентрація у ґрунті залишків важких металів і радіонуклідів, а також їхнє накопичення у рослинах;
- захворювання свійських тварин та погіршення якості м'ясо-молочної продукції;
- погіршення санітарного стану посівів та розвиток хвороб рослин;

– зниження продуктивності сільськогосподарських культур і якості отриманої продукції.

Систематичне використання кислих добрив, переважно азотних, може призводити до підвищення кислотності ґрунтів, а довготривале використання добрив одного класу створює небезпеку накопичення аніонних залишків, зокрема сульфатів, хлоридів тощо, що є причиною засолення ґрунтів. Рослинами засвоюється до 50% діючих речовин мінеральних добрив, а решта виноситься за межі орних земель і забруднює довкілля, передусім поверхневі водойми.

Не менш вагомими геоекологічними наслідками виникають через застосування в аграрному виробництві хімічних засобів захисту рослин, а простіше – *пестицидів* (від лат. *pestis* – зараза і *caedo* – убиваю). У світі нині виробляються десятки тисяч форм цих отрутохімікатів, токсична дія яких залежить не лише від концентрації, але й від тривалості впливу. Пестициди розрізняють за призначенням, способом проникнення і характером впливу на шкідливі організми, хімічним складом. Зокрема, пестициди *рослинного, грибного і бактеріального походження* не є чужорідними для природи, і тому їхній негативний вплив на природне оточення мінімальний. Отрутохімікатами, які мають застосовуватися лише як виняток у мінімально необхідних кількостях і лише там, де хімічні засоби захисту не можна замінити біологічними, є пестициди *промислового органічного синтезу* – органічні сполуки хлору, фосфору, ртуті тощо. Поділ пестицидів за цільовим призначенням подано у Табл. 12.

Найбільша кількість пестицидів застосовується у США, Китаї та країнах Євросоюзу, де найпотужнішими споживачами хімікатів є Іспанія, Франція, Італія і Німеччина. Згідно з даними Євростату, на ці чотири країни у 2016 році припадало 79% застосування пестицидів у ЄС. Основну частину становили фунгіциди і бактерициди: в Іспанії – 38,9 тис т, Італії – 37 тис т, Франції – 31,9 тис т. У Німеччині переважно використовувалися інсектициди і акарициди – 15,4 тис т. Виробництво і застосування хімічних пестицидів у всьому світі триває, не зважаючи на руйнівні наслідки впливу отрутохімікатів на довкілля і здоров'я людей.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), кількість отруень пестицидами у світі досягає 1,5 млн випадків щорічно. Найсерйозніша техногенна катастрофа сталася у 1984 році в індійському місті Бхопал внаслідок аварії на хімічному заводі з виробництва пестицидів Union Carbide India Limited. У день трагедії загинули 3 тисячі осіб, а ще 20 тисяч померли пізніше

від наслідків впливу хімікатів на організм. Аварія сталася в результаті вибуху резервуару для зберігання одного зі складників пестициду та витоку токсичного газу. 1998 року в річницю Бхопальської катастрофи 3 грудня було оголошено Глобальним днем відмови від пестицидів (Global No Pesticides Use Day), що відзначається у всьому світі.

Табл. 12. Поділ основних пестицидів за цільовим призначенням

Тип пестициду	Об'єкти знищення
<i>гербіциди</i>	бур'яни
<i>інсектициди</i>	комахи
<i>фунгіциди</i>	гриби
<i>родентициди</i>	гризуни
<i>бактерициди</i>	бактерії
<i>альгіциди</i>	водорості
<i>акарициди</i>	рослиноїдні кліщі
<i>овіциди</i>	яйця комах і кліщів
<i>лярвициди</i>	личинки комах
<i>арборициди</i>	небажана чагарникова рослинність
<i>нематоциди</i>	рослиноїдні нематоди

Серед *негативних наслідків* застосування пестицидів можна відзначити такі головні:

- ✓ Пестициди надзвичайно токсичні для людей і всього живого.
- ✓ Уражаються не лише об'єкти впливу, але й багато інших видів, у т. ч. їхні природні вороги.
- ✓ За надмірного внесення залишкові кількості пестицидів акумулюються у трофічних ланцюгах і виносяться далеко за межі оброблюваної території.
- ✓ У випадках тривалого застосування з'являються резистентні до пестицидів форми шкідливих організмів, з яких вже відомо понад 400 видів комах і 7 видів гризунів.
- ✓ З часом зростають прояви віддалених наслідків, пов'язаних з патологічною і генетичною дією хімічних препаратів на людину і біоту.
- ✓ Накопичення пестицидів призводить до утворення в ґрунті «мертвого» середовища, що фактично зупиняє процес відновлення природної родючості ґрунтів, пригнічує їхню біологічну активність, спричинює зниження урожайності багатьох культур (наприклад, внаслідок загибелі комах-запилювачів) та втрату харчової цінності аграрної продукції.

- ✓ Здатність пестицидів мігрувати у ґрунтовому профілі створює небезпеку забруднення ґрунтових вод, а систематичне застосування пестицидів призводить до того, що вони стають постійним екологічним чинником.

Отже, геоекологічні наслідки надмірної хімізації об'єктів аграрного ПК для навколишнього середовища і суспільного здоров'я пов'язані передусім з недиференційованим внесенням і накопиченням залишкової кількості хімікатів у ґрунті. При цьому навіть необхідні добрива можуть стати токсичними забруднювачами, наприклад, мікродобрива, які містять алюміній, магній, що можуть акумулюватися у рослинах і таким чином становити загрозу для людини. Здатність хімікатів легко мігрувати дозволяє їм накопичуватися у кожній ланці ланцюга «ґрунт – вода – рослини – тварини – продукти харчування – людина». Зважаючи на це, асортимент пестицидів постійно удосконалюється за рахунок розроблення менш токсичних препаратів та упровадження новітніх технологій, які дозволяють зменшити негативний вплив пестицидів на агрофітоценози, тварин і людей. Для захисту ґрунту від забруднення удосконалюють також способи застосування пестицидів.

### **6.1.2 Геоекологічні наслідки впливу аграрного природокористування на ґрунти**

Деградація ґрунтів відбувається внаслідок цілого комплексу антропогенних і природних процесів зміни фізико-хімічних, механічних та інших характеристик ґрунту. Зазвичай першопричиною порушення ґрунтів є процеси, спричинені діяльністю людини – механічна обробка ґрунту, будівельна трансформація, транспортне переущільнення, випас худоби, зрошення, забруднення. Наслідки цих первинних змін можуть багаторазово посилюватися під впливом природних чинників, зокрема дії вітру, дощових потоків тощо. Ґрунти є дуже вразливою системою, що формувалася протягом століть, але може бути зруйнована неправильними діями людини за лічені роки, місяці й навіть дні. Найбільш вагомими причинами погіршення якості земельних ресурсів є різні види ерозії, засолення ґрунтів, підтоплення і висушування земель, техногенне забруднення ґрунтів.

**Ерозія ґрунтів** (від лат. *erosio* – роз'їдання) руйнує найродючіші шари ґрунту під впливом природних і антропогенних чинників. Серед усіх форм ерозії найпоширенішою є *водна ерозія*, що проявляється змиванням верхнього шару ґрунту або розмиванням його углиб під дією дощових, талих і поливних (іригаційних) вод. Активність руйнування ґрунтів водною ерозією тісно



пов'язана з рельєфом місцевості й переважно розпочинається на схилах крутизною 1-2°. *Вітрова ерозія (дефляція)* є зазвичай наслідком видування ґрунтових частинок сильним вітром. Інтенсивність видування ґрунту значною мірою залежить від його гранулометричного складу і вмісту в ньому гумусу.

Повсякденна дефляція на піщаних, супіщаних і карбонатних ґрунтах або на схилах, не захищених лісосмугами, відбувається навіть за незначної швидкості вітру, приміром, 5 м/с. Наслідком стає оголення насіння у ґрунті, пошкодження молодих сходів рослин. Проте набагато шкідливішим є інший різновид дефляції – пилові (чорні) бурі, що відбуваються під час сильних вітрів зі швидкістю понад 12-15 м/с (Рис. 65, Рис. 66). Такі бурі можуть поширюватися на значні території, переносити пил на великі відстані, знищувати посіви та навіть призводити до людських жертв.



Рис. 65. Пилова буря в Індії (2018), від якої загинуло щонайменше 125 осіб



Рис. 66. Наступ пилової бурі на Стамбул (2018)

Під час механічного обробітку ґрунту може виникати *механічна (агротехнічна) ерозія*, наслідком якої стає систематичне зрушення ґрунту вниз схилом. Надзвичайно небезпечним є розорювання ґрунтів уздовж схилу, оскільки на таких схилах дощ, вітер і гравітаційні сили можуть зруйнувати ґрунт за лічені місяці, а за сильної зливи навіть за годину можуть вимити яр. Під час оранки упоперек схилу, а також культивації, боронування, сівби може відбуватися осипання ґрунту донизу. Внаслідок порушення ґрунтозахисного рослинного покриву транспортними засобами виникає *транспортна ерозія*. Руйнування фітоценозів сприяє збільшенню швидкості поверхневого стоку, а відповідно – змиву, розмиву та розвіюванню ґрунту. Приблизно так само відбувається *пасовищна ерозія*, але головною причиною є ослаблення трав'яного покриву під впливом витоштування і поїдання тваринами. Добування корисних копалин, будів-

ництво житлових і промислових об'єктів, прокладання транспортних шляхів часто супроводжується *технічною (технологічною) ерозією*. Нагромадження у ґрунті залишків мінеральних добрив і отрутохімікатів поступово руйнує структуру ґрунту та спричинює *хімічну ерозію*.

Загалом геологічна ерозія є природним процесом, що відбувається повільніше, ніж формування профілю ґрунту під час ґрунтоутворення, і тому не призводить до утворення еродованих ґрунтів. *Прискорена* (антропогенна) ерозія виникає внаслідок нераціональної діяльності людини і відбувається набагато інтенсивніше, ніж процеси ґрунтоутворення. Вона часто призводить до повного руйнування ґрунтів, коли втрати компонентів ґрунту не компенсуються, а його родючість різко знижується. Руйнування ґрунту відбувається у сотні й навіть тисячі разів швидше, ніж за природного перебігу ерозійних процесів. У природних умовах родючість підтримується тим, що узяті рослинами поживні речовини повертаються у ґрунт з опадом, мінералізуються і знову збагачують ґрунт. В умовах сільськогосподарського використання у ґрунт повертається лише незначна частина біомаси, решта ж збирається з врожаєм; особливо виснажують ґрунт монокультури. Розвитку ерозії також сприяє знищення лісів, що позбавляє ґрунт захисного шару.

Геоекологічні наслідки ерозії ґрунтів проявляються насамперед втратою значної кількості гумусу. Доведено, що зі змиванням кожного сантиметра гумусового горизонту потенційна врожайність зерна знижується на 0,5-2,0 ц/га. В еродованих ґрунтах істотно знижується вміст макро- і мікроелементів, а за рахунок розвитку ярів значно скорочуються площі орних земель. Одночасно відбувається замулювання малих річок, ставків, заплавних земель, а швидка течія зносить ґрунт з дна і незакріплених берегів. Запобігти цьому можна лише залісненням прируслової смуги та укріпленням берегів за допомогою спеціальних гідротехнічних споруд.

Організаційно перемогти руйнівний вплив ерозії на ґрунти можливо шляхом використання ґрунтів, виходячи виключно з їхньої придатності для конкретних цілей. У всіх випадках має бути передбачено протиерозійну організацію території, упровадження ґрунтозахисних сівозмін, обґрунтоване обмеження випасу і комплексне регулювання у межах водозабору. Для підвищення поглинальної здатності ґрунту, його стійкості до розмиву і видування, послаблення поверхневого стоку і його переведення у внутрішньоґрунтовий застосовують *протиерозійні агротехнічні заходи*. Ґрунт обробляють паралельно горизонта-

лям місцевості (контурне землеробство), проводять снігозатримання, щілювання<sup>19</sup> і кротування<sup>20</sup>, терасування і укріплення схилів тощо (Рис. 67). Крім цього, забороняється розорювання схилів крутизною понад 7°, тільки залуження чи залісення. Боротися з водною і вітровою ерозією ефективно допомагає мульчування<sup>21</sup> ґрунтів з використанням стерні, післяжнивних решток, тирси тощо.



Рис. 67. Протиерозійні заходи на схилах – терасування (ліворуч) та укріплення

Для забезпечення повного або часткового затримання поверхневого стоку і запобігання концентрації водних потоків будують *протиерозійні гідротехнічні споруди* – розпилювачі стоку, водозатримувальні вали, лотки-швидкотоки, тераси, ставки у балках і ярах. Для перехоплення зливових вод споруджуються спеціальні колектори, які відводять поверхневий стік. У руслах річок встановлюють берегоукріплювальні бетонні плити і блоки. З метою поліпшення мікроклімату, ефективного снігозатримання і боротьби з вітровою ерозією також застосовують *агролісомеліоративні заходи*. На землях, прилеглих до балок і ярів, створюють лісосмуги; яружні системи заліснюються кущовими породами, а збереження лісів на гірських схилах неможливо замінити ніякими гідротехнічними спорудами.

**Засолення ґрунтів** є однією з форм забруднення і визначається як підвищення вмісту в ґрунті легкорозчинних солей (карбонату натрію, хлоридів, су-

---

<sup>19</sup> Щілювання – це прорізання вузьких щілин (глибиною 40-60 см, на відстані одна від одної 100-150 см) з метою найбільшого вбирання ґрунтом талих і зливових вод.

<sup>20</sup> Кротування – це нарізування густої (паралельно через 0,8-2 м) мережі кротовин на глибині 35-40 см уперек розміщення дрен.

<sup>21</sup> Мульчування – укривання поверхні ґрунту соломною, перегноєм, мульчпапером тощо для захисту ґрунту від пересихання і перегрівання.

льфатів). Воно найчастіше є наслідком нераціонального зрошування земель і водночас дуже небезпечним чинником деградації ґрунтового покриву. Коли мінералізовані ґрунтові води піднімаються ближче до земної поверхні, солі починають інтенсивно випаровуватися, внаслідок чого ґрунт насичується надмірною кількістю водорозчинних солей. Підвищення мінералізації води для зрошення більше ніж 0,2-0,5 г/л призводить до зростання площ засолених земель; також сприяє цьому надмірне внесення мінеральних добрив. Ґрунти вважаються засоленими, якщо вміст токсичних для рослин солей перевищує 0,1% їхньої ваги. Засолення і осолонцювання зрошувальних земель – це ті фактори, що обмежують родючість ґрунтів і перешкоджають їхньому ефективному використанню у аграрному виробництві.

Застосовують різні прийоми меліоративного поліпшення засолених ґрунтів: агротехнічні, хімічні й комплексні. Найбільш ефективною є *хімічна меліорація* за допомогою фосфогіпсу або кальцієвої селітри у комплексі з органічними добривами. Також ці ґрунти потребують дренажного осушення. Хімічна меліорація і окультурення можливі після зниження рівня підґрунтових вод до глибини більше критичної межі. Певною мірою сприяє зниженню засоленості висівання на таких ґрунтах солестійких культур – цукрових і кормових буряків, гірчиці, кавунів. Середню стійкість мають пшениця, жито, ячмінь, просо, овес, картопля, помідори, гарбузи, редька. Отже, основними заходами боротьби із засоленням ґрунтів є такі:

- Правильний обробіток ґрунту і підтримання його структури.
- Оптимальний режим зрошування – раціональне витрачання води для запобігання її втратам.
- Меліорація – хімічна, створення дренажних сіток, лісопосадки.

**Підтоплення земель** відбувається у процесі збільшення природної вологості ґрунтів понад 80% їхньої повної вологоємності під впливом примусового підйому рівня ґрунтових вод у зону аерації. Найчастіше підтоплення спричинюється бездумним спорудженням водосховищ, порушення норм поливу, витоком води у зрошувальних мережах, технічною недосконалістю проектів зрошення. Особливо інтенсивно підтоплення відбувається у перші 2-3 роки після початку функціонування зрошувальної системи. Серед численних причин підтоплення головними є такі:

У Підйом рівня ґрунтових вод і погіршення природного дренажу територій внаслідок спорудження водосховищ.

- У Порухення природного стоку на забудованих територіях.
- У Втрати води у системах водопостачання і водовідведення.
- У Незадовільне функціонування чи відсутність у населених пунктах зливової каналізації.
- У Зрошення орних земель без відповідного дренажу.
- У Виведення з експлуатації вугільних шахт чи кар'єрів шляхом затоплення гірничих виробок.
- У Скорочення площ лісових насаджень.

Підтопленню також сприяє порушення структури верхнього шару ґрунту внаслідок зняття рослинного покриву і викорчовування кореневої системи. Ґрунти втрачають природний захисний шар, що призводить до накопичення вологи та неможливості її транспірації рослинністю. Якщо процеси стійкого підтоплення тривають достатньо довго, може відбутися підтоплення населених пунктів. Для боротьби із підтопленням земель розроблений цілий комплекс заходів і прийомів, серед яких, зокрема, такі:

- відведення поверхневих вод у зонах підтоплення з наступною меліорацією;
- розчищення річищ для підтримання дренажної спроможності річок;
- контурно-меліоративна організація територій, тобто диференційоване використання земель залежно від рельєфу і ґрунтових умов;
- збільшення лісистості до оптимальних відсотків;
- застосування агротехнічних заходів щодо запобігання замулюванню водних джерел продуктами ерозії;
- упорядкування водоохоронних зон і прибережних захисних смуг;
- залуження і заліснення прибережних смуг, схилів, балок і ярів;
- інженерно-технічне облаштування ділянок берегової зони для безпечної життєдіяльності населення та запобігання активізації екзогенних процесів унаслідок експлуатації водосховищ;
- нормованого водокористування на основі планування поливних режимів;
- упровадження природоохоронних заходів на особливо небезпечних накопичувачах промислових відходів і стоків підприємств;
- екологічно безпечна ліквідація гірничих виробок.

**Висушування земель** відбувається тоді, коли природна вологість ґрунтів знижується до показника менше 60% повної вологоємності. Негативний вплив висушування на агрогеоекосистеми відчувається за зниження рівня ґрунтових вод до позначки 1,8 м – знижується родючість ґрунту, активізуються ерозійні

процеси. Висушування земель можуть спричинювати гірничі роботи, які супроводжуються утворенням западин і балок, а також недоліки осушувальних меліорацій. Також висушуванню сприяють регулювання стоку річок та збільшення глибини водойм, вирубка лісових насаджень, що веде до активізації процесів випаровування з поверхні, а отже, і до зниження рівня ґрунтових вод.

**Техногенне забруднення ґрунтів** є наслідком техногенної міграції різних хімічних елементів та спостерігається тоді, коли у ґрунт потрапляють шкідливі речовини, відходи аграрного і промислового виробництва, побутові відходи тощо. Оскільки самоочищення ґрунтів практично не відбувається або швидкість його дуже незначна, токсичні речовини накопичуються, що призводить до поступової зміни хімічного складу ґрунтів. Звідти токсичні речовини потрапляють у організми тварин і людей.

Унаслідок забруднення фенольними сполуками змінюється структура ґрунту, руйнуються деякі мінерали, що негативно впливає на життєдіяльність ґрунтової мікрофлори, біологічну активність і родючість ґрунтів. З атмосфери в ґрунти потрапляють викиди від енергетичних об'єктів, промислових підприємств, транспорту. Вони забруднюють ґрунт і рослинну продукцію, знижуючи врожайність. Велику проблему створюють кислотні опади, пов'язані з викидами в атмосферу сірчаної і азотної кислот. Кислотні дощі, з одного боку, призводять до вимивання з ґрунту поживних елементів, а з іншого – до підкислення ґрунту. Підкислення у свою чергу впливає на розчинність поживних елементів, а також на ріст і життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів.

Серед усіх забруднювальних речовин за масштабами забруднення та силою впливу на живі організми провідне місце посідають *важкі метали*, зокрема залізо, марганець, мідь, цинк, молібден, кобальт, ртуть, свинець, кадмій. Вони необхідні рослинам у невеликих кількостях, але у високих концентраціях є надзвичайно небезпечними. Ця небезпека посилюється ще й слабким виведенням важких металів з ґрунту. Для зниження вмісту важких металів застосовується плантажна оранка<sup>22</sup> з винесенням на поверхню нижніх горизонтів ґрунтів. До радикальних заходів боротьби із забрудненням ґрунтів належить видалення поверхневого забрудненого шару ґрунту, покриття його незабрудненим шаром не менше 30 см, який би виключав переміщення металів з ґрунту в рослини. Мож-

---

<sup>22</sup> *Плантажна оранка* – глибока оранка з обертанням пласта на глибину 50-70 см і більше.

ливе також застосування деяких рослин, які знешкоджують надлишок важких металів у ґрунті.

До *агротехнічних* прийомів боротьби із забрудненістю ґрунтів важкими металами належать вапнування і внесення органічних добрив. Завдяки вапнуванню вдається у декілька разів зменшити вміст свинцю у сільськогосподарських культурах, які вирощують на забруднених ґрунтах. Вапно найбільш ефективно на ґрунтах, забруднених кадмієм. Важливу роль у локалізації важких металів відіграють зелені насадження. Зокрема, насадження суцільною смугою з глоду і клена польового уздовж автомагістралей знижує вміст свинцю у овочах на 30-50%. Існують також біологічні методи, наприклад, вирощування рослин, які слабо реагують на надлишок важких металів у ґрунті; або вирощування на забруднених ґрунтах культур, які не вживаються тваринами і людьми. Найбільш забруднені ділянки слід відводити під заліснення чи вирощування декоративних рослин.

Ґрунти забруднюються відпрацьованими газами сільськогосподарської техніки, мастилами і паливом, які з них витікають, а також техногенними відходами промислових підприємств – сульфатами, оксидами азоту, важкими металами, радіонуклідами. Потенційними джерелами радіоактивного забруднення можуть бути аварії на атомних станціях і установках. Радіоактивні елементи у ґрунті мігрують переважно двома шляхами: перший зумовлений їхнім переміщенням внаслідок господарської діяльності людини, а другий – фізико-хімічними властивостями ґрунту і окремих ізотопів.

Екскременти тварин, незважаючи на високий вміст поживних речовин (фосфор, калій, мікроелементи), за певних умов з добрив перетворюються на забруднювальні речовини. Це відбувається у випадках їхнього внесення у надмірних дозах, що погіршує такі властивості ґрунту, як водопроникність, вміст кисню, а отже, і родючість. Одночасно з поживними елементами, що містяться у екскрементах тварин, у ґрунт можуть потрапити й інші сполуки, які негативно впливають на життєдіяльність ґрунтової фауни і рослин.

### **6.1.3 Деградація водних об'єктів**

Стратегія раціоналізації аграрного ПК значною мірою залежить від ступеня урахування *природного базису* – ґрунтів, води, клімату. Особливе місце посідають водні ресурси, які використовуються для водозабезпечення населення, тваринництва, гідромеліорації. Вода руйнує, розчиняє і транспортує неорга-



нічні речовини, сприяє відкладенню осадових порід і утворенню ґрунту, впливає на формування клімату і погоди, є засобом виробництва у зрошуваному землеробстві. Споживаючи значні обсяги води, аграрне ПК ще й сильно забруднює водні об'єкти: у водойми потрапляють отрутохімікати, залишки мінеральних добрив і пестицидів. Окрім хімічного, відбувається також органічне і бактеріальне забруднення водойм внаслідок неправильного зберігання відходів тваринницьких ферм.

Одним з найвагоміших геоекологічних наслідків функціонування агрогеоекосистем є *евтрофікація водойм* (від грец. *eutrophe* – тучність, жирність, посилене живлення) – підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів у результаті накопичення у воді біогенних елементів (азоту, фосфору, калію). Процеси антропогенної евтрофікації у водоймах, освоєних сільським господарством, прискорюють механізація, меліорація і особливо хімізація. Евтрофікація найчастіше проявляється цвітінням води, що обумовлено масовим розмноженням синьо-зелених водоростей (Рис. 68). Вода таких водойм є небезпечною не лише для водопровідних мереж, але й для купання, водопою тварин тощо.



Рис. 68. Цвітіння води в Кременчуцькому водосховищі поблизу Світловодська

Головними причинами забруднення водойм органічними речовинами є стічні води зі значним умістом рослинних волокон, тваринних і рослинних жирів, фекальних мас, залишків плодів і овочів, відходів шкіряної і целюлозно-паперової промисловості, цукрових і пивоварних заводів, підприємств м'ясо-молочної, консервної і кондитерської промисловості. Розмиті дощовими водами, шкідливі речовини інфільтруються у ґрунт і підґрунтя, забруднюють ґрунтові води, змиваються у поверхневі водойми. Деякі з них дуже стійкі та зберігаються у ґрунті десятиліттями. Запобігання виснаженню і забрудненню водних



ресурсів, що є одним із завдань екологізації аграрного ПК, передбачає здійснення низки простих заходів, зокрема:

- ☞ розміщення будь-яких об'єктів відповідно до наявних водних ресурсів;
- ☞ скорочення питомого водоспоживання;
- ☞ перехід до систем оборотного водопостачання;
- ☞ удосконалення технології виробництва;
- ☞ упровадження роздільних систем очищення стічних вод;
- ☞ введення плати за воду, що споживається і скидається.

Важливими елементами територіальної структури агрогеоекосистем є водоохоронні зони і смуги – *спеціально виділені території уздовж берегів водойм і водотоків, на яких діє особливий режим господарської діяльності з метою охорони вод від забруднення*. У цих зонах заборонено будівництво і функціонування будь-яких потенційних джерел забруднення (промислових підприємств, складів добрив і отрутохімікатів, заправних станцій). Основною функцією водоохоронних зон у районах сільськогосподарського виробництва є зменшення виносу біогенних елементів, органічних та інших речовин з угідь у відкриті водойми. Водоохоронні зони шириною від 200 до 1300 м формуються уздовж постійних водотоків з площею водозбору більше 10 км<sup>2</sup>, а також озер, водосховищ і ставків, площа дзеркала яких перевищує 1 га. Водоохоронні зони у складі агрогеоекосистем поділяють на такі типи:

- *сільськогосподарський* з додатковою охоронною функцією – формується зазвичай із зони інтенсивного сільського господарства (сінокоси);
- *охоронний* з додатковою сільськогосподарською функцією (дрібноконтурні поля, городи);
- *водоохоронний* на лісових ділянках із заборонаю суцільних рубок лісу;
- *водоохоронний уздовж водойм*, розташованих на урбанізованих або промислових територіях (лісові насадження).

Крім захисту водойм від забруднення та евтрофікації, водоохоронні зони призначені компенсувати спрощення просторової структури і, відповідно, послаблення стійкості ландшафтів. А їх головними функціями є прискорення інфільтрації поверхневого стоку в ґрунт, фільтрація ґрунтово-рослинним покривом біогенних і завислих речовин, укріплення берегів для запобігання водній і вітровій ерозії, поліпшення мікроклімату прилеглих угідь, підвищення естетичної цінності агрогеоекосистем.

#### **6.1.4 Вплив тваринництва на агрогеоекосистеми**

Коли відходи життєдіяльності свійських тварин з добрив перетворюються на забруднювальні речовини, тваринницькі комплекси стають потужним джерелом забруднення природного середовища. Водними і повітряними потоками складники тих відходів розповсюджуються на значні площі. Наприклад, водойми можуть насичуватися аміаком на відстані до 3 км від джерел забруднення. Найефективнішим шляхом запобігання даному типу забруднення є комплексний розвиток тваринницьких ферм і землеробських площ з метою повної утилізації відходів. Якщо це неможливо, доцільним стає підхід до тваринницьких комплексів як до джерел забруднення промислового типу – з обов'язковим будівництвом очисних споруд, створенням систем оборотного водопостачання, урахуванням їх розташування відносно відкритих водойм і населених пунктів.

Поблизу тваринницьких комплексів скупчується колосальна кількість гною, що призводить до нітратного і мікробного забруднення ґрунтів, фітоценозів, поверхневих і підземних вод. За даними ФАО, щороку кожна ферма у середньому виробляє 70 тис т посліду чи гною, якими можна завантажити 7 тис великих вантажівок. Якщо безпідстилковий гній зберігається у відкритих гноєзбірниках, в атмосферу потрапляє аміак, молекулярний азот та інші його сполуки. Рідкий гній містить значну кількість патогенних організмів, а за його анаеробного розкладу утворюються сірководень і аміак, а також жирні кислоти, аміни<sup>23</sup> та інші сполуки з неприємним запахом. За тривалого зберігання у зонах тваринницьких комплексів виникає загроза поширення інфекційних хвороб. Внесення безпідстилкового гною, а також стоків від великої рогатої худоби і свиней у ґрунт призводить до його бактеріального зараження, так само, як і культур, які на цих полях вирощуються.

Тваринницькі комплекси забруднюють поверхневі водойми, підземні води і ґрунт. Через різке зростання кількості аміаку і зменшення вмісту кисню, в природних водоймах відбувається масове отруєння гідробіонтів. За даними ФАО, для потреб виробництва м'ясо-молочної продукції використовується чверть промислової води щороку, що робить аграрне ПК найбільшим споживачем води у світі. Наприклад, птахофабрика у 1,5 млн курей-бройлерів споживає від 300 до 680 м<sup>3</sup> питної води на добу. Свиноферма на 4 тис свиноматок і 29 тис

---

<sup>23</sup> Аміни – нітрогеновмісні органічні сполуки, похідні амоніаку (NH<sub>3</sub>).

поросят споживає від 300 до 1000 м<sup>3</sup> питної води на добу. І це лише для утримання тварин без супутніх витрат води (наприклад, для вирощування кормів). Величезні потреби у воді не можуть не впливати на водний баланс територій.

Переважає більшість цієї води через відсутність очисних споруд повертається у природне середовище у вигляді рідкого гною, суспензій і стічних вод. Найбільш небезпечними є нітрати, азот і фосфор, які спричиняють евтрофікацію та зменшення вмісту кисню у воді. Забруднення вод також відбувається через використання пестицидів для вирощування кормових культур і антибіотиків, які використовуються у тваринництві.

Трупи тварин стають джерелом збудників інфекційних захворювань. Найбільш небезпечними є зооантропонози – хвороби, спільні для тварин і людей, часто смертельні. Тому геоecологічна обстановка навколо тваринницьких комплексів є напруженою у радіусі декількох кілометрів. Відходи розкладаються і гниють, виділяючи у навколишнє середовище аміак, азот, сірководень, органічні кислоти, шкідливі мікроорганізми. Повітряними потоками розноситься сморід, патогенні мікроорганізми, гельмінти. Частково запобігти цьому може просторова ізоляція тваринницьких ферм і фабрик та їх слід відділення від житлової забудови *санітарно-захисними зонами*, бажано із лісовими насадженнями. Проблеми надійного захисту навколишнього середовища від забруднення пташиним послідом, стічними водами, гноєм і відходами тваринницьких комплексів є актуальними в усьому світі.

Ефективним напрямом використання рідкого гною є його утилізація на полях зрошення. Високий енергетичний потенціал гною дає можливість використовувати його як харчовий субстрат для інших організмів, які потім йдуть на корм тваринам, для одержання палива, а також для обігріву приміщень. Крім того, виробництво біогазу на БГУ сприяє уникненню викидів метану в атмосферу, запобігаючи таким чином глобальному потеплінню.

Згідно з оцінками ФАО, сільське господарство і, зокрема, тваринництво є другим сектором за масштабами утворення парникових газів (Рис. 69). Викиди ПГ від тваринництва становлять 18% усіх антропогенних викидів – більше, ніж увесь транспорт планети. Промислове тваринництво є джерелом трьох ПГ: метану, діоксиду азоту і вуглекислого газу. За даними Chatham House, тваринництво викидає 39% усього метану та 65% діоксиду азоту. Метан утворюється під час травлення у тварин та через накопичення на фермах великої кількості гною. Найпотужнішим джерелом викидів парникових газів є кишкова ферментація,

коли метан випускається в атмосферу через зригування тваринами. Масштаби викидів приблизно такі: 20 найбільших світових м'ясо-молочних компаній утворюють більше ПГ, ніж уся Німеччина.

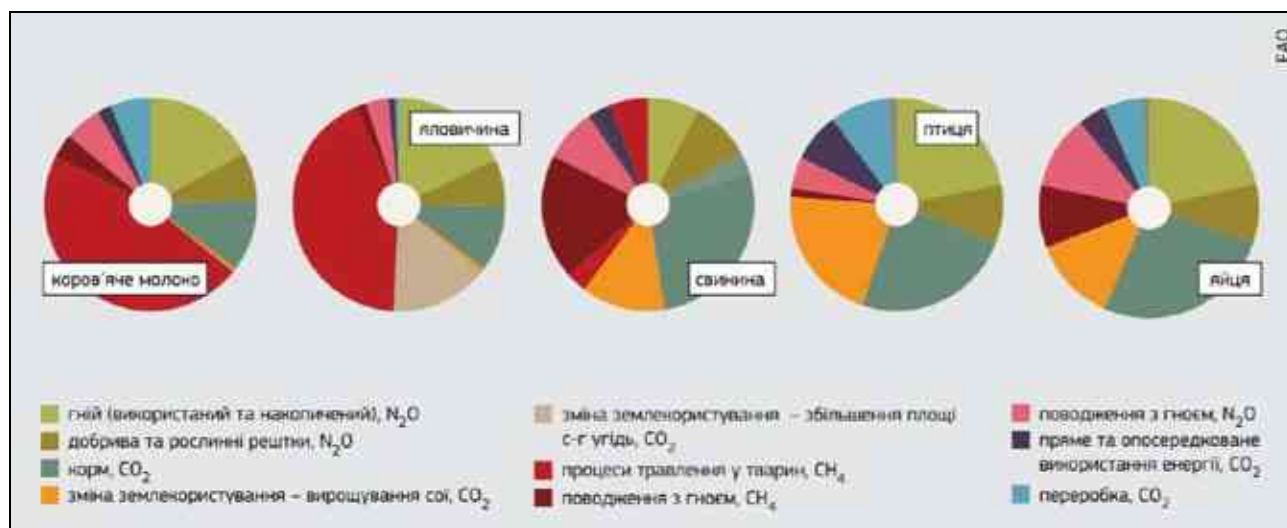


Рис. 69. Викиди ПГ за основними видами продукції тваринництва

Існує прямий зв'язок між інтенсивністю викидів ПГ і ефективністю, з якою виробники використовують природні ресурси, тобто кількістю ресурсів, задіяних у тваринництві, на одиницю продукції. Викиди закису азоту, метану і вуглекислого газу підривають ефективність і продуктивність тваринництва. Тому, за оцінкою ФАО, одним з варіантів скорочення викидів ПГ є використання якісніших кормів та удосконалення методів годування тварин. Це дозволить зменшити кількість CH<sub>4</sub>, що утворюється при перетравленні, та CH<sub>4</sub> і N<sub>2</sub>O, що виділяються при розкладанні гною. Важливими напрямками також є утилізація гнойових стоків та використання енергозберігаючих пристроїв. Отже, можливості для зниження викидів парникових газів тваринництва існують у всіх регіонах світу.

## 6.2 Шляхи раціоналізації аграрного природокористування

Глобальною тенденцією аграрного природокористування є *упровадження безвідходних технологій*. Переробка сільськогосподарської сировини переходить до безвідходного циклу виробництва на основі комплексного використання сировини і технологічних відходів. Глибша переробка сировини розширює ресурсні можливості за рахунок залучення невикористаних відходів як джерела одержання продукції харчування, кормів і добрив. Підраховано, що з відходів можна одержати понад 100 найменувань різних продуктів харчування, кормів,

добрив тощо. Наприклад, мелясу (відходи цукрової промисловості), поряд з використанням у основному виробництві для одержання спирту і хлібопекарських дріжджів, можна застосовувати для виробництва з неї глютамінової і лимонної кислот. У деяких випадках вартість відходів навіть перевищує вартість продукту, з якого отримані ці відходи. Наприклад, відходами виробництва томатного соку стає насіння, яке є цінною сировиною для виготовлення томатної олії. При цьому вартість 1 т рафінованої олії помідорів у 2,5 рази перевищує вартість 1 т томатного соку.

Для розв'язання проблеми *хімічного забруднення агрогеоекосистем* запропоновано низку ефективних заходів, зокрема такі:

- дотримання правил підбору хімікатів відносно місця і часу внесення;
- комплексне застосування отрутохімкатів і органічних добрив, що покращує умови розвитку мікроорганізмів, які беруть участь у розкладі цих хімікатів;
- досягнення оптимальної вологості ґрунту, що сприяє розвитку мікроорганізмів та вимиванню залишків хімікатів;
- глибока обробка ґрунту, що активізує мікробіологічні процеси, витягає хімікати на поверхню, де прискорюється їхній розклад;
- внесення у ґрунт препаратів з мікроорганізмами, які розкладають хімікати;
- підбір культур, стійких до розповсюдження шкідників і хвороб.

Але найефективнішим засобом боротьби із забрудненням агрогеоекосистем хімікатами є ліквідація джерел забруднення, тобто застосування вибіркового, менш токсичних хімікатів, які швидко розпадаються, та їх поєднання з біологічними засобами захисту рослин.

### ***6.2.1 Біотехнології у сільському господарстві***

В умовах тотальної хімізації аграрного ПК найбільш прогресивними є біологічні методи захисту рослин від шкідливих організмів, тобто застосування *«живого проти живого»*. Йдеться про використання природних ворогів (хижаків, паразитів) та продуктів життєдіяльності – антибіотиків, феромонів, біологічно активних речовин. Найпопулярнішими хижаками є божі корівки, золотоочки, жужелиці, мурашки. Біологічні засоби можна використовувати без обмеження кратності застосування, у той час як кількість обробок рослин хімічними пестицидами суворо регламентована. Застосування біологічного методу захисту рослин має на меті отримання високоякісної екологічно чистої продукції та ґрунтується на комплексній реалізації двох напрямів:

- збереження природних популяцій корисних видів (ентомофагів, мікроорганізмів) для сприяння самозахисту культурних рослин;
- поповнення агробіоценозів корисними видами, яких або не вистачає, або вони зовсім відсутні.

Біотехнологія має величезний потенціал для вирощування сортів, спроможних витримувати екстремальні кліматичні умови, протистояти хворобам і шкідникам, потребувати меншої кількості хімічних засобів захисту рослин і водночас мати кращі поживні якості. Упровадження біологічних засобів захисту рослин є одним зі шляхів скорочення використання пестицидів та забезпечення ефективного захисту рослин без шкоди природному середовищу і людині. Головні переваги застосування біотехнологій порівняно з хімічними засобами очевидні, зокрема:

- істотне зниження собівартості продукції за рахунок нижчої ціни препаратів і вартості оброблення посівів на гектар;
- значна біологічна активність проти цілої низки шкідливих об'єктів, особливо кореневої гнилі;
- практична відсутність у шкідників резистентності до впливу біопрепаратів;
- відсутність періоду очікування – дія одразу після оброблення;
- здатність знімати стрес у рослин, викликаний несприятливими погодними умовами і хімічними засобами захисту;
- відсутність негативного впливу на якість продукції;
- можливість інтегрованого захисту рослин завдяки сумісності біопрепаратів з деякими агрохімікатами;
- відсутність шкідливого впливу біопрепаратів на людину і теплокровних тварин.

Біопрепарати нині доволі різноманітні. *Біологічні фунгіциди* – це продукти життєдіяльності живих організмів, що використовуються для захисту рослин у вегетаційний період від хвороб, викликаних грибними і бактеріальними збудниками. Біофунгіциди захищають рослини від широкого спектру хвороб, у тому числі пліснявіння насіння, кореневої гнилі, борошнистої роси, фітофторозу, бактеріозів тощо. *Біологічні акарициди та інсектициди* – специфічні мікроорганізми і продуковані ними біотоксини направленої дії, призначені для боротьби з імаго і личинками шкідливих комах, кліщів і комарів. Вони також мають широкий спектр дії, що дозволяє ефективно боротися з колорадським жуком, капустяною совкою, вогнівкою, яблуною плодожеркою, лучним метеликом, амери-

канським білим метеликом, плодовою міллю, павутинними кліщами, різними видами гусені. Водночас ці препарати абсолютно безпечні для бджіл.

*Біологічні інокулянти* – біопрепарати, які містять живі культури корисних для рослин мікроорганізмів та використовуються для зміцнення здоров'я рослин. Їх можна вносити безпосередньо у ґрунт, а також здійснювати передпосівну обробку насіння різних культур: технічних, просапних, зернових, кукурудзи та соняшнику. *Біологічні деструктори* – препарати, які пришвидшують розкладання рослинних решток, пригнічують патогенну мікрофлору та оздоровлюють ґрунт. *Біодобрива* – це специфічні ґрунтові мікроорганізми, які, разом із синтезованими ними біологічно-активними речовинами, застосовуються для забезпечення рослин доступними формами азоту, фосфору і калію, збільшення урожайності та покращення якості продукції.

Біотехнології (Bt) почали трансформувати аграрне ПК у фермерських господарствах США та деяких інших країн з 1996 року. Сучасні біотехнології дають змогу відбирати окремі гени, які відповідають за формування бажаних властивостей, і вирощувати культуру із заданими характеристиками. За багатьма аспектами це не що інше, як високотехнологічна версія традиційної селекції, яка дозволяє уникнути рекомбінації генів щодо формування у гібридів небажаних властивостей. Біотехнології дозволяють інкорпорувати у клітину одного виду гени, запозичені з клітини іншого виду, що неможливо здійснити засобами традиційної селекції. Тобто сучасні біотехнології є знаряддям для створенням нових сортів рослин.

У 2002 р. Всесвітня продовольча програма ООН (United Nations World Food Programme – WFP), ВООЗ (World Health Organization – WHO) і FAO виступили зі спільною концепцією ставлення до біотехнології. Вони констатували, що наявна на продовольчому ринку генетично модифікована (ГМ) продукція *не несе жодної з відомих загроз здоров'ю людини*. Європейська комісія також погодилася з тим, що свідчення про шкідливість ГМ сортів кукурудзи наразі відсутні. Навіть запеклі опоненти біотехнології, зокрема організація «Грінпіс» (Greenpeace), рекомендували африканським країнам прийняти ГМ кукурудзу як альтернативу голоду.

Американські вчені проаналізували результати опублікованих раніше досліджень (приблизно 900 наукових праць) щодо впливу ГМ культур на здоров'я людини та довкілля. І не знайшли ознак негативного впливу. У доповіді Національних академій наук, техніки і медицини США «Генетично сконструйовані

зернові культури: досвід і перспективи» (2016) доведено, що генно-інженерні культури, отримані в результаті традиційної селекції, жодним чином не відрізняються від традиційних культур в плані виникнення ризиків шкідливого впливу на здоров'я людини і навколишнє середовище. Більше того, використання культур, стійких до шкідників, дає переваги за рахунок зменшення кількості отруєнь інсектицидами.

Основні переваги ГМ культур полягають у наданні культурам властивостей, яких природно не вистачає. За допомогою ГМО в рослинах і продуктах можна покращити смакові характеристики, а також збільшити вихід необхідної продукції, наприклад, білків, ферментів, амінокислот. Зменшення залежності Vt сортів від отрутохімікатів сприяє зниженню забруднення водойм, супроводжується підвищенням рівня безпеки водопостачання та поліпшенням якості питної води, а також оздоровленням природного середовища. Підвищення врожайності завдяки упровадженню Vt сортів сільськогосподарських культур зменшує навантаження на земельні ресурси. Вирощування Vt культур супроводжується меншими енерговитратами, а заощадження пального призводить до скорочення викидів у атмосферу CO<sub>2</sub>. Використання сортів, стійких до гербіцидів, дозволяє запроваджувати нові технології обробітку землі, що зменшують ерозію ґрунтів.

У 2016 році глобальні площі під ГМ культурами становили 185,1 млн га. Світовим лідером є США, де дозволено вирощування близько 90% усіх зареєстрованих ГМ культур, якими зайнято більше 70 млн га, або 40% від світового обсягу. Друге місце посідає Бразилія, де на площі більше 40 млн га вирощують три ГМ культури – сою, кукурудзу і бавовник. Аргентина має 24,4 млн га під соєю, кукурудзою і бавовником; Індія вирощує ГМ-бавовник на 11 млн га. Завершує п'ятірку лідерів Канада, яка на площі 10,8 млн га вирощує сою, кукурудзу, ріпак та цукровий буряк.

Нині у світі зареєстровано і дозволено до вирощування понад 340 ГМ-ліній, представлених 27 культурами. Найбільше зареєстровано ГМ-ліній кукурудзи, бавовнику, ріпаку, картоплі й сої. У 2018 році отримані дозволи на ГМ культури охоплювали 70 сортів, 9 з яких – нові: сафлор (2 сорти), картопля (1), соя (3), бавовник (2) і ріпак (1). Площа під ГМ-культурами у 2017 р. у 24 країнах зросла порівняно з попереднім роком на 4,7 млн га – до 189,8 млн га. Основними напрямками розвитку ознак у генному модифікуванні стали стійкість до шкідників, посухостійкість і термостійкість. Тобто розвиток нових ознак зосе-



реджено на вирішенні таких завдань, як адаптація до зміни клімату, боротьба з новими шкідниками і задоволення зростаючих потреб людей.

Для аграрного ПК вкрай важливо адаптуватися до змін клімату, тому селекціонери активно працюють над розробленням стійкіших до посухи сортів культур. Дослідники з Каліфорнійського університету вивчають гени, що сприяють посухостійкості сорго, які можна застосувати до інших важливих зернових культур – кукурудзи, пшениці, рису, ячменю. За останні 3 роки австралійські селекціонери закупили велику кількість генетичних матеріалів з Мексики і Пакистану та вивчили 4200 стійких посухостійких сортів з усього світу, щоб дослідити їх термостійкі гени. Боротьба із шкідниками завжди була в центрі уваги досліджень, у той час як іншим напрямком є отримання здоровіших продуктів харчування. Таких ГМ культур вже розроблено досить багато, наприклад, «золотий» рис з вітаміном А, перший врожай якого було отримано в США у 2004 році (Рис. 70).



Рис. 70. ГМ культури – кукурудза (ліворуч) та «золотий» рис

Отже, генетична модифікація є новим інструментом для селекціонерів, які мають на меті отримання поліпшених сортів рослин ефективнішим способом. Наприклад, стійкі до гербіцидів рослини можуть бути виведені як шляхом звичайного схрещування, мутагенезу чи селекції, так і шляхом прямого введення конкретного гену, що кодує потрібну ознаку. Кінцевий генетичний код отриманого сорту буде абсолютно однаковим в обох випадках. Але за допомогою генної інженерії той самий результат можна отримати швидше і ефективніше. Упевненості у безпечності ГМ культур додає той факт, що за період у понад 15 років жоден з міфів про погіршення здоров'я від споживання ГМ проду-

ктів не підтвердився. Окрім цього, проводиться систематичний пост-ринковий нагляд шляхом відповідного відстеження і маркування, які у Євросоюзі є суворішими, ніж будь-де інде. Навіть вищі церковні ієрархи всіх основних світових релігій визнали користь ГМО і продуктів з них, адже з їхньою допомогою можна нагодувати зростаюче населення Землі.

Усі ГМ рослини, корми, волокна чи палива до моменту появи на ринку мають пройти ретельний аналіз на безпеку. В ЄС цим опікується Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (European Food Safety Authority – EFSA), де незалежні експерти співпрацюють з національними органами безпеки продовольства. Лише ті продукти, які визнаються безпечними, можуть потрапити на ринок. Тести для перевірки безпечності ГМ культур набагато суворіші, ніж вимоги до рослин, отриманих іншими методами селекції, наприклад, за допомогою мутагенезу<sup>24</sup>. Дослідження ймовірних наслідків впливу ГМО на природне середовище і здоров'я людини тривають. Альтернативою «новій їжі» є органічна продукція, яка останнім часом упевнено просувається на ринки розвинутих країн, і попит на яку постійно зростає.

### ***6.2.2 Переваги альтернативного землеробства***

Концепція альтернативного землеробства передбачає повну або часткову відмову від синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту і кормових добавок. Агротехнічні заходи ґрунтуються на суворому дотриманні сівозмін, введенні у їхній склад бобових культур, збереженні рослинних залишків, проведенні механічних культивацій, використанні біологічного методу захисту рослин, застосуванні гною, компостів і сидератів<sup>25</sup>. Оброблюваний ґрунт при цьому вважається практично живим організмом, що є зосередженням численних реакцій обміну речовин, у т. ч. за участі ґрунтових мікроорганізмів.

Забезпечити збалансованим харчуванням рослини може тільки біологічно активний ґрунт з високою родючістю, що забезпечується внесенням органічних добрив, передусім компостів як живильного субстрату для ґрунтових мікроорганізмів. Компост сприяє рухові ґрунтових поживних речовин (фосфору, ка-

---

<sup>24</sup> *Мутагенез* – процес виникнення спадкових змін – мутацій, що бувають природними (спонтанними) або викликаються різноманітними фізичними і хімічними факторами (мутагенами).

<sup>25</sup> *Сидерати* (зелені добрива) – рослини, які тимчасово вирощують на вільних ділянках з метою поліпшення структури ґрунту, збагачення його азотом та пригнічення росту бур'янів. Зазвичай вирощуються в окремий період часу, а потім проорюються і змішуються з ґрунтом у недозрілому виді або одразу після цвітіння.

лію), роблячи їх доступними для рослин. Внесення мінеральних добрив допускається тільки у складі компостів. Отже, в альтернативному землеробстві головним є удобрення ґрунту, а не рослини, відповідно до принципу: «Від здорового ґрунту – до здорової рослини, тварини і людини».

Більшість методів альтернативного землеробства перевірені багатовіковою практикою ведення сільського господарства. Відмова від мінеральних добрив і пестицидів дає змогу отримувати продукцію, що не містить залишкових кількостей цих агрохімікатів і тому має вищу біологічну цінність. Незважаючи на високі ціни, вона має великий попит у населення. Ґрунтозахисна обробка, суворе дотримання сівозмін перешкоджають розвитку ерозії та зменшують вимивання поживних елементів з ґрунту. Крім цього, відмова від мінеральних добрив і пестицидів забезпечує значну економію коштів та енергії, позитивно впливає на довкілля і здоров'я людини.

Проте, порівняно з традиційною системою, альтернативне землеробство значно залежить від природних чинників, потребує вирощування на великих площах кормових культур і скорочення за рахунок цього площ під інші важливі культури, а також супроводжується підвищенням трудовитрат на приготування і внесення компостів. Тому ефективнішим може бути розроблення *інтегровано-го землеробства*, яке включало б найкращі риси альтернативних систем і водночас допускало у розумних межах застосування мінеральних добрив і пестицидів. Таке землеробство відповідало б екологічним завданням щодо максимальної реутилізації усіх відходів аграрного виробництва.

Сучасне біологічне землеробство включає кілька систем, між якими не завжди можна провести чітку межу: органічне, органобіологічне, біодинамічне, адаптивне, система ANOG, система LISA. *Органобіологічне землеробство* поширене у Франції та Швейцарії. Основна його ідея полягає у тому, що мінеральні речовини з ґрунту поглинаються у формі не тільки іонів, але й макромолекул і слугують поживними речовинами для ґрунтових мікроорганізмів, які переробляють важко засвоювані сполуки на легкодоступні для рослин форми. Тому головним у такій системі землеробства є підвищення родючості ґрунту за рахунок керування живленням рослин, активування ґрунтової мікрофлори, для чого компости вносять поверхнево, а під час обробітку верхніх шарів намагаються зберегти структуру ґрунту. Захист рослин від шкідників і хвороб здійснюється подібно до того, як і в органічному землеробстві. Властивості ґрунту поліпшують, насамперед, вирощуванням трав'яних бобово-злакових сумішей у

сівозміні. Як і за органічної системи, не виключається можливість застосування місцевих добрив (вапняки, бентоніти, фосфати, кісткове борошно), які містять у своєму складі мінеральні елементи у важкорозчинній формі.

*Біодинамічна система землеробства* дещо відрізняється від інших. Біодинамічне (БД) землеробство є одним з найдавніших у Європі. Основоположниками теорії цієї системи були німецькі дослідники Рудольф Штайнер і Марія Тун, австралійський учений Алекс Подолінський. Останній розпочав свою роботу на початку 1950-х, і нині у всьому світові його БД метод відомий як «Австралійський професіональний біодинамічний сільськогосподарський метод». БД система вирощування рослин має забезпечувати їхню стійкість до несприятливих факторів шляхом створення «живого» ґрунту як запоруки збалансованого живлення рослин. Головний принцип біодинамічного землеробства «годувати» не рослину, а ґрунт – органічними добривами, найкращими з яких є компости. Їх готують з додаванням деревію, польового хвоща, кропиви, ромашки лікарської, дубової кори, валеріани, а поживні речовини містяться у формі, найбільш сприятливій для рослин. Витяжки, відвари і продукти бродіння з рослин використовують як добрива, стимулятори росту і для захисту рослин від бур'янів і хвороб. Мінеральні добрива і пестициди не застосовують зовсім.

*Адаптивні технології* базуються на використанні максимальної адаптації рослин до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. В основу адаптивної технології покладено повну або часткову відмову від синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту і кормових добавок. Комплекс агротехнічних заходів передбачає суворе дотримання науково-обґрунтованих сівозмін, насичених бобовими культурами, збереження рослинних решток, широке застосування гною, компостів і сидератів, проведення механічного обробітку ґрунту.

*Система ANOG* близька до традиційного сільського господарства. Вона дістала умовну назву «ближче до природи» і переважно збігається з органічними землеробством. На підставі наукового аналізу стану ґрунту для кожного господарства розробляють індивідуальні плани внесення органічних добрив. *Система LISA* (Low Input Sustainable Agriculture) – нова система землеробства, яку ще називають «підтримувальне сільське господарство» або «низьковитратне (low-input) землеробство». У цій системі ставка робиться на мобілізацію внутрішніх, відновлювальних ресурсів, наприклад, на максимальне використання азоту технічного походження, розвиток водозберігаючих технологій,

перехід на технічні засоби боротьби з бур'янами і шкідниками, регулювання складу біоценозів.

Термін «*органічне землеробство*» (Organic Farming) запровадила Міжнародна федерація «Рух за органічне сільське господарство» (International Federation of Organic Agriculture Movement – IFOAM), заснована у 1972 р. Вона визначала органічне землеробство (ОЗ) як «виробничу систему, яка підтримує здоров'я ґрунтів, екосистем і людей». Метою ОЗ є одержання продукції, що не містить залишків хімічних препаратів, збереження ґрунтової родючості та охорона навколишнього середовища. Департамент сільського господарства США у 1980 році запропонував своє визначення ОЗ як «системи виробництва сільськогосподарської продукції, яка забороняє або значно обмежує використання пестицидів, синтетичних комбінованих добрив, регуляторів росту і харчових добавок при відгодівлі тварин; базується на сівозмінах, використанні рослинних решток, гною і компостів, органічних відходів виробництва, мінеральної сировини для підвищення родючості та покращення структури ґрунтів, повноцінного живлення рослин».

У 1995 р. Колегія з національних стандартів органічної продукції Міністерства сільського господарства США (United States Department of Agriculture, USDA) дала таке визначення: «Органічне землеробство – це система екологічного менеджменту аграрного виробництва, яка підтримує та покращує біорізноманіття, біологічні цикли і активність ґрунтів. Базується на агротехнічних прийомах, які відроджують, підтримують та поліпшують екологічну гармонію». Переведення традиційної системи землеробства на ОЗ відбувається поступово, протягом 3-6 років, та передбачає проведення екологічної експертизи ґрунтового покриву на усі види забруднення; упровадження безпестицидних технологій вирощування культур та біологічних методів боротьби з хворобами і шкідниками; сертифікацію вирощеної продукції.

Останніми роками глобальне ОЗ демонструє стійке зростання. Згідно з даними Дослідного інституту органічного сільського господарства (FiBL), 2017 рік став рекордним. За оцінками компанії Ecovia Intelligence, у 2017 році світовий ринок органічних продуктів харчування досяг \$97 млрд (Рис. 71). Провідним ринком є США, за ними Німеччина, Франція і Китай. Зокрема, французький органічний ринок виріс на 18%; швейцарці витратили найбільше на органічні продукти харчування (€288 на душу населення); Данія мала найвищу частку органічного ринку (13,3% ринку продуктів харчування). Станом на кінець 2017



- застосовуються ґрунтозахисні технології з мінімальним ступенем обробітку ґрунту;
- відтворення родючості ґрунтів відбувається за рахунок органічних добрив;
- синтетичні мінеральні добрива не застосовуються;
- захист посівів від бур'янів забезпечується агротехнічними заходами і посівами післяжнивних сидератів, а від шкідників і хвороб – агротехнічними, профілактичними і біологічними методами;
- продукція ОЗ обов'язково проходить відомчу або державну сертифікацію на екологічну чистоту відповідно до міжнародних стандартів;
- продаж органічної продукції здійснюється за наявності «Знаку якості на органічну продукцію».

Розвиток органічного руху в усій його різноманітності має ґрунтуватися на принципах природних систем і циклів, що досягається шляхом екологізації аграрного ПК. Наприклад, для рослин – це живий ґрунт, для тварин – екосистема ферми, для риби та інших гідробіонтів – водне середовище. Базовими є декілька принципів екологізації аграрного ПК. *Принцип адекватності*: стійкими є агрогеоекосистеми, що імітують відповідні функції біосфери. Тобто сільськогосподарська діяльність має бути адекватною природним закономірностям навколишнього середовища. Цього можна досягти шляхом застосування прогресивних систем землеробства з урахуванням особливостей ландшафтної структури територій.

*Принцип сумісності* передбачає системний взаємозв'язок компонентів агрогеоекосистем та їх сумісність з природним оточенням. Наприклад, смуговий сумісний посів низькорослої сої і високорослої кукурудзи дозволяє рослинам обох груп краще використовувати сонячну енергію, вуглекислий газ, воду. В результаті підвищується інтенсивність фотосинтезу, покращується мікроклімат. Урожайність сої у таких посівах на 18%, а кукурудзи – на 29% вища, ніж за їх роздільного вирощування. *Принцип пріоритету фітомеліорацій* відповідає одному з найважливіших законів землеробства – закону мінімуму. Лімітуючим фактором часто є дефіцит ґрунтової вологи, а рослинна меліорація сприяє формуванню усталеного вологообігу. Сутність фітомеліорацій в агрогеоекосистемах полягає у визначенні розумного співвідношення між полем, луком і лісом у взаємозв'язку з іншими компонентами.

*Принцип просторового і видового різноманіття* базується на закономірності: чим різноманітніше і складніше структура агрогеоекосистем, тим вище їх

стійкість. Наприклад, збереження природних компонентів у складі агрогеоекосистем поліпшує мікроклімат, сприяє збільшенню чисельності тварин, зокрема птахів, що харчуються комахами. Ландшафти зі значним видовим різноманіттям швидше відновлюються і самоочищаються, що сприяє підвищенню їхньої стійкості, підтриманню природної і природно-антропогенної рівноваги<sup>26</sup>.

Монокультурність угідь сприяє швидкому розповсюдженню шкідників і хвороб на значних площах, що може призвести до повної втрати врожаю і зараження сусідніх угідь. Найбільш розповсюдженими способами «ускладнення» агрогеоекосистеми є використання сівозмін, введення на сусідніх угіддях сівозмін з різними ротаційними циклами, формування мозаїчної структури угідь, вирощування у межах одного угіддя декількох культур. Принципово необхідно включати в структуру агрогеоекосистем ділянки лісових, лучних, водних, болотних та інших ландшафтів та забезпечувати їх оптимальний відсоток.

*Принцип екологізації агропромислового природокористування* декларує збереження і охорону усього природного комплексу, а не його окремих елементів. *Принцип оптимізації* передбачає управління цілісною системою, у складі якої рілля, пасовища, інфраструктура, населені пункти, ліси і водойми. Головними завданнями такого управління є передусім недопущення прояву таких негативних процесів, як засолення зрошуваних земель, підтоплення, підкислення, надмірного осушення, дефляції тощо.

Отже, сучасне аграрне ПК уподібнилося промислому виробництву з поставками сировини у вигляді посівного матеріалу, добрив, пестицидів і отриманням готової продукції. Біологічні (органічні) технології передбачають застосування науково-обґрунтованих систем сівозмін; використання для удобрення органіки, сидератів, соломи; вирощування бобових культур задля поліпшення засвоєння азоту; повну відмову від застосування агрохімікатів. Хімічні засоби мають залишитися виключно інструментом екстреного впливу в критичних ситуаціях, але ніяк не у повсякденній практиці. Актуальним є перехід на інноваційні принципи землекористування, що базуються на радикальному підвищенні родючості ґрунтів за рахунок застосування нових технологій обробітку і посіву, охороні земель від ерозії, деградації та виснаження. Високопродуктив-

---

<sup>26</sup> Під *природною рівновагою* розуміють первинну екологічну рівновагу природної системи, що складається на основі балансу незмінених або мало змінених людиною компонентів природного середовища. *Природно-антропогенна* рівновага є вторинною екологічною рівновагою, що установлюється на основі балансу змінених людиною компонентів природного середовища.



не, конкурентоспроможне ОЗ має нерозривно поєднуватися з раціональним, екологічно безпечним землекористуванням.

### **Запитання і завдання для самоконтролю**

1. З'ясуйте і охарактеризуйте геоекологічні функції педосфери.
2. Які геоекологічні проблеми найчастіше виникають внаслідок впливу аграрного природокористування на довкілля?
3. Проаналізуйте основні причини погіршення якості земельних ресурсів.
4. Які протиерозійні заходи вам відомі? Наведіть приклади.
5. Назвіть і охарактеризуйте відомі вам негативні наслідки застосування пестицидів. Як застосовують пестициди у різних країнах світу?
6. Які забруднювальні речовини і чому є найбільш небезпечними для ґрунтів?
7. Проаналізуйте геоекологічні наслідки надмірного внесення у ґрунт мінеральних добрив.
8. Розкрийте вплив тваринництва на агрогеоекосистеми. Як йому запобігти?
9. З'ясуйте і охарактеризуйте шляхи раціоналізації аграрного природокористування. Що вам відомо про біотехнології у сільському господарстві?

## 7 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

**В**икористання води з водойм для різних потреб розпочалося з появою на Землі людини та різко збільшилося з виникненням поливного землеробства у IX-X ст. до н.е. І хоча за запасами вільної води Земля є найбільш водною планетою Сонячної системи, нині людство опинилося на порозі водного голоду внаслідок якісного і кількісного виснаження ресурсів гідросфери. Людина використовує для своїх потреб прісну воду з річок, озер і підземних водоносних горизонтів, які становлять всього 0,3% об'єму гідросфери. Теоретично водні ресурси невичерпні, оскільки вони відновлюються в процесі кругообігу. Однак споживання води зростає такими темпами, що проблема чистої води і виснаження водних ресурсів є нині однією з найбільш актуальних.

Рушійною силою відновлення водних ресурсів є кругообіг води, який часто порівнюють з вічним двигуном, що «качає» воду з океану на материки протягом мільярдів років. У планетарному масштабі розрізняють великий і малий кругообіги води. Великий кругообіг включає звільнення частини хімічно пов'язаної води з гірських порід та виділення вільної води в ході вулканічної діяльності. Наслідком цього кругообігу впродовж геологічної історії Землі є утворення Світового океану. Малий кругообіг відбувається набагато швидше за схемою «випаровування – опади – інфільтрація – стік». Його результатом є безперервний поверхневий і підземний стік з материків у океан, поповнення підземних вод, а також збереження «замороженої» води у льодовиках.

Внаслідок господарської діяльності людини гідросфера змінюється кількісно і якісно. Кількісне виснаження пов'язане з безперервним збільшенням водозабору для господарських і побутових потреб; якісне – з постійно зростаючим забрудненням води. Брудна вода стає непридатною для пиття, використання у побуті й промисловості, зрошення сільськогосподарських земель. Саме поняття «забруднення» можна визначити як внесення людиною прямо чи опосередковано у водне середовище речовин та енергії, що викликає погіршення якості води та зменшення її корисних властивостей, небезпеку для здоров'я людей, ускладнення морської діяльності, включаючи рибальство та інші промисли. З погляду господарського використання, водні об'єкти вважаються забрудненими, якщо вони стали частково або повністю непридатними хоча б для одного з видів водокористування.

Забруднення водного середовища має різну природу і походження. *Хімічне забруднення* відбувається внаслідок надходження у водойми зі стічними водами різних шкідливих домішок неорганічної (кислоти, мінеральні солі, луги

тощо) та органічної (нафта і нафтопродукти, органічні сполуки, миючі засоби, пестициди тощо) природи. *Фізичне забруднення* пов'язане зі зміною фізичних показників якості води – прозорості, вмісту суспензій та інших нерозчинних домішок, радіоактивних речовин, запаху, смаку, забарвлення, електропровідності тощо. Фізичне забруднення води відбувається внаслідок накопичення у ній нерозчинних домішок (піску, глини, мулу) в результаті змивання дощовими водами з розораних ділянок, потрапляння пилу, що переноситься вітром за сухої погоди, тощо.

*Біологічне забруднення* пов'язане з надходженням у водойми різних мікроорганізмів (бактерій, вірусів), спор грибів, яєць гельмінтів тощо, багато з яких є хвороботворними для людей, тварин і рослин. Серед біологічних забруднювачів переважають комунально-побутові стоки, стічні води цукрових заводів, м'ясокомбінатів, підприємств деревообробки. *Теплове забруднення* води відбувається внаслідок спускання у водойми підігрітих вод від енергетичних об'єктів, наприклад, АЕС. Тепла вода змінює термічний і біологічний режими водойм та шкідливо впливає на їхніх мешканців.

*Забруднювальною речовиною* може бути будь-яка хімічна речовина, тепло чи біологічний вид, що потрапляє у водний об'єкт або виникає у ньому в кількостях, які перевищують природні граничні коливання чи середній природний фон і призводять до погіршення якості води. *Джерелом забруднення (забруднювачем)* є об'єкт, який вносить у природні водойми хімічні речовини, мікроорганізми або тепло і призводить до погіршення якості вод. Джерела забруднення вод різняться за такими ознаками:

- за походженням – антропогенні (промислові, житлово-комунальні, сільськогосподарські, транспортні тощо) та природні (атмосферні, літосферні);
- за локалізацією – точкові, лінійні, площинні;
- за тривалістю впливу – постійні, періодичні, епізодичні;
- за видом носія забруднювальних компонентів – стічні, скидні (зрошувальні й дренажні), інфільтраційні та підземні води, води поверхневого стоку, атмосферні опади.

Однією з найактуальніших глобальних геоекологічних проблем є пластикове забруднення Світового океану – 8 млн т пластику скидається в моря і океани щороку. Єдиним реальним способом розв'язання цієї проблеми є узгоджені дії з боку світових урядів. Першими, хто офіційно закликав до укладення глобального договору для боротьби з пластиковим забрудненням морського середовища, стали уряди країн Північної Європи. Заяву зроблено у квітні 2019 року

в Рейк'явіку на зборах міністрів навколишнього середовища Данії, Фінляндії, Ісландії, Норвегії та Швеції.

*Водокористування* – різновид природокористування, пов'язаний з використанням водних ресурсів для задоволення потреб населення, промисловості, сільського господарства, транспорту та інших галузей господарства, включаючи право на забір води, скидання стічних вод та інші види використання вод. За різними ознаками розрізняють такі види водокористування:

- У *за цілями* – господарсько-питне, комунально-побутове, промислове, сільськогосподарське, для потреб енергетики, рибного господарства, водного транспорту та курортних потреб;
- У *за об'єктами* – поверхневі, підземні, внутрішні, територіальні морські води;
- У *за способом використання* – з вилученням води та її поверненням, з вилученням води без повернення, без вилучення води;
- У *за технічними умовами* – із застосуванням або без застосування технічних споруд.

За характером використання води системи водопостачання можуть бути прямоточними, коли вода використовується у виробничому процесі одноразово, після чого скидається у водойми або каналізацію; послідовними, коли вода споживається у декількох технологічних процесах, та оборотними, коли вода використовується у виробництві багатократно, з періодичним або безперервним її очищенням. Існують такі види водогосподарського природокористування:

- ✓ *промислове і комунальне водопостачання* – гідротехнічні комплекси промислових підприємств, спеціальні комплекси електростанцій (гідроенергетичних, атомних, теплових), гідротехнічні споруди для задоволення потреб у воді населених пунктів;
- ✓ *водна меліорація (гідромеліорація)* – обводнення або осушення земель, поліпшення режиму поверхневих і підземних вод з метою забезпечення сприятливих умов для здійснення будівельних та інших робіт;
- ✓ *водний транспорт*;
- ✓ *рибне господарство*;
- ✓ *комплексні гідротехнічні споруди* – водосховища на річках, призначені для багатоцільового використання водних ресурсів – гідроенергетики, водного транспорту, промислового і комунального водопостачання, зрошення, розведення риби і качок, рекреації.

## 7.1 Промислове і комунальне водопостачання

Водопостачання – технологічний процес, що забезпечує забір, підготовку, транспортування і передачу абонентам води. *Система водопостачання* – комплекс взаємопов’язаних споруд, призначених для водозабезпечення будь-якого об’єкта чи групи об’єктів. Системи водопостачання поділяються на комунальні та виробничі. Споживачами найбільших обсягів води є підприємства металургійної, хімічної, нафтопереробної промисловості, а також ТЕС. Водопостачання здійснюється за рахунок природних джерел – поверхневих і підземних. Для комунального водопостачання переважно використовуються підземні води. Однак сучасним мегаполісам ресурсів підземних джерел не вистачає, тому великі міста і промислові об’єкти забезпечуються водою переважно з поверхневих джерел прісної води. Забір води з природних джерел, очищення і подача до місць споживання здійснюється за допомогою таких інженерних споруд:

- водоприймачі;
- насосні станції першого підйому, що подають воду до місць її очищення;
- очисні споруди;
- збірні резервуари чистої води;
- насосні станції, що подають очищену воду в місто або на підприємства;
- водоводи і водопровідні мережі.

Для централізованого водопостачання використовуються водні об’єкти, які відповідають певним вимогам і розташовуються на екологічно благополучних територіях. Наприклад, столиця України забезпечується питною водою з трьох джерел водопостачання – річок Дніпра і Десни та підземних водоносних горизонтів (Рис. 72). Система централізованого водопостачання міста Києва складається з 74 водопровідних насосних станцій, 363 артезіанських свердловин та понад 4 тис км водопровідних мереж. Навколо водозаборів для питних потреб створюється зона санітарної охорони, що має три пояси: перший – суворого режиму, другий і третій – режиму обмеження. Контроль якості води джерел централізованого господарсько-питного водопостачання має здійснюватися щоденно.

Основою системи водопостачання столиці Великобританії є декілька водопровідних станцій, з яких вода після очищення надходить в Лондонську кільцеву магістраль (London ring main) (Рис. 73). Головним джерелом водопостачання є річка Темза та її численні притоки. Також у системі водопостачання Лондона велику роль відіграють штучні накопичувальні водойми і водосхови-

ща розміром не більше 0,5-1 км<sup>2</sup>. У долині річки Лі в межах Великого Лондона і в найближчих передмістях створено 9 накопичувальних водойм і водосховищ. Всі території, де розташовано водойми і водосховища, мають статус охоронних зон; деякі з них використовуються в рекреаційних цілях. Території, з яких здійснюється безпосередній забір води підприємствами водопостачання, мають дуже суворий режим, який передбачає повну заборону на відвідування цієї зони.



Рис. 72. Дніпровська водопровідна станція, що забезпечує 30% питної води м. Києва



Рис. 73. Станція очистки води перед подачею у Лондонську кільцеву магістраль

Питні водозабори з підземних водоносних горизонтів зазвичай розташовуються у межах міської території; навколо них також створюються зони санітарної охорони. Підземні води використовуються для централізованого і нецентралізованого водопостачання. Останнє здійснюють з метою забезпечення населення якісною питною водою шляхом розливання чистої води у пляшки, розвезення і розливання у тару споживачів або організації водозабірних пунктів у житлових кварталах. Для нецентралізованого водопостачання, крім підземних вод, можуть використовуватися і очищені поверхневі води. Перевагами децентралізованого водопостачання є краща якість води та її економне використання, захищеність на випадок аварій, а також автономність, що підвищує надійність системи водопостачання. Технологія нецентралізованого водопостачання також має такі переваги:

- формується незалежна, надійно захищена система питного водопостачання, яка може бути використана у випадку аварій та інших непередбачуваних ситуацій;

- за рахунок можливості використовувати різні джерела водопостачання збільшується надійність системи питного водопостачання;
- раціонально використовується артезіанська вода, запаси якої обмежені;
- вода для питного водопостачання потребує менших витрат на підготовку;
- питна вода із свердловин дешевша, ніж вода, розлита у пляшки.

Незважаючи на переваги, нецентралізоване водопостачання у містах є лише доповненням централізованого і альтернативним джерелом чистої води у надзвичайних ситуаціях. Вода, використана для побутових потреб і у технологічних процесах, а також дощові й талі води з міської території відводяться через *систему водовідведення (каналізацію)* і подаються на міські очисні споруди. Каналізаційні системи, якими відходи життєдіяльності людей і тварин транспортувалися у річки, озера і моря, існували ще за часів стародавнього Єгипту, Греції та Риму. Наприклад, величезні колектори Римської імперії тоді було побудовано зовсім не для того, щоб служити каналізаційними системами. Клоака Максима (Слоаса Махіма, або Найбільша Каналізація) була спочатку призначена для зливання частини вод місцевих боліт (Рис. 74).

Будівництво Клоаки розпочалося у 600 році до н.е. і важко сказати, коли саме Клоака Максима перестала бути дренажною канавою і стала належною каналізацією. Оскільки Клоака мала вихід прямо у Тибр, річка швидко заповнилася відходами життєдіяльності людей (Рис. 75). У римлян навіть була богиня, яка стежила за роботою цієї системи, – Клоакіна. Можливо, найважливішим досягненням римської каналізаційної системи був той факт, що вона, захована від людських очей, не давала поширюватися ніяким хворобам, інфекціям і неприємним запахам. Споруда, складена з величезних кам'яних глиб, прослужила 24 століття й досі використовується римлянами як зливово каналізація.

Вода, яка надходить у міську систему водовідведення, – це суміш господарсько-побутових і промислових стічних вод. Системою водовідведення ці води подаються на *міські очисні споруди*, де вони очищуються до стану, коли їх можна скидати у водойми. Якщо продуктивність очисних споруд дозволяє, туди також надходять дощові й талі води. Повний комплекс міських очисних споруд включає блоки механічної і біологічної очистки, доочистки, знезараження і обробки осаду. *Механічна очистка* забезпечує видалення зі стічної води крупних включень, завислих і плаваючих домішок, для чого використовує:

У Решітки, призначені для уловлювання крупних включень, які за необхідності подрібнюються у дробілках та вивозяться на полігони побутових відходів.

У Пісколовки, призначені для осадження завислих частинок, де видаляється 40-60% дрібних механічних домішок. Осад подається на піщані площадки.



Рис. 74. Каналізаційна система стародавнього Риму



Рис. 75. Вихід Cloaca Maxima у Тибр

У Преаератори, призначені для насичення стічних вод киснем для покращання біологічної очистки. Стічні води змішуються з пухирцями повітря, що допомагає видаленню нафтопродуктів і завислих речовин.

У Первинні відстійники, які забезпечують видалення завислих домішок.

З первинних відстійників стічні води надходять до блоку *біологічної очистки* з метою деструкції органічних речовин шляхом біологічного окислення. Біологічну очистку найчастіше здійснюють в аеротенках, де відбувається контакт стічних вод з активним мулом (Рис. 76). Далі очищені стічні води надходять у вторинні відстійники, де відбувається осідання активного мулу (Рис. 77).

Після цього стічні води можна скидати у водні об'єкти, але з обов'язковим попереднім знезараженням. Найчастіше застосовується хлорування, як найбільш доступний, простий і надійний спосіб знезаражування стічних вод. Реагентами при цьому є газоподібний і рідкий хлор, хлорне вапно, гіпохлорити кальцію і натрію, діоксид хлору. Головна технологічна вимога зводиться до наявності у очищених стоках після знезараження залишкового хлору не менш ніж 1,5 мг/л. Тільки значний вміст хлору на випуску гарантовано забезпечує санітарний ефект очищення води практично до 100%.





Рис. 76. Аеротенки



Рис. 77. Радіальні вторинні відстійники

Позитивний досвід очищення стічних вод має, наприклад, Естонія. Після реконструкції очисні споруди міста Нарва отримали дві роздільні лінії очистки стоків: перша – для очистки господарсько-побутових каналізаційних стоків продуктивністю 38500 м<sup>3</sup>/добу і друга – для очистки промислових стічних вод продуктивністю 7200 м<sup>3</sup>/добу. Очистка води відбувається поетапно. Механічна очистка від крупного сміття проходить на перфорованих решітках з діаметром отворів 6 мм. Сміття, зібране з решіток, потім пресується і збирається у окремий контейнер, який транспортують на звалище. У піскоуловлювачі від стічної води відокремлюється абразивний матеріал, що може пошкодити насоси чи забити трубопроводи. У камері змішування стічна вода змішується з поворотним мулом, завдяки якому відбувається біологічна очистка стоків.

Для ефективної очистки в аеротенках створюються оптимальні умови – насичення киснем, додаткове перемішування, установлення необхідного часу перебування суміші стічної води і поворотного мулу. Розподільна камера збирає воду з аеротенків і спрямовує у відстійники. Тут же відбувається додавання сульфату заліза для кращого видалення фосфатів зі стічної води. У відстійниках біологічний мул відділяється від стічної води та повертається до камери змішування з неочищеною стічною водою. Освітлена вода з відстійників направляється у річку Нарва. Частина активного мулу з відстійників потрапляє на вузол обробки осаду, де відбувається його стабілізація у метантанку і зневоднення на центрифугах. Отриманий зневоднений мул використовується для удобрення, озеленення, рекультивації тощо.

### 7.1.1 Інноваційні методи знезараження стічних вод

Оскільки хлор належить до групи сильнодіючих отруйних речовин, це створює значну небезпеку в процесі зберігання і особливо транспортування реагентів. До того ж, хлор погіршує органолептичні властивості води. Тому весь цивілізований світ переходить на безпечніші реагенти із застосуванням новітніх методів дезінфекції стічних вод. *Озонування* – один з найкращих способів знезараження питної води, що забезпечує її високі органолептичні показники, відсутність високотоксичних і канцерогенних продуктів, зменшення кількості бактерій на 99,8%. Проте існують певні недоліки озонування, зокрема:

- Складність обладнання і його висока вартість, значні витрати електроенергії.
- У випадках, коли температура оброблюваної води перевищує 22°C, озонування не дозволяє досягти необхідних мікробіологічних показників унаслідок відсутності ефекту пролонгації дезінфекції.
- Використання озонування у повсякденному житті обмежується складністю технологічного процесу (послідовні стадії очищення повітря, його охолодження і осушення, синтез озону, змішування озоно-повітряної суміші з оброблюваною водою, відведення і деструкція залишкової суміші та виведення її в атмосферу).
- Через токсичність озону його гранично допустимий вміст у повітрі виробничих приміщень має становити 0,1 г/м<sup>3</sup>.
- Небезпека вибуху озоно-повітряної суміші.

*Електроімпульсний метод* дезінфекції води не потребує застосування реагентів і відносно простий – це використання імпульсивних електричних розрядів. Суть методу полягає у виникненні електрогідралічного удару, так званого «ефекту Юткіна»<sup>27</sup>. Результатом стає знищення у воді практично усіх патогенних мікроорганізмів, а бактерицидні властивості води зберігаються до 4 місяців. Основною перевагою методу є екологічна чистота та можливість використання у великих обсягах рідини. Серед недоліків – висока енергоємність, що спричинює дорожнечу.

*Електрохімічний метод* базується на пропусканні води через електрохімічний діафрагмовий реактор, розділений металокерамічною мембраною на дві

---

<sup>27</sup> Юткін Лев Олександрович (1911-1980) – видатний радянський фізик і винахідник. Винайшов електрогідралічний ефект (ЕГЕ) – потужний гідроудар з локальним тиском вище 100 тис ат., що виникає при проходженні розряду високої напруги скрізь водну товщу.

камери – катодну і анодну. За постійного струму в обох камерах утворюються лужний і кислотний розчини, активний хлор. Там гинуть практично усі мікроорганізми і частково руйнуються органічні забруднення.

*Електроліз* може використовуватися без додавання хлоровмісних речовин або з додаванням морської води чи повареної солі. У електролізних установках отримують гіпохлорит натрію ( $\text{NaClO}$ ) шляхом електролізу розчинів повареної солі, морських, солонуватих вод та інших розчинів, що у своєму складі мають хлорити. Водопровідна вода спочатку проходить фізико-хімічну очистку, далі фільтрацію заліза та видалення солей жорсткості. Потім пом'якшена вода подається на електролізери і у ємність-солерозчинник (сатуратор), звідки насос-дозатор подає соляний розчин на електролізні блоки (Рис. 78), у яких і виробляється розчин гіпохлориту натрію. Головною перевагою електролізного методу є те, що він виключає перевезення реагенту, відпадає потреба у поверненні тари, улаштуванні сховищ. Отже, у переважній більшості випадків застосування електролізу для дезінфекції стічних вод вигідніше за хлорування.

*Метод ультразвукових коливань* уперше було запропоновано у 1928 р. Перевагою використання ультразвуку є його нечутливість до таких факторів, як каламутність і кольоровість води, характер і кількість мікроорганізмів, а також наявність у воді розчинених речовин. Єдиний фактор, який впливає на ефективність знезараження стічних вод ультразвуком, – це інтенсивність ультразвукових коливань. Бактерицидна дія ультразвуку різної частоти залежить від інтенсивності звукових коливань. Знезараження і очищення води ультразвуком вважається перспективним методом дезінфекції, проте дуже дорогим.

*Метод ультрафіолетового (УФ) знезараження* передбачає застосування світла з довжиною хвилі близько 254 нм. Дезінфікуючі властивості такого світла обумовлено дією на клітинний обмін і особливо на ферментні системи бактеріальної клітини. При цьому «бактерицидне» світло знищує не тільки вегетативні, але й спорові форми бактерій. Сучасні установки УФ знезараження – це камери з розміщеними усередині УФ лампами, захищеними від контакту з водою прозорими кварцовими чохлами (Рис. 79). Ультрафіолет опромінює воду і вбиває усі мікроорганізми.

Найбільший ефект досягається, коли УФ установки розташовуються якомога ближче до місця кінцевого споживання. Вторинні токсини не утворюються, тому верхнього порогу дози УФ опромінення не існує. Збільшенням дози майже завжди можна домогтися бажаного рівня знезараження. УФ опромінення

– екологічно чистий, безпечний і ефективний метод, найбільш привабливий для індивідуального водопостачання. У цього методу також є певні недоліки. Подібно озонуванню, УФ знезараження не забезпечує пролонгованої дії і тому є проблематичним у централізованому водопостачанні. Можливі реактивація мікроорганізмів і навіть вироблення нових штамів, стійких до променевої атаки.



Рис. 78. Блоки електролізної установки з очищення води



Рис. 79. Установка ультрафіолетового знезараження води

Якщо якість очищення стічних вод не відповідає вимогам скидання у водойми, здійснюється їхня *доочистка*. Для цього застосовують фізико-хімічні методи, зокрема флотацію – пропускання через стічні води повітря, бульбашки якого, спливаючи, виносять з потоку води небажані домішки; сорбцію – глибоке очищення стічних вод від ароматичних сполук, неелектролітів, барвників, гідрофобних сполук; екстракцію – введення у стічні води екстрагентів, здатних розчиняти органічні речовини тощо. Щоб стічні води набули якостей природних вод, їхня доочистка здійснюється біологічними методами, які по суті своїй є природними і тому найдешевшими. Вони передбачають інтенсифікацію природних процесів розкладання органічних сполук мікроорганізмами у аеробних чи анаеробних умовах.

### **7.1.2 Біологічна очистка і доочистка**

Перспективним методом природного біологічного очищення є біоінженерні споруди (БІС) типу біоплато, які у світовій практиці отримали назву *Constructed Wetlands*. *Біоплато* – це штучно створені системи очищення, що нагадують біоставки, розташовані каскадом і побудовані з урахуванням оптимальних фізико-хімічних і біологічних факторів процесу очищення (Рис. 80). Це інженерні системи, які використовують природні функції рослинності, ґрун-

ту і мікроорганізмів для очищення централізованих і локальних стічних вод. Подібно природним водно-болотним угіддям, БІС діють як біофільтри і можуть знешкоджувати цілу низку забруднювальних речовин. Видалення забруднень відбувається за рахунок самоочищення у процесі кругообігу води, виносу біогенних і токсичних речовин та їх трансформації мікроорганізмами і рослинами.



Рис. 80. Різні конструкції біоінженерних споруд типу біоплато

БІС ефективні на територіях з оптимальними природно-кліматичними умовами для проростання водних рослин. Їх застосовують як самостійні водоочисні об'єкти або у комплексі з індустріальними спорудами, що здатні вилучати стійкі токсиканти, фільтрувати дрібнодисперсні органо-мінеральні суспензії та плівкові утворення, а також утилізувати біогенні елементи, передусім азот і фосфор. Перевагами БІС перед традиційними методами очищення є такі:

- для розміщення і будівництва даних споруд можна використовувати землі, не придатні для іншого використання – колишні звалища, пустирі, балки, заболочені місця тощо;
- процеси біодеструкції є суто природними порівняно навіть із біологічною очисткою в аеротенках;
- не потребується витрат електроенергії та хімічних реактивів;
- терміни введення у експлуатацію не перевищують 2-6 місяців після початку будівництва;
- процес очищення триває протягом всього року.

Технологія БІС використовує процеси седиментації, фільтрації та природного самоочищення водних об'єктів на основі здатності вищої водної рослинності й мікроорганізмів здійснювати деструкцію, трансформацію і акумуляцію органічних, мінеральних і зважених речовин, нафтопродуктів, іонів важких металів і бактеріального забруднення. Мікроорганізми забезпечують деструкцію



органічних сполук. Водорості та коренева система вищої водної рослинності частково поглинає сполуки азоту і фосфору, розчинні мінеральні речовини. Використання очерету забезпечує видалення умовно-патогенних бактерій. Завдяки штучно створеному природному механізму самоочищення в біоплато одночасно видаляються азотні й фосфорні сполуки, жири і нафтопродукти, сполуки металів та їхніх солей. Механізми біологічного видалення шкідливих органічних сполук включають бактеріальний антагонізм, поїдання найпростішими, а також природне відмирання.

Очевидна необхідність знезаражування стічних вод та запобігання їхньому потраплянню у джерела питної води виникла ще на початку XIX ст., коли в Англії було винайдено туалет з водяним зливом (Water Closet – WC). На початку XX ст. було розроблено інтенсивні системи очищення побутових стічних вод, включаючи поля зрошення, де вода очищала, фільтруючись через ґрунт; струменеві фільтри з щелепним і піщаним завантаженням, а також резервуари з примусовою аерацією – аеротенки. Останні є основним вузлом сучасних станцій аеробного біологічного очищення міських стічних вод.

Спочатку основною метою очищення стоків було їхнє знезараження. Розуміння важливості якісного очищення стічних вод для охорони природних водойм прийшло пізніше. Нині розроблено сучасні технології очищення стічних вод. Винайдено безліч біопрепаратів для біологічного очищення стічних вод – консорціями мікроорганізмів, виділені методом накопичувальних культур з активного мулу аеротенків міських очисних споруд. Вони використовуються для очищення стічних вод місцевого значення, наприклад, у селах, дачних селищах, невеликих селищах міського типу, міні-заводах. Біопрепарати містять обмежену кількість видів мікроорганізмів і за спектром речовин, що утилізуються, поступають свіжому активному мулу. Однак вони містять штами, які швидко ростуть та ініціюють процеси розкладання органічних забруднень. У нестерильному процесі розвиваються також мікроорганізми, що містяться у відходах, і у мікробне співтовариство включаються відсутні ланки.

У процесі біологічної очистки стічних вод мертвим чи надлишковим активним мулом утворюється велика кількість осаду. Мул має вологість 97-98% і

погано віддає воду. З метою зневоднення його обробляють у метантенках<sup>28</sup> чи аеробних стабілізаторах, потім механічно зневоднюють у гідроциклонах, центрифугах, вакуум-фільтрах, прес-фільтрах (Рис. 81). Зневоднений осад ви-сушують на мулових майданчиках.



Рис. 81. Метантенк (ліворуч), гідроциклон, прес-фільтр (праворуч)

Конструкції БІС з вищими водними рослинами (очерет звичайний, комиш озерний, рогіз вузьколистий і широколистий, айр болотний) є оптимальним методом доочищення промислових і побутових стічних з можливістю їх подальшого використання для потреб тих самих підприємств. Використання прогресивних технологій, заснованих на дії вищих водних рослин, є екологічно і економічно прийнятним способом очищення та доочищення стічних вод. Упровадження таких технологій сприятиме поліпшенню геоекологічної ситуації в окремих регіонах та біосфери у цілому.

Отже, головними факторами впливу об'єктів промислового і побутового водопостачання на природне середовище є відчуження земель під спорудження каналів, трубопроводів, очисних споруд; значні забори відносно чистих вод поверхневого і підземного походження; скидання забруднених або недостатньо очищених стоків. Цей вплив призводить до багатьох небажаних змін у природі, зокрема порушується режим природного річкового стоку, міліють озера і невеликі водоймища, виснажуються підземні водоносні горизонти, погіршується якість води. Серед негативних наслідків цих змін найбільш розповсюдженими є обмеження використання місцевих водойм і прилеглих до них територій у побутових, господарських чи рекреаційних цілях.

---

<sup>28</sup> Метантенк – штучний резервуар великої ємності (до декількох тис м<sup>3</sup>) для біологічної переробки (метанового зброджування за допомогою бактерій-мініералізаторів та інших мікроорганізмів) органічного осаду стічних вод без доступу повітря.

## 7.2 Гідромеліорація

Меліорація (від лат. *melioratio* – поліпшення, *melior* – кращий) є соціально необхідним фактором перетворення ландшафтів, спрямованим на збереження природно-ресурсного потенціалу та істотне поліпшення природних умов території. *Гідромеліорація* передбачає регулювання водного режиму ґрунтів шляхом зрошення або осушення, будівництва споруд для боротьби з водною ерозією, паводками, селями, зсувами. Меліорації призначені підвищувати біопродуктивність геоекосистем з метою задоволення різних потреб суспільства, зокрема отримання додаткової продукції рослинництва і тваринництва на меліорованих землях, підвищення ефективності аграрного ПК за рахунок оптимізації його галузевої і територіальної структур, збільшення продуктивних статей водного балансу. Залежно від цільового призначення, розрізняють такі види гідромеліорацій: зрошувальні, зрошувально-осушувальні, осушувальні, протипаводкові, протисельові, протиерозійні, протизсувні.

### 7.2.1 Зрошувальні меліорації

Зрошувальна система є комплексом гідротехнічних споруд, призначених для забезпечення водою безводних і маловодних районів, та включає:

- водозабір з джерела (річки, озера, ставка, підземного горизонту);
- магістральний канал (МК), яким воду подається від джерела до зрошуваного масиву;
- розподільчі канали, які подають воду безпосередньо на поля;
- регулювальна мережа – тимчасові зрошувачі, вивідні й поливні смуги, дощувальні машини, що переводять воду в стан ґрунтової вологи;
- скидна мережа, призначена відводити зайву воду під час аварій чи злив;
- дороги різних категорій;
- лісосмуги різного призначення;
- гідротехнічні споруди – водовипуски, перепади, швидкотоки<sup>29</sup>, трубчасті переїзди, дюкери<sup>30</sup> (Рис. 82), акведуки<sup>31</sup>.

---

<sup>29</sup> *Швидкотоки* – водоскидні протиерозійні споруди, призначені для скиду талих, дощових вод на дно ярів, балок, улоговин, а також для зміцнення вершин ярів.

<sup>30</sup> *Дюкер* (від лат. *ducere* – проводити) – напірний трубопровід, що прокладається під руслом річки, залізницею чи дорогою, для транспортування рідин або газів.



Найвидатнішою гідротехнічною спорудою, яка у процесі будівництва перетворилася на справжній витвір мистецтва, є найвищий давньоримський акведук Пон-дю-Гар (*Pont du Gard*). Побудований через річку Гардон, яку раніше називали Гар, у французькому департаменті Гар (Рис. 83). Приблизно 2000 років тому його було споруджено у якості складової частини 50-км водогону, який постачав питну воду в найдавніше на французькій території римське місто Нім (*Nemausus*).



Рис. 82. Димитровський дюкер на р. Об (Росія)



Рис. 83. Акведук Пон-дю-Гар (Франція)

Пон-дю-Гар завдовжки 275 м і висотою 48 м складається з аркад, розташованих трьома ярусами. Шість арок утворюють нижній ярус, одинадцять – середній і тридцять п'ять – верхній ярус, безпосередньо яким і пролягає водопровід. Кам'яні блоки складені простою кладкою, без облицювання. У кінці акведука донині добре зберігся водозбірник – *castellum divisorium* – круглий резервуар діаметром близько 6 м. Вода з акведука стікала у цю ємність, а виходила з неї у п'яти різних напрямках спареними трубами водопроводу. Це єдиний триярусний акведук, що зберігся до наших днів. З 1985 р. масивний арочний акведук Пон-дю-Гар є пам'яткою Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО.

За надмірного зволоження руйнується структура ґрунту, погіршується його повітряний режим, ґрунт запливає, ущільнюється, поживні речовини вими-

---

<sup>31</sup> Акведук (лат. *aquaeductus* – водогін) – споруда для подачі води до населених пунктів або зрошуваних угідь; міст чи естакада з водоводом (трубою, каналом) для переведення трубопроводів (каналів) через балки, річки і дороги.

ваються у нижчі горизонти, а ґрунтові води піднімаються і можуть призвести до засолення ґрунту. Для відведення мінералізованих ґрунтових вод, якщо вони залягають на глибині менше критичної і не мають природного відтоку, а також для відведення надлишкових вод під час аварій чи злив на зрошуваних землях використовують дренаж. *Дренаж* буває горизонтальний (Рис. 84), вертикальний і комбінований. Режим ґрунтових вод на зрошуваних землях контролюється за допомогою спостережних свердловин (Рис. 85), розміщених рівномірно по всій території (одна свердловина на 100-200 га).



Рис. 84. Горизонтальний дренаж



Рис. 85. Спостережна свердловина

Через високу капіталомісткість будівництва і експлуатації, а також наукоємність, зрошувальні меліорації належать до *корінних меліорацій*, що на багато років мають забезпечувати ведення землеробства на високому рівні. Понад 60% населення Землі проживає у посушливих регіонах. З початком зрошення цих земель у перші ж роки урожайність сільськогосподарських культур підвищується у 2-3 рази, а вирощування рису чи бавовнику без зрошення взагалі неможливе. За оцінками Міжнародної комісії з іригації та дренажу (International Commission on Irrigation and Drainage, ICID), площа зрошуваних земель нині становить майже 308 млн га.

Однак тривале зрошення спричинює низку геоекологічних проблем. Головна з них – вторинне засолення ґрунтів, що виникає за надмірного зрошення і підняття рівня ґрунтових вод. Цей процес має різні прояви свого перебігу в різних ландшафтних зонах. Тому, проводячи широкі меліоративні роботи у степу, необхідно враховувати, що новоутворення ґрунтових вод тут відбувається значно швидше, ніж, скажімо, у напівпустелях і пустелях. Приблизно за 10 років рівень ґрунтових вод може досягти критичного стану (1,5-2,5 м від поверхні) та

сприяти засоленню. Особливої обережності вимагає, наприклад, зрошення чорноземів. Фахівці наполягають на тому, що поливати їх треба лише у надто посушливі роки, оскільки зрошення призводить до сильного ущільнення ґрунтів на глибині 20-60 см. При цьому погіршуються водно-фізичні властивості чорноземів, насиченість киснем зменшується до 10%, а вміст вуглекислоти зростає до 1,5-2,7%. Крім того, дренажні води містять значні залишкові кількості мінеральних добрив і пестицидів, які забруднюють водою.

Отже, на поливних землях можуть виникати такі геоecологічні наслідки:

- ✓ Підтоплення, заболочування і засолення земель через підняття рівня ґрунтових вод.
- ✓ Зниження родючості ґрунту, причому в результаті не тільки підтоплення і засолення, але й скорочення запасів гумусу.
- ✓ Зниження продуктивності зрошуваного землеробства.

Проблемою, яку терміново слід розв'язувати, є технічне оновлення і модернізація зрошувальних систем та забезпечення їхнього нормального функціонування. Зрошення земель потребує підбирання продуктивніших сільськогосподарських культур, упровадження раціональних сівозмін, розробки балансового підходу до системи удобрень, застосування прогресивних способів обробітку ґрунту, вжиття заходів щодо запобігання засоленню ґрунтів та погіршенню їхнього меліоративного стану; упровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій, у тому числі економії води. Необхідно також поліпшити селекційну роботу щодо виведення високоврожайних сортів і гібридів, які добре реагують на зрошення і задовольняють вимогам індустриальних технологій.

### ***7.2.2 Осушувальні та осушувально-зволожувальні меліорації***

Осушення принципово протилежне зрошенню – проводиться на перезволожених землях, лісах чи водно-болотних угіддях з метою включення цих територій у аграрне виробництво. Якість ґрунтів поліпшується за рахунок відведення підземних або зливових вод, регулювання водного, повітряного, теплового і поживного режимів територій надмірного зволоження шляхом усунення надлишків води з ґрунту. Осушення також має на меті захист від проникнення води в конструкції, збереження фундаментів будівель, підтримання доріг в належному стані, запобігання гниттю коріння культурних рослин. Результатом осушення стає не лише видалення надлишку вологи, але й зміни процесів ґрунтоутворення і характеру ґрунту.

Поліпшення водного режиму перезволожених земель шляхом зниження рівня підземних вод та їх відведення за межі осушуваної території передбачає зведення комплексу гідротехнічних споруд – труб, каналів, колодязів, насосних станцій, які об'єднуються в осушувальні системи. До їхнього складу входять:

- У осушені землі;
- У регулювальна мережа – осушувачі, збирачі, свердловини вертикального дренажу, які збирають і видаляють з території надлишкові поверхневі й ґрунтові води;
- У огорожувальна мережа – канали і дамби, призначені для захисту осушуваної території від поверхневих чи ґрунтових вод ззовні;
- У провідна мережа (магістральний канал, колектори) пов'язує регулювальну і захисну мережі з водоприймачем, транспортує воду за межі осушуваної території;
- У водоприймач (річка, озеро, балка) служить для прийому води, яка збирається з осушуваної території.
- У гідротехнічні споруди – шлюзи (Рис. 86), перепади, оглядові колодязі, насосні станції, призначені управляти потоком води під час її відведення та перерозподілу;
- У дорожня мережа;
- У природоохоронні лісосмуги, охоронні зони, підживлювальні канали для водоймищ, мости-переходи для диких тварин (Рис. 87);



Рис. 86. Шлюзи осушувальної системи на Поліссі



Рис. 87. Мости-переходи для тварин (Нідерланди)

- У експлуатаційні споруди (спостережні свердловини, гідрометричні пости, засоби зв'язку і автоматики) для контролю і управління водним режимом ґрунтів, а також підтримання меліоративної системи у належному стані.



Осушувальна система може включати усі перелічені елементи або тільки деякі з них, залежно від специфіки території. Найбільш активно системи функціонують у «критичні періоди» інтенсивного живлення підземних вод, зазвичай навесні й восени. Гідротехнічні споруди потребують постійного догляду, очищення дренажних колекторів і каналів від мулу, рослинності й бруду.

*Осушувально-зволожувальні меліорації* призначені для двостороннього регулювання водного режиму ґрунтів на осушуваних сільськогосподарських угіддях. Осушувально-зволожувальна система (ОЗС) конструктивно відрізняється від осушувальної наявністю в ній регулювальних гідротехнічних споруд, насосних станцій і пристроїв для зрошення осушених земель. Це дозволяє забезпечити не тільки скидання поверхневих вод і зниження рівня ґрунтових вод до осушувальної норми, але й подачу води для зволоження ґрунту в ті періоди, коли опадів не вистачає. Основним способом осушення в ОЗС є закритий дренаж, а серед методів переважають підґрунтове зволоження (Рис. 88) і дощування (Рис. 89). Застосовуються різні конструкції ОЗС, зокрема:

- комбіновані (дрени і кротування або глибоке розпушування ґрунту);
- двоярусні (дрени розміщені у двох з'єднаних між собою ярусах);
- водооборотні (скидні води повертаються насосною станцією у мережу), з горизонтальним і вертикальним дренажем і дощуванням;
- суміщені системи, у яких закриті колектори використовуються в якості розподільників для подачі води до дощувальної установки.



Рис. 88. Підґрунтове зволоження



Рис. 89. Дощування

Тривале осушення перезволожених територій і водно-болотних угідь з метою отримання нових площ під будівництво і аграрне ПК тягне за собою як

позитивні, так і негативні геоекологічні наслідки. Негативних беззаперечно більше, коли осушення стосується *болотних екосистем*, які виконують важливі геоекологічні функції. На болотах гніздяться і годуються безліч водоплавних птахів, а рослинна біомаса служить кормом для багатьох водних і наземних організмів. Болота регулюють водний режим суміжних біоценозів, а численні малі річки і струмки беруть свій початок у верхових болотах. Болота сповільнюють поверхневий стік і таким чином запобігають водній ерозії. У болотах нагромаджується велика кількість торфу, що використовується як добриво, на підстилку худобі, як паливо, у хімічній і харчовій промисловості, а також у медицині для торфолікування.

До того ж, болота запасують воду як своєрідні водні резервуари і поступово віддають її, коли у цьому є потреба. Так вони сприяють високій продуктивності лісів, урожайності сіна і очерету. Уловлюючи надлишки паводкових вод і сповільнюючи потоки води, болота віддають затриману воду поступово і таким чином здійснюють паводковий контроль. Сповільнення паводкових вод сприяє осадженню і абсорбції ґрунтами пестицидів, важких металів та інших токсичних сполук. Крім цього, болота відбирають з води біогени, особливо азот і фосфор, що убезпечує болотні екосистеми від евтрофікації. Внаслідок осушення водно-болотних угідь усі їх важливі геоекологічні функції безповоротно втрачаються.

Одним з найнебезпечніших наслідків осушення боліт є виникнення масштабних пожеж. Пожежонебезпечними є усі вироблені торф'яні родовища з діючою осушувальною мережею, осушені торфові ґрунти, а також діючі родовища. Поверхня незайманих природних боліт укрита сфагновими мохами, що накопичують у 300 разів більше води, ніж важать самі рослини, і протягом року утримують її. Цей сфагновий шар є запорукою того, що екосистема не постраждає від вогню. Тотальна меліорація спричинила зниження рівня ґрунтових вод і осушення торфу, який від пересихання назавжди втрачає здатність акумулювати воду. В результаті відбувається потужна емісія парникових газів –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  і  $\text{CH}_4$ . Таке втручання у надра боліт можна порівняти з ефектом «відкриття консервної банки», коли значні обсяги вуглецю вивільняються назовні, негативно впливаючи на клімат. Горіння торфовищ спричинює утворення гігантських хмар отруйного диму, які поширюються на значні території.

Уздовж осушувальних систем знижується рівень ґрунтових вод, а це, своєю чергою, призводить до збільшення кількості посушливих днів, зменшення

вологості повітря, продуктивної вологи в ґрунті та поступового зниження урожайності. На річкових терасах і заплавах у верхів'ях річок з'являються пересушені угіддя, що докорінним чином змінює склад рослинного світу. У літній період рівні ґрунтових вод опускаються нижче закладених дренажних каналів. У перші 5-10 років від початку експлуатації осушувальних систем навколо них формується зона гідрогеологічного впливу радіусом від 900 м до 3-5 км, що у 2-3 рази перевищує площі осушувальних систем. Внаслідок цього нині у деяких річок виток починається на 15-22 км нижче від попереднього.

Для запобігання проявам негативних наслідків осушувальних і осушувально-зволожувальних меліорацій слід дотримуватися таких вимог:

- здійснювати меліорацію мозаїчно, уникаючи утворення суцільних осушених масивів;
- заплави річок варто використовувати під сінокоси і пасовища, а уздовж річищ зберігати незаймані лучно-болотні смуги;
- встановлювати водоохоронні зони навколо водно-болотних угідь, з категоричною забороною розорювання і меліорації;
- уникати розорювання схилів річкових долин з метою запобігання розвитку ерозії і виносу теригенного матеріалу<sup>32</sup> в річку.

Природоохоронні елементи осушувальних і ОЗС має бути підсилено регулярним проведенням відповідних заходів, насамперед агротехнічних, гідротехнічних і організаційних. Зокрема, позитивний ефект дає своєчасне гіпсування, вапнування, кротування і розпушування, раціональне використання торфових ґрунтів у сівозмінах, а закріпленню шару ґрунту сприяє посів багаторічних трав. При цьому важливо запобігати надходженню у водні джерела неочищених стічних вод, залишків добрив і пестицидів, та своєчасно контролювати якість води, яка надходить з угідь землевласників. У зонах впливу гідротехнічних споруд (водоприймачів, магістральних каналів) необхідно зберігати і розчищати існуючі лісосмуги, відновлювати порідний склад дерев, обкошувати смуги відведення.

---

<sup>32</sup> *Теригенний матеріал* – відклади, що складаються з уламків гірських порід і мінералів, які утворилися внаслідок перенесення продуктів руйнування суходолу та їх перевідкладення на схилах і у долинах річок, морських і озерних басейнах.

### 7.2.3 Протипаводкові й протиповіневі меліорації

Паводок – це значне підвищення водності річки під час сильних дощів чи відлиги у межах річного циклу. На відміну від повеней, паводки виникають нерегулярно. Сильний паводок може викликати повінь. Нині розроблено багато варіантів протипаводкового захисту, серед яких найчастіше застосовуються спеціальні протипаводкові ємності, польдери, водосховища, дамби, берегоукріплення, протисельові споруди, лісотехнічні заходи. У верхів'ях річок гірських територій для акумуляції паводкового стоку встановлюють сухі ємності, на рівнинах і у передгір'ях – ємності та польдери.

*Протипаводкова суха ємність* не є водосховищем у традиційному розумінні; це порожня ємність, яка заповнюється на короткий період (2-5 діб) під час проходження паводків. У міжпаводкові періоди чашу сухої ємності можна використовувати для потреб лісового чи сільського господарства. *Протипаводкові польдери* – це обваловані заплавні ємності, які під час проходження високих паводків приймають пікові об'єми води та спорожнюються між паводками.

Польдери зазвичай споруджуються для збиття натиску води під час паводка. Як тільки у річці розпочинається підйом води, відкриваються шлюзи, і вода заповнює польдер, зменшуючи пік паводка. Коли рівень води спадає, шлюзи відкриваються знову, і вода повертається в ту ж річку. Наприклад, у Нідерландах протягом більш ніж 700 років возведено багато дамб і гребель, що оберігають низьке болотисте узбережжя країни від штормових хвиль і повеней. Землі, відвойовані у моря, оточені дамбами і насипами, називають польдерами (Рис. 90). У Нідерландах польдери займають майже чверть території. Найстарішою відвойованою у моря ділянкою суходолу є Польдер Бемстер, створений на початку XVII ст. (Рис. 91). Тут майже повністю зберіглася структура ландшафту, розроблена на планувальних принципах класицизму і Відродження. 1999 року Польдер Бемстер було включено до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО.

Для захисту територій від затоплення споруджують *дамби*, які обмежують просторове поширення зливових і весняних паводків. Конструкція дамби залежить від розрахунків рівнів води у водоймі та зонах затоплення, умов сейсмічності району, наявності необхідних будівельних матеріалів. Відповідно до використаних будматеріалів, дамби можуть бути ґрунтові, кам'яні, бетонні або дерев'яні. Ґрунтові й кам'яно-накидні дамби, сформовані з місцевого матеріалу, значно здешевлюють будівництво.





Рис. 90. Польшер у Нідерландах



Рис. 91. Польшер Бемстер (Нідерланди)

Однією з найбільших є дамба Hoover у США, названа на честь президента Гувера, за якого її побудовано в 1936 році (Рис. 92). Нині дамба висотою 221 м та шириною 200 м є національним надбанням США. Унікальною є дугоподібна бетонна дамба Inguri в Грузії висотою 272 м (Рис. 93). Серед інших відомих дамб – Xiaowan у Китаї (292 м) та Grand Diksens у Швейцарії (285 м).



Рис. 92. Дамба Hoover (США)



Рис. 93. Дамба Inguri (Грузія)

У Каліфорнії (США) споруджено дамбу Monticello, відому оригінальною конструкцією водоскиду у вигляді гігантської воронки діаметром 27 м під назвою «Діра слави» (Glory Hole) (Рис. 94). Посеред штучного озера Berryessa встановлена велика бетонна труба, у отвір якої стікають потоки води, коли об'єм озера перевищує 2 млн м<sup>3</sup> води. Вхідний отвір конусоподібної труби має радіус 21,6 м, внизу вона звужується до 8,4 м. Глибина цієї незвичайної воронки 21 м, а за одну секунду водостік здатен пропустити більше 1370 м<sup>3</sup> води.

Ефективними протипаводковими заходами є розчищення річищ, захищення чагарниками, кореневищами дерев і накопиченнями наносів. Русла річок звільнюють від рослинності, топляку, коряг і каміння; поглиблюють, виправляють і розширюють за допомогою гідротехнічних регуляційних споруд без зміни річкового стоку. Для посилення динамічності потоку води вирівнюють коливання річкового стоку та збільшують його підземну складову шляхом дренажу – вентиляційного, кротячого тощо. Від зайвих донних наносів річище звільнюють шляхом накопичення відвалів ґрунту на обох берегах у вигляді огорожувальних дамб та упорядкування острівних утворень, які за великих розмірів стають перешкодою для безаварійного пропуску паводкових вод.



Рис. 94. Водоскид Glory Hole (США)

*Повінь (водопілля)* – це фаза водного режиму річки, яка щороку повторюється у даних кліматичних умовах в один і той самий сезон року, характеризується найбільшою водністю, високим і тривалим підйомом та спадом рівнів води у річках, озерах, водосховищах. Час настання повені залежить від типу живлення річки і кліматичних умов. На річках з дощовим живленням повінь зазвичай збігається з періодом випадання найбільшої кількості опадів. Для річок із сніговим типом живлення повінь формується переважно талими сніговими водами, а для річок з льодовиковим живленням – талими водами гірських льодовиків. За висотою підйому води, площею затоплення та величиною завданої шкоди повені на річках поділяють на чотири категорії:

- низькі (малі) – повторюються через 5-10 років;
- високі (середні) – через 20-25 років;
- значні (великі) – через 50-100 років;
- катастрофічні – не частіше одного разу на 100-200 років.

Висоту повеней можна зменшувати за допомогою протиерозійних меліорацій. Для припинення росту ярів закріплюють їхні вершини, стабілізують базис ерозії спорудженням поперечних загат, береги закріплюють трав'яною рослинністю. Протиповіневі меліорації мають бути комплексними, тобто оптимально поєднуватися між собою. Частина поверхневого стоку затримується за допомогою гребель у протиповіневих водосховищах, завдяки чому висота повеней на нижчих ділянках річок істотно знижується. Комплексне регулювання річок передбачає будівництво у верхів'ях регулювальних протипаводкових водосховищ та протипаводкових польдерів у комплексі з боковими або фронтальними водозливами, огорожувальними дамбами та іншими спорудами.

Істотно покращують водний режим лісосмуги, які в комплексі з гідро-агромеліорацією надійно захищають ґрунт від водної ерозії, уповільнюють і зменшують поверхневий стік, збільшують запаси підземних вод. В арсеналі технічних засобів захисту від повеней є й способи з минулого, наприклад, штучне підвищення затоплюваних територій. Для збільшення пропускної спроможності річок та відповідно зниження висоти повеней практикують ліквідацію рукавів, поглиблення, випрямлення та укріплення берегів (Рис. 95) основного русла або будівництво розвантажувальних каналів. Часто поєднують декілька способів захисту від річкових повеней, наприклад, одночасно зі створенням водосховищ виправляють та обваловують русла, здійснюють агролісомеліоративні заходи.



Рис. 95. Варіанти укріплення берегів: габіони (ліворуч) і георешітки

У безстічних областях і на рівнинних територіях з негустою річковою мережею для запобігання повеням споруджують системи відкритих і закритих зливостоків, які забезпечують відведення опадів або талих вод у спеціальні басейни. Там їх зберігають для подальшого господарського використання або ви-

даляють за допомогою насосних станцій за межі території. Якщо під територією наявні потужні водоносні горизонти і водопроникні гірські породи, туди за допомогою вертикальних колодязів чи бурових свердловин направляють рідкі опади й талі води.

У населених пунктах первинною технічною ланкою у боротьбі з повенями є зливова каналізація – сукупність каналів, закритих зливостоків, що забезпечують надійне і швидке відведення атмосферних опадів і талих вод. У деяких країнах для боротьби з повенями намагаються активно впливати на атмосферні процеси. Наприклад, у США розробляють технічні методи впливу на урагани – основних винуватців катастрофічних повеней.

Підсумовуючи, зазначимо, що основними проявами сукупного впливу гідромеліорацій на природне середовище є відчуження земельних площ для створення каналів, гребель, шлюзів та інших гідротехнічних споруд, а також регулярні водозабори з природних водойм. Це призводить до серйозних змін у природному оточенні – порушення річкового стоку, забруднення водойм залишками добрив і пестицидів, деградації агрогеоекосистем, вторинного заболочування земель, деградації водних і прибережних біоценозів. Внаслідок цих змін погіршуються умови господарського і рекреаційного використання природних водойм, знижується родючість ґрунтів і відповідно – врожайність на прилеглих сільськогосподарських угіддях.

### 7.3 Водний транспорт

Ще у давнину, з часів мезоліту (близько VIII тис до н.е.), на водоймах застосовувалися різноманітні пристосування для транспортування людей і вантажів, а також рибальства. Нині водний транспорт є одним з найдешевших, а транспортні навантаження на геоекосистеми – найменшими. *Морський транспорт* здійснює перевезення вантажів і пасажирів морськими суднами та застосовується для міжнародних і внутрішніх перевезень. *Річковий транспорт* здійснює перевезення пасажирів і вантажів переважно внутрішніми водними шляхами – як природними, так і штучними (каналами, водосховищами, шлюзованими ділянками річок). Найважливішим геоекологічним наслідком функціонування водного транспорту є забруднення водного середовища і повітря.

Атмосфера забруднюється відпрацьованим газами судових дизелів, які, через значну агрегатну потужність, є основним джерелами забруднення у портах і судноплавних акваторіях річок, особливо в межах міст. Екологічні характеристики дизельних двигунів визначаються вмістом у продуктах згоряння ок-

сидів азоту NO і NO<sub>2</sub>, які за індексом токсичності значно перевершують інші шкідливі компоненти відпрацьованих газів. Крім того, суднові двигуни споживають значну кількість мазуту, який має дуже високий вміст сірки. Серед глобальних викидів у атмосферу викиди суден становлять від 18 до 30% оксидів азоту і 9% оксидів сірки. Щорічно більше 52 тисяч суден проходять водними шляхами, спалюючи більше 2 млрд барелів мазуту. Важкий мазут, побічний продукт сирової нафти, містить сірки у 1800 разів більше, ніж дизельне паливо, що спалюється автомобілями на магістралях США. Тож судноплавство серйозно впливає на зміну глобального клімату. Обсяг викидів суден становить щонайменше від 2 до 3% від загального обсягу викидів ПГ у світі.

Судноплавство забруднює гідросферу переважно нафтою і нафтопродуктами. Компоненти сирової нафти є дуже токсичними для водного середовища, важко піддаються очищенню і протягом багатьох років зберігаються у воді. Також із суден у водне середовище скидаються нечистоти, які містять бактерії, патогени, віруси, кишкових паразитів і тверді відходи, що утворюються на судні. Скиди неочищених або недостатньо очищених стічних вод призводять до бактеріального і вірусного забруднення гідробіонтів. Азот і фосфор у складі стічних вод сприяють надмірному цвітінню водоростей, які споживають значну кількість кисню, що призводить до загибелі риби та іншої водних мешканців. Наприклад, круїзний корабель з 3-х тисяч пасажирів і екіпажу генерує від 55 до 110 тис л відходів щодня.

До твердих відходів, які утворюються на суднах, належать скляні, паперові, картонні, алюмінієві, пластмасові й сталеві банки. Потрапляючи в океан, відходи стають серйозною загрозою для водних організмів. Близько 75% твердих відходів спалюються на борту, а зола зазвичай скидається в воду. Морські ссавці, риби, морські черепахи і птахи часто контактують з твердими відходами, які скидаються із суден. Підраховано, що 24% твердих відходів, які утворюються на суднах по всьому світу, надходить від круїзних суден. Значна частина сміття круїзного судна спалюється або подрібнюється на борту для подальшого скидання у воду.

Круїзні й вантажні судна, великі танкери використовують величезну кількість баластної води, яка часто береться у прибережних водах одного регіону, а скидається в іншому. Баластова вода зазвичай містить мікроорганізми, віруси і бактерії, а також чужорідні екзотичні види, які можуть зашкодити водним екосистемам та здоров'ю людей. Скидання баластних вод суднами регулюється



Конвенцією з управління баластними водами, що набула чинності 8 вересня 2017 року. Отже, вплив морських і річкових суден на природне оточення зводиться до таких основних напрямів:

- ☞ забруднення біосфери відходами експлуатаційної діяльності суден;
- ☞ забруднення в результаті аварій, під час яких відбуваються скиди токсичних вантажів, переважно нафти і нафтопродуктів;
- ☞ викиди парникових газів;
- ☞ шумове забруднення.

Якщо розглядати дві складові геоecологічних наслідків судноплавства – експлуатаційну і аварійну, важко сказати, яка з них небезпечніша для навколишнього середовища. Забруднення у процесі експлуатації суден, портів і судноремонтних підприємств виникають постійно, хоча і у відносно невеликих обсягах. У аварійних випадках відбуваються локальні залпові скиди великої кількості забруднювачів, що призводить до масової загибелі гідробіонтів у прилеглих акваторіях. Наслідком поточних експлуатаційних забруднень стає хронічне отруєння водних екосистем, що набагато більш негативно впливає на біоту, ніж катастрофічні нафтові розлиття.

### ***7.3.1 Методи очистки морських і річкових вод***

Найбільш поширеними є три способи ліквідації нафтових та інших забруднень вод річок і морів – механічний, хімічний і біологічний розклад. *Механічний метод* передбачає різні за ступенем складності операції – від простого збору з поверхні плаваючого сміття до виловлювання і сепарації нафтопродуктів плавучими агрегатами. Зібране сміття і нафтовмісні води передаються на берегові станції для знешкодження і утилізації. Для ліквідації аварійних розливів нафти в акваторіях і у відкритому морі створюються оперативні структурні підрозділи, які вживають екстрених заходів щодо знешкодження наслідків таких розливів. У морських портах використовують бонові загородження, які встановлюють навколо танкерів з профілактичною метою.

Для роботи у відкритому морі на нафтовидобувних установках і танкерному флоті випускаються спеціальні судна-нафтозбирачі. Вони призначені для транспортування і установки нафтозбірних пристроїв бонових загороджень та інших засобів боротьби з розливами нафти. У якості суден-нафтозбирачів найчастіше застосовуються судна катамаранного типу, здатні працювати у важких погодних умовах. Розроблено судна, виконані з окремих модулів, які можна

швидко доставити до місця аварії транспортними літаками. Норвезькою фірмою «Houlder Offshore» запропоновано оригінальний проект нафтозбирача для роботи у Північному морі. Його корпус має вигляд циліндра діаметром 43 м з двома боковими крилами довжиною 23 м кожне. Продуктивність нафтозбирача за товщини нафтової плівки 25 мм становить 6000 т/год.

У багатьох країнах застосовуються *фізико-хімічні методи* видалення нафтових плям з водної поверхні, які ґрунтуються на властивостях різних матеріалів поглинати нафту з води. Для цього використовують сорбенти, спеціально оброблені для надання їм олеофільних властивостей. Спочатку сорбент розпилюється над поверхнею нафтового забруднення, потім вода розмішується для зволоження частин сорбентів нафтою, після цього насичені нафтою сорбенти збирають з поверхні моря. У якості плаваючих сорбентів застосовують природні (торф, мох, солома, сіно) і штучні (гранули, полотнища, стрічки) матеріали. Перевагою штучних матеріалів над природними полягає у можливості їх повторного використання. Сорбенти поглинають нафту, але, вступаючи з нею у реакцію, розкладають її, утворюючи нові, часто шкідливі, хімічні сполуки, що залишаються у воді, знову забруднюючи її.

*Хімічні методи* базуються на застосуванні реагентів для боротьби з розливом нафти, зокрема диспергаторів (диспергентів) – поверхнево-активних речовин (ПАР), що викликають дисперсію нафтової плівки, знижуючи її поверхневий натяг. Нині випускають декілька сотень найменувань хімічних речовин, здатних диспергувати нафту. Останнє покоління диспергентів – концентрована суміш нейтральних ПАР, розчинених у кисневмісних сполуках. Через високу токсичність реагентів ці методи можуть застосовуватися лише у відповідних умовах і за обставин, що загрожують більш тяжкими наслідками.

Перспективними, хоча й дещо проблематичними, є *біологічні методи* нейтралізації нафтопродуктів у воді. Один з них передбачає очистку за допомогою рослин, які поглинають деякі забруднювачі, у тому числі й вуглеводні з баластних вод в акваторіях портів. Другий метод використовує живих істот, здатних уловлювати і переробляти нафтові забруднення води. Серед них найбільшою увагою біологів користуються молюски, зокрема мідії, наприклад, дрейсена<sup>33</sup>. Третім способом є використання анаеробних бактерій, які в умовах річки

---

<sup>33</sup> Дрейсена (Dreissena) – рід двостулкових молюсків родини тригранкових (Dreissenidae). До 3,5-4 см завдовжки, з характерним тригранним обрисом черепашки, за що й дістала назву тригранка. Дрей-

або моря швидко розмножуються на вуглеводнях, плаваючих чи розчинених у воді, та переробляють їх на нейтральні для гідросфери речовини.

Відповідно до геоecологічного принципу *«легше запобігти, ніж потім ліквідувати»*, варто надавати перевагу заходам упередження забруднення акваторій водним транспортом, основними з яких є такі:

- заборона скидання відходів із суден у внутрішніх водоймах;
- дотримання міжнародних угод про припинення скидання із суден усіх видів відходів і змиву нафтових вантажів, забрудненої ними води у відкритих морях і океанах;
- обладнання суден додатковими засобами для утилізації чи знешкодження відходів, а також для тимчасового накопичення частини відходів з наступною доставкою їх на берег для переробки;
- розроблення нових конструкцій суден, що гарантують збереження нафтових вантажів у аварійних ситуаціях;
- використання водним транспортом чистіших видів палива.

Отже, головними факторами негативного впливу водного транспорту на природне середовище взагалі й водні екосистеми зокрема є такі:

- Ү відчуження земель;
- Ү спорудження каналів, гребель, шлюзів, річкових і морських портів;
- Ү часті попуски води через транспортні шлюзи;
- Ү потрапляння у воду дизельного пального, нафтопродуктів і нечистот.

Під цим впливом трансформується гідрографічна мережа; порушується режим природного річкового стоку; забруднюються води річок, озер і морів нафтопродуктами, фекаліями тощо; підвищується інтенсивність абразійних процесів; змінюється структура гідробіоценозів. Внаслідок цих та інших змін відбувається структурна перебудова господарства і переселення місцевих жителів, скорочується промисловий вилов риби та інших морепродуктів, погіршується рекреаційне використання територій.

## **7.4 Рибне господарство**

Сучасне рибне господарство – це не лише добування рибних ресурсів, але й перероблення, відтворення і збільшення запасів риби та інших водних органі-

---

сени виділяють речовину, що перетворюється у воді на міцні нитки, якими вони прикріплюються до підводних предметів.



змів (молюсків, кальмарів, восьминогів, жаб, морських черепах і деяких інших їстівних морських безхребетних) у природних і штучних водоймах, що дає люду цінні харчові, кормові, лікарські й технічні продукти. *Рибальство* може бути промисловим і аматорським, але обидва різновиди мають на меті ловлю риби і добування морського звіра. Промислове рибальство здійснюється у океанах, морях, прибережних і внутрішніх водоймах (річках, озерах, ставках, водоймищах) з використанням сучасних технологій. *Рибництво* – це збереження і поліпшення рибних запасів у природних водоймах і розведення риби у штучних водоймах.

Деякі види риб, їстівних молюсків і ракоподібних вирощуються на спеціальних фермах. Ця галузь отримала назву *аквакультура*. Існують різні системи аквакультури: на суші – ставки, у морі – спеціальні сітки, насамперед для лосося, тріски і середземноморських видів риби. Креветок вирощують у ставках. Діяльність з розведення, утримання та вирощування об'єктів аквакультури у територіальному морі й внутрішніх морських водах із застосуванням плавучих садків або інших технологічних пристроїв з використанням морської води називається *марикультура* (морська аквакультура). Основними напрямками діяльності аквакультури є такі:

- отримання товарної продукції та її реалізація (товарна аквакультура);
- штучне розведення (відтворення) та вирощування водних біоресурсів;
- надання рекреаційних послуг – організація відпочинку, у т. ч. з наданням права на здійснення любительського і спортивного вилову об'єктів аквакультури.

Розрізняють три основні види отримання товарної аквакультури – випасна, ставкова та індустріальна. *Випасна аквакультура* передбачає екстенсивне вирощування об'єктів аквакультури шляхом вселення різновікових груп гідробіонтів у рибогосподарські водні об'єкти для підвищення ефективності використання їх біопродукційного потенціалу. За такого виду вирощування використовуються лише природні кормові ресурси, не застосовуються технологічні процеси і засоби інтенсифікації вирощування – штучна годівля гідробіонтів, спеціальна підготовка водойм, їхнє удобрення органічними і мінеральними речовинами з періодичним спуском води для рибогосподарських потреб.

*Ставкова аквакультура* передбачає використання рибницьких ставків або інших штучно створених водойм, відокремлених від материнських водних об'єктів, лиманів, обводнених кар'єрів тощо. Найбільшою проблемою є зарос-

тання ставків рослинністю: ставок затінюється, втрачається кисень, зменшується кількість дрібних організмів, що є кормом для риб; рибопродуктивність знижується. Врятувати такі ставки може білий амур (амурський короп), який харчується водною рослинністю, очищуючи ставки і покращуючи умови життя інших видів риб. Уже через один період вегетації після заселення амура зарослі ставки, непридатні для вирощування риби, можна використовувати. *Індустріальна аквакультура* передбачає використання рибницьких плавучих садків, басейнів, інших технологічних пристроїв, у т. ч. із застосуванням установок замкнутого водопостачання (Рис. 96). За інтенсивної форми аквакультури застосовується штучна годівля комбінованими та іншими поживними кормами відповідно до потреб гідробіонтів.



Рис. 96. Плавучі рибницькі басейни (ліворуч) і садки

Отже, вплив рибного господарства на природне середовище доволі незначний. Його об'єкти (водосховища, ставки, технологічні водойми) використовуються для розведення, вирощування, відтворення і вилову риби, тобто діяльність учасників водогосподарського комплексу обмежується інтересами рибного господарства. Для подачі води на нерестовища, пропуску риб в обхід гідротехнічних споруд та сполучення з річкою окремих ізольованих водойм, у яких розводиться риба, споруджують *рибоводні канали*. Головним є дотримання рибогосподарських нормативів якості води – обґрунтованих величин концентрації забруднювальних речовин та показників якості води (фізичних, біологічних, хімічних, радіаційних), які впливають на збереження і відтворення промислово цінних видів риб.

Запаси риби у морях і океанах скорочуються шаленими темпами; насамперед це стосується тріски, тунця, лосося, риби-меча, палтуса. Деяким видам вже загрожує вимирання. За даними ФАО, у 2017 році середні обсяги споживання риби у світі становили 20,3 кг на одну людину – більше, ніж будь-коли раніше. Зростаючі потреби у рибі покриваються за рахунок її штучного вирощування – цей сектор ринку зростає приблизно на 20% щорічно. У 2014 році вперше світове населення спожило в їжу більше штучно вирощеної, а не виловленої риби. Створення рибних ферм руйнує життєве середовище певних видів рослин і тварин. Крім того, воно має й соціальні наслідки: наприклад, у країнах Латинської Америки чи Азії через масове штучне вирощування риби місцеве населення позбувається доступу до води.

Світова спільнота активно протидіє незаконному, непідзвітному і нерегульованому (ННН) рибному промислу. Зокрема, Європейський Союз відповідно до угод з прибережними країнами африканського континенту надає допомогу цим країнам у розбудові систем контролю і спостереження за рибогосподарською діяльністю з метою зменшення тиску ННН рибальства на запаси водних живих ресурсів. У багатьох країнах, з якими укладено такі угоди, ЄС створив центри дистанційного моніторингу.

### **7.5 Комплексне водокористування**

Основою комплексного водокористування є *водосховища* на річках – штучні водойми, утворені під час спорудження водомірної греблі у долині річки за умови, що об'єми води в них перевищують 1 млн м<sup>3</sup>. Вирізняють п'ять основних видів водосховищ:

- У *рівнинні* – характеризуються великою площею водної поверхні, незначними максимальною (15-25 м) і середньою (переважно 5-9 м) глибинами, інтенсивними процесами перероблення берегів;
- У *передгірні* – мають великі глибини (70-100 м і більше), незначне затоплення і підтоплення територій;
- У *гірські* – найглибші (часто понад 100 м), мають незначні площі підтоплення і невелику інтенсивність переробки берегів;
- У *озерні* – створюються під час будівництва греблі на річці, що витікає з озера;
- У *наливні* – для їхнього спорудження пристосовують природні улоговини та використовують переважно для зрошення і будівництва гідроаккумулятивних електростанцій.

Усі види водосховищ мають певні спільні риси гідрологічного режиму: зростання глибин у напрямку до греблі; досить уповільнені порівняно з річкою водообмін і швидкості плину; нестійкість термічної й газової стратифікації тощо. Водосховища дозволяють розподіляти річковий стік у часі, а разом з каналами, тунелями і водопроводами – і у просторі. Розрізняють водосховища добового, тижневого, сезонного (або річного) і багаторічного регулювання. Водосховища створюються для вирішення комплексних завдань: розвитку гідро- і теплоенергетики, водного транспорту, водопостачання, зрошення, для боротьби з повеннями, а також з метою водного благоустрою території й створення умов для відпочинку населення. До особливого типу належать наливні водосховища, де акумулюються паводкові води, а також водосховища у прибережних частинах морів, відділені від них дамбами.

### ***7.5.1 Наслідки спорудження водосховищ для природного середовища і життєдіяльності людини***

Наслідки впливу водосховищ можна поділити на безпосередні (постійні й тимчасові) й такі, що проявляються через порушення правил експлуатації гідровузла. *Постійні наслідки* стають відчутними після досягнення проектного рівня води у водосховищі – це затоплення, підсилення хвилювання, зміна термічного режиму, зміна льодового режиму тощо. Вони можуть проявлятися поступово з наступним затушенням інтенсивності процесу (замулення, зміна ґрунтово-рослинного покриву, підтоплення, переформування берегів). *Тимчасові наслідки* виявляються у період початкового затоплення водосховища (безперервне підвищення рівня води, різке падіння витрати у нижньому б'єфі), до створення вище розташованого водосховища (примусове форсування витрати, примусове спрацювання) і до підпору від нижче розташованого гідровузла (різкі коливання рівня води і недостатність глибин у нижньому б'єфі).

Наслідки, що проявляються через порушення правил експлуатації гідровузла, – це передусім форсування рівня, надмірне спрацювання, надмірні зимові попуски, порушення санітарних попусків, різкі коливання рівня. Їх спричинюють зазвичай несвоєчасне виконання необхідних робіт, наприклад, затримка будівництва портів, рибоводів, водозаборів і захисних споруд, а також низька якість проектування і виконання будівельних робіт. На територіях, що підпадають під вплив водосховищ, можна виокремити такі зони:

- прямого впливу;
- постійного затоплення;

- періодичного тимчасового затоплення;
- епізодичного тимчасового затоплення;
- підвищення рівня ґрунтових вод;
- переформування берегів;
- систематичного і епізодичного кліматичного впливу.

У водосховищах накопичуються значні запаси прісних вод, однак при цьому вони практично гублять унікальні річкові екосистеми і прилеглі території. З поверхні водосховищ випаровуються величезні маси води, а у їх акваторіях розмножуються синьо-зелені водорості. У донних відкладах відбуваються відновні реакції з утворенням метану, сірководню, сульфідів, соди, що різко знижує якість води. Крім того, затоплюються заплави й низькі річкові тераси разом з цінними пасовищами і сінокосами, заболочуються і засолюються прилеглі території з родючими ґрунтами. Спорудження водосховищ значно збільшує зони мілководдя, які можуть займати від 5 до 39% площі водосховищ. Великі водосховища впливають на клімат у прибережній смузі шириною 3-10 км – зменшуються добові й річні амплітуди коливання температури, підвищується вологість повітря.

Одним з негативних наслідків спорудження водосховищ, особливо у випадках створення «каскаду» на річці, є евтрофікація акваторій через підвищення вмісту біогенних елементів (фосфору, азоту, кремнію) у верхніх шарах водойм, що викликає бурхливий розвиток водоростей (Рис. 97). Як наслідок, прозорість води різко знижується, глибина проникнення сонячних променів зменшується, донні рослини гинуть від нестачі світла. Це, своєю чергою, призводить до загибелі тих організмів, чий життєвий цикл був пов'язаний з донними рослинами.

Водорості, що активно розмножуються у верхніх шарах води, набувають величезної сумарної поверхні тіла і біомаси. У нічні години фотосинтез у цих водоростей не відбувається, а процес дихання продовжується, на що витрачається кисень. В результаті у передранішні години, особливо у спекотну погоду, кисень у поверхневих водах майже вичерпується, і організми, які там мешкають, гинуть від його нестачі (так звана «літня задуха»). Значна кількість відмерлих організмів опускаються на дно і розкладається. Оскільки донна рослинність гине вже на ранніх стадіях евтрофікації, виробництво кисню тут майже не відбувається. Тобто кисень стрімко витрачається, і все це призводить до загибелі бентосу, який навіть не пов'язаний з придонною рослинністю.



Рис. 97. Евтрофікація акваторій Дніпровських водосховищ

У донному ґрунті, позбавленому кисню, відбувається анаеробне розкладання відмерлих організмів з утворенням фенолів і сірководню, що призводить до отруєння організмів у всіх шарах водойми. Це спричинює масштабну загибель гідробіонтів, а отже, і збільшення споживання кисню для розкладання органіки. Наслідками масованої евтрофікації стає знищення більшої частини флори і фауни водойми, тобто різкі й катастрофічні зміни водної екосистеми.

Ще одним негативним наслідком спорудження водосховищ є різка зміна інженерно-геологічних умов прирічкових територій. Змінюється режим, а іноді й загальний напрям руху підземних вод, виникають нові водоносні горизонти, які до підпору були сухими. Розмивається берегова зона, що призводить до абразії берегів та втрати прибережних земель (Рис. 98). Для запобігання або уповільнення абразії берегових схилів розроблено численні берегоукріплювальні заходи. Найбільш капітальними і найдорожчими берегозахисними спорудами у межах населених пунктів є вертикальні укісні ступінчаті набережні, причальні й підпірні стінки, дамби обвалування. Поза межами населених пунктів берегозахисні заходи на водосховищах обмежуються зазвичай адміністративними і лісотехнічними заходами. Інженерний захист берегів і прибережних територій здійснюється тоді, коли треба захистити цінні лісові й земельні угіддя, пам'ятки природи, рекреаційні об'єкти.

Наступним негативним наслідком, викликаним спорудженням водосховищ, є підтоплення прилеглих територій. Процес розпочинається з моменту заповнення водосховища, а рівень ґрунтових вод піднімається на 1-1,5 м і вище до земної поверхні. Коли ґрунтові води досягають кореневого шару рослин, додаткове зволоження погіршує аерацію. В результаті територія часто заболочується.





Рис. 98. Абразія берегів Дніпровських водосховищ

Внаслідок фільтрації води у прилеглу до водосховища територію, знижується стійкість будівель і споруд, затоплюються та руйнуються підземні комунікації (Рис. 99). Наявність лесових порід в умовах техногенного підтоплення сприяє утворенню зсувів і просіданню денної поверхні до 1,5-2 м.



Рис. 99. Підтоплення територій у зоні впливу Дніпровських водосховищ

Для захисту від затоплення і підтоплення низькі ділянки узбережжя огорожуються дамбами і валами, споруджуються дренажні канали та насосні станції для відкачки води. Захист населених пунктів від затоплення здійснюється за допомогою переважно таких заходів:

- суцільна підсіпка затоплюваних ділянок;
- обвалування і створення захисних дамб з боку водосховища і річки;
- зниження рівня води, регулювання стоку і витрат води у річці в межах населеного пункту;

– розчищення і поглиблення русла для збільшення пропускної спроможності річки у межах населеного пункту шляхом.

Спорудження дамб супроводжується зміною архітектурно-планувальних параметрів забудованої території: перекривається зв'язок населеного пункту з річкою, погіршуються санітарно-гігієнічні умови території, ускладнюється експлуатація підземних комунікацій, оскільки для відведення поверхневого стоку за межі дамби треба споруджувати станції перекачування води. Тому за необхідності захисту від затоплення вже забудованих територій доцільно споруджувати тільки дамби обвалування (Рис. 100). Серед інших геоecологічних наслідків впливу водосховищ на природу, господарство і населення важливими є втрачання цінних сільськогосподарських угідь; погіршення умов водокористування і якості води; зміни мікроклімату, фауни і флори; порушення внутрішньогосподарського землеустрою; розбалансування міжгосподарських транспортних, економічних, культурно-побутових та інших зв'язків.



Рис. 100. Дамби обвалування навколо населених пунктів (Нідерланди)

Яскравим прикладом є наслідки спорудження каскаду водосховищ на Дніпрі. Ці наслідки не лише негативні: зі створенням Дніпровського каскаду було остаточно розв'язано проблеми безперервного забезпечення водою населення, промисловості й сільського господарства, збільшено обсяги водоспоживання протягом року, забезпечено функціонування гідро-, тепло- і атомних електростанцій, водного транспорту, рекреаційного господарства, захист долини річки від катастрофічних повеней. Однак негативні наслідки, які проявилися протягом певного часу після спорудження водосховищ і ГЕС, значно перевершують позитивний ефект.



Будівництво грандіозних гідротехнічних споруд з об'ємом зарегульованого стоку 43,69 млрд м<sup>3</sup> і корисним об'ємом 18,58 млрд м<sup>3</sup> призвело до порушення природної екологічної рівноваги, затоплення значних площ продуктивних земель, зміни гідрологічного, гідрохімічного і гідробіологічного режимів Дніпра та інженерно-геологічних умов прибережних зон. Всього дніпровськими водосховищами затоплено 709,9 тис га земель. Одним з головних негативних наслідків спорудження каскаду водосховищ на Дніпрі стало *структурно-функціональне перетворення річкової екосистеми на озерно-річкову* з відповідним сповільненням водообміну і самоочищення вод, значними втратами води на випаровування та інфільтрацію. Збільшення вмісту біогенних речовин у водоймі зумовило бурхливе розмноження водоростей і «цвітіння води» у багатьох водоймах. Істотних змін зазнала водна і прибережна рослинність – деякі види не витримали нових умов існування, інші, навпаки, розвинулися.

У зоні впливу дніпровських водосховищ підтоплені території з глибиною залягання ґрунтових вод до 2 м займають 93,5 тис га, а мілководдя з глибинами до 2 м – 133 тис га. Значні площі берегів заболочені, що обмежує можливості їх рекреаційного використання. Значно посилюється засолення ґрунтів. Об'єм підземного стоку збільшився майже у 10 разів, унаслідок чого значно зросло забруднення підземних вод, особливо у нижній частині басейну. Змінився водно-сольовий режим ґрунтів та зменшився вміст гумусу в них. Посилилася ерозія берегової зони. Інтенсивне сільськогосподарське використання земель басейну Дніпра (60% території розорано), яке спричинило ерозію 35% земель, перетворило водосховища на акумулятори забруднювальних речовин. У ближній до Чорнобильської АЕС зоні повсюдно підвищився рівень ґрунтових вод, що зумовило підтоплення місць тимчасової локалізації радіонуклідів та інтенсивне забруднення ґрунтових вод.

Багато років у наукових колах дискутується питання щодо спуску дніпровських водосховищ. На переконання прихильників спуску, Дніпро поступово перетворюється на болото, і немає іншої альтернативи відновити річку, як спустити усі водосховища. Головним аргументом протилежної точки зору є наявність у Київському водосховищі, верхньому на каскаді, депонованих у донних відкладах радіонуклідів, які потрапили туди після аварії на Чорнобильській АЕС. У разі спуску верхнього водосховища більшість депонованих на дні радіонуклідів перейде у водні маси і забруднить інші водоймища. Висохлий радіоактивний мул розвіюватиметься в атмосфері, що призведе до радіоактивного

забруднення значної території України і всього європейського континенту. Крім цього, спуск дніпровських водосховищ поставить під загрозу водопостачання населених пунктів, промисловості, агропромислового комплексу.

Отже, головними факторами впливу об'єктів комплексного водокористування на природне середовище є відчуження продуктивних земель під гідротехнічні об'єкти і зони їхнього впливу (іноді до декількох тис км<sup>2</sup>); спорудження гребель і водосховищ з допоміжними елементами. Геоекологічні наслідки цих впливів проявляється переважно за такими напрямками:

- руйнування берегів, захисних дамб та інших споруд;
- під час повеней і паводків – затоплення і підтоплення земель та населених пунктів;
- заболочення і засолення земель внаслідок ненормованої подачі води на зрошення, витікання води з водопровідних мереж, перекриття підземних потоків під час розміщення промислових та інших споруд;
- пересушування земель через перевищення нормативних обсягів забору води з підземних джерел;
- активізація ерозійних, зсувних та інших екзогенних процесів;
- ліквідація або скорочення на відчужених землях аграрних виробництв;
- переселення місцевих жителів і перенесення виробничих об'єктів;
- зміна виробничих і транспортних зв'язків.

Не зважаючи на це, у багатьох випадках створення водосховищ може бути єдиним способом забезпечення потреб промисловості й сільського господарства у прісній воді, а також розв'язання проблем енергетики, іригації, транспорту і водоспоживання. Не слід також забувати, що нині, завдяки прогресу та інноваціям у енергетичній і транспортній сферах, практично відпадає необхідність «будь-якою ціною» перетворювати річки на могутні джерела енергії чи транспортні шляхи. Тому річкові екосистеми тепер повинні мати набагато більше шансів зберегти свою природну ідентичність і збалансованість.

### **7.5.2 Геоекологічний вплив інших гідротехнічних об'єктів**

Крім водосховищ, об'єктами комплексного водокористування є *канали* (від лат. *canalis* – труба, жолоб) – гідротехнічні споруди у вигляді відкритого штучного русла з безнапірним рухом води. Канали мали історичне значення для розвитку торгівлі та забезпечення життєздатності людської цивілізації. Наприклад, у 1855 році каналом Lehigh у Пенсильванії (США) було перевезено понад

1,2 млн т антрацитового вугілля. Нині канали використовуються для іригації, водопостачання, навігації тощо і за призначенням поділяються на такі види:

- У *Енергетичні (дериваційні)* – призначені для підведення води з річки, водосховища, іншої водойми до ГЕС або відведення відпрацьованої води. Мають порівняно невелику довжину (не більше 5-10 км), потужну пропускну спроможність, облицьоване ложе.
- У *Судноплавні* – для сполучення водних шляхів з однаковим рівнем води (відкриті) та з різними рівнями (шлюзовані). Мають значну протяжність та великий поперечний переріз.
- У *Іригаційні* – призначені для передачі води на зрошення з річок, озер чи свердловин і зазвичай утворюють систему каналів (магістральних, розподільних, власне зрошувальних, водоскидних). Довжина магістральних каналів нерідко досягає декількох сотень кілометрів.
- У *Обводнювальні* – для подачі води на сільськогосподарські потреби у посушливі райони, а також збільшення водності та покращення санітарного стану малих річок (наприклад, у містах).
- У *Водопровідні* – служать для подачі води від джерела водопостачання до місця її використання – промислового району, міста тощо.
- У *Осушувальні* – призначені для збору води на заболочених територіях і відведення її у водоприймач (річку, озеро, море). Складаються з магістральних каналів різних порядків, а у випадках дренажного осушення – відкритих або закритих колекторів, що впадають у магістральний канал чи водоприймач.
- У *Лісосплавні* – призначені для сплаву лісу молевим<sup>34</sup> або плотовим способами від місць заготівлі до лісосплавних річок чи лісопильного заводу з метою транспортування деревини в обхід гідротехнічних споруд.
- У *Рибоводні* – споруджуються для подачі води на нерестовища, пропуску риби в обхід гідротехнічних споруд, сполучення з річкою окремих ізольованих водойм, у яких розводиться риба.

Найстарішими є зрошувальні канали, перші з яких побудовано в Месопотамії близько 4 тис років до н.е. У Стародавній Індії в долині Інду близько 2600 років до н.е. створювали складні іригаційні системи, в т. ч. водосховища. У Китаї створення великих судноплавних каналів було розпочато у 8-5 ст. до н.е. Бе-

---

<sup>34</sup> *Молевий лісосплав* – транспортування не зв'язаних між собою деревних колод за течією річок.

зумовно, найдовшим і найстарішим каналом у світі є Grand Canal у Китаї, який простягається від Пекіна на півночі до провінції Чжецзян на півдні та має довжину 1794 км (Рис. 101). Це видатний шедевр гідротехніки в історії людства, приклад оригінального використання різних матеріалів, зокрема каміння і утрамбованої землі, глини і соломи. 2014 року Великий китайський канал включено до списку об'єктів світової спадщини ЮНЕСКО.

Будівництво судноплавних каналів розпочалося у Великобританії – першій країні, яка розробила загальнонаціональну мережу каналів. Приводом для виникнення мережі стала потреба у перевезенні великих кількостей товарів під час Промислової революції середини 17-го ст. Першим справжнім каналом був Newry Canal в Північній Ірландії, побудований у 1741 році. Для надійного транспортування вугілля було побудовано канал Bridgewater, який відкрився у 1761 р. і став найдовшим судноплавним каналом Великобританії на той час. Першим каналом з використанням шлюзів був канал Бріар (Briare) у Франції, що з'єднує долини Луари і Сени, побудований протягом 1604-1642 рр.



Рис. 101. Найстаріший у світі канал Grand Canal (Китай)

Над річковими долинами, залізницями або трасами будуються мостові конструкції – *акведуки*, якими здійснюється навігація. Хоча акведуки використовувалися для водопостачання міст протягом багатьох століть, до XVII ст. їх ніколи не застосовували для пересування. Найдовшим і найвищим у Великій Британії є побудований у 1795-1805 роках судноплавний акведук Понткісіллте (Pontcysyllte Aqueduct) над долиною річки Ді на північному сході Уельсу (Рис. 102). Опісля більш ніж 200 років після свого відкриття акведук все ще використовується, є частиною 18-км системи акведуків і однією з найбільш завантажених ділянок каналної мережі Великої Британії, пропускаючи близько 15 тис човнів щороку. Висота каналу з обох боків долини річки Ді становить 38 м, до-

вжина – 307 м, ширина – 3,4 м, глибина – 1,6 м. 2009 року Pontcysyllte Aqueduct було включено до списку Світової спадщини ЮНЕСКО.

Найдовшим у світі є Магдебурзький судноплавний акведук у Німеччині довжиною 918 м, відкритий 2003 року як частина Магдебурзької системи водних шляхів (Рис. 103). Він з'єднує Берлінський річковий порт з численними портами на річці Рейн.



Рис. 102. Pontcysyllte Aqueduct (Велика Британія)

Рис. 103. Магдебурзький акведук (Німеччина)

Першим і єдиним у світі поворотним акведуком є Barton Swing Aqueduct у Великобританії, на річці Ірвелл (Рис. 104). Він вважається справжнім шедевром Вікторіанського будівельного мистецтва. Відкритий у 1894 році, міст і нині регулярно використовується за прямим призначенням. Це рухливий водяний міст, що «переносить» канал Bridgewater через Manchester Ship Canal. Поворотний механізм дозволяє великим суднам пропливати каналом Манчестер Шип, а невеликим човнам – перетинати його по верху. Коли великим суднам необхідно пройти каналом, залізний міст довжиною 100 м і вагою 1450 т повертається на 90°. Шлюзи на обох кінцях жолоба моста утримують близько 800 т води. Інші шлюзи, на берегах каналу, утримують воду на прилеглих до мосту ділянках.

Окрім мостів-акведуків, іншим варіантом подолання різних перешкод є прокладання через них *водних тунелів* (підземних каналів). Найдовшим таким тунелем у світі є Rove Tunnel у Франції, який з'єднував береги р. Рона у Марселі. Його було відкрито у 1927 р. і закрито у 1963 році. Rove Tunnel мав довжину 7120 м, ширину – 22 м і висоту – 11,4 м. Найстарішим підземним каналом у світі є Malpas Tunnel у Франції, побудований в 1679 році, який був першим в Єв-



ропі тунелем для судноплавних каналів (Рис. 105). Тунель має довжину 165 м та висоту 8 м.

Stad Ship Tunnel – назва мегапроекту першого у світі суднового тунелю у фьорді Норвегії. Понад 100 років виношуються плани створення унікального каналу-тунелю довжиною 1,7 км, висотою 49 м і шириною 36 м біля західного узбережжя Норвегії. Спорудження тунелю дозволило б рибальським човнам і морським суднам уникати плавання навколо півострова Штад, відомого штормовими хвилями. Нині проблема полягає у вартості проекту, яка зросла до \$412 млн, тому роботи поки що не розпочато.



Рис. 104. Barton Swing Aqueduct (Великобританія)



Рис. 105. Malpas Tunnel (Франція)

*Геоекологічні наслідки впливу каналів на природне оточення є здебільшого негативними. Під час будівництва відбувається накопичення відвалів вийнятої породи, які спотворюють рельєф і забруднюють прилеглу територію. На ділянках підрізування суттєво порушується стійкість схилів, що зумовлює активізацію зсувних процесів. Створення виїмок для каналів призводить до зміни поверхневого і підземного стоку, сформованого у природних умовах. Одночасно відбувається підживлення першого від поверхні водоносного горизонту водою з каналів. Усе це у комплексі спричинює підтоплення знижених форм рельєфу та зміни умов живлення і дренажу ґрунтових вод на великих територіях. Крім цього, спорудження великих каналів спричинило появу вкрай негативних наслідків для біоти.*

Відкриття Суецького каналу в 1869 році створило перший солоноводний прохід між Середземним і Червоним морями. Оскільки рівень Червоного моря приблизно на 1,2 м вищий за рівень східної частини Середземного моря, канал

служить протокою, через яку під час припливів порції води перекачуються з Червоного моря до Середземного. Природні дуже солоні озера, що стали частиною каналу, кілька десятиліть стримували міграцію червономорських видів на північ, проте коли їхня солоність поступово зрівнялася із солоністю Червоного моря, міграційний бар'єр було усунуто. Тоді організми з Червоного моря почали переселятися у Східне Середземномор'я. Червономорські види мають переваги над атлантичними у солонішому та біднішому на поживні речовини Середземному морі, вони активно колонізують Середземне море, витісняючи місцеву біоту.

Будівництво Асуанської греблі через Ніл у 1960-х роках зменшило притік багатой на поживні речовини прісної нільської води до східного Середземномор'я, що ще більше наблизило умови моря до червономорських, посилюючи інвазію чужорідних видів. Інвазійні червономорські види, інтродуковані до Східного Середземномор'я, вже стали невід'ємною частиною середземноморської екосистеми та поставили близько 300 ендемічних видів на межу вимирання. Роботи з розширення каналу, що ведуться єгипетським урядом, викликають значне занепокоєння природоохоронних організацій через те, що вони неодмінно викликають посилення інвазії червономорських видів.

Внаслідок будівництва тунелів та інших підземних споруд порушується природний пружний стан масиву гірських порід, що зумовлює розвиток гірничого тиску, гірничих ударів тощо. За умови значної водопроникності масиву гірських порід, дренажування підземних вод призводить до проривів води, утворення карстових порожнин і тріщин тектонічного подрібнення. У зонах вулканізму, вугленосних і газоносних товщах, за умови значного тиску газів, які містяться в гірських породах, відбувається витиснення породи і газу.

### ***7.5.3 Інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом***

22 грудня 2000 року стало головним етапом в історії політики у водному секторі Європи: у цей день набрала чинності Водна Рамкова Директива (Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 20 жовтня 2000 року про встановлення рамок діяльності Співтовариства у сфері водної політики). Директива є результатом більш, ніж п'ятирічного процесу перемовин між широким колом експертів. Цей процес підтвердив погодження ключових принципів сучасного управління водними ресурсами, що нині є фундаментом Водної Рамкової Директиви (ВРД).

Директива встановлює рамки діяльності, пов'язаної із захистом усіх типів природних вод, зокрема запобігання подальшому погіршенню водних ресурсів, сприяння сталому використанню води на основі довготермінового захисту водних ресурсів, повне або поступове припинення надходження до водних об'єктів небезпечних забруднювальних речовин, пом'якшення наслідків повеней і посух тощо. Головною концепцією, покладеною в основу ВРД, є інтеграція як ключ до управління захистом водних ресурсів у межах річкового басейну. Інтеграція водних ресурсів передбачає поєднання поверхневих вод і підземних водних тіл, водно-болотних угідь, прибережних водних ресурсів у межах басейну.

Директива стала керівним документом для встановлення цілей охорони вод у ХХІ столітті. Одним з головних принципів ВРД є реалізація інтегрованої басейнової моделі управління водними ресурсами. Інтегрований підхід до управління водними ресурсами вимагає координації різних видів економічної діяльності, які визначають попит на воду, режими землекористування та об'єми стічних вод. Відповідно до цього підходу, основною одиницею управління водними ресурсами стає водозбірний басейн водного об'єкта. Басейн річки є обмеженою вододілами системою водотоків різних порядків, що впадають до одного водоприймача. Зазвичай, це море, але може бути і водойма, розташована всередині материка – озеро чи болото. Інтегрований підхід до управління водними ресурсами потребує встановлення геоекологічних, соціальних і економічних взаємозв'язків у кожному басейні.

У світовій практиці поняття басейнового підходу використовується лише у зв'язку з інтегрованим управлінням водними ресурсами (ІУВР). Згідно визначення технічного комітету Глобального водного партнерства (Global Water Partnership), ІУВР – це процес, який сприяє скоординованому розвитку та управлінню водними, земельними та пов'язаними з ними видами ресурсів для забезпечення максимального економічного і соціального добробуту на справедливій основі без загрози для стійкості життєво важливих екосистем. Інтегрований підхід до управління водними ресурсами дозволяє збалансовано управляти водними ресурсами, враховуючи соціальні, економічні й природоохоронні цілі. У ньому беруть участь різні галузі економіки, що використовують і можуть забруднювати воду. За допомогою інтегрованого підходу координується управління водними ресурсами в різних секторах економіки у різних масштабах – від місцевого до міждержавного рівня. Процес підтримується набором інструмен-



тів, зокрема екологічною оцінкою, системами моніторингу, збором та обміном інформацією.

Враховуючи багатовекторний характер управління водними ресурсами, більшість країн упроваджує інтегрований підхід до управління водними ресурсами на національному і басейновому рівні. Це дозволяє збалансовано розвивати водні ресурси, враховуючи різні інтереси. Реалізація стратегій використання і охорони водних ресурсів може бути ефективною на різних рівнях, але там, де стратегії здійснюються на рівні басейну, завжди є можливість знайти рішення для всього басейну та подолати протиріччя між користувачами верхньої та нижньої течії, або користувачами з різних регіонів басейну. Підхід «для всього басейну» дозволяє оцінити впливи на системному рівні. Іншими словами, національні стратегії, міждержавні угоди та регіональні конвенції щодо транскордонних вод застосовуються до сформованих природою басейнів. Тому зв'язки між адмініструванням водних ресурсів у межах країни та управлінням водними ресурсами басейнів стають більш динамічними та чутливими до екологічних і соціально-економічних умов, що постійно змінюються.

ВРД визнає річковий басейн головною природною одиницею водного середовища. Це потребує визначення районів річкового басейну, які можуть охоплювати одну або кілька річок. Використання європейськими країнами басейнового підходу в управлінні водними ресурсами систематично використовувалося і раніше, але річкові басейни стали у центрі концепції лише після введення в дію ВРД. Важливим етапом упровадження ІУВР є розроблення *планів управління річковими басейнами*, що передбачено ст. 13 ВРД. Такий План має обов'язково включати нанесені на карту межі басейнів і суббасейнів, що належать до певного району річкового басейну. Басейновий принцип формує комплексний підхід до досягнення консенсусу між конкурентними потребами у водних ресурсах різних секторів економіки і зацікавлених груп суспільства на всіх рівнях, а також досягнення рівності й справедливості у користуванні водними ресурсами різних країн.

Відомі нині басейнові системи співпраці мають тривалу і повну проблем історію. Наприклад, для створення сучасного басейного управління водними ресурсами австралійській Комісії басейну Мюррей-Дарлінг потрібно було майже 80 років до початку функціонування системи, оскільки штати у межах басейну відмовлялися передавати права на свою частину водних ресурсів Комісії. Схожа ситуація мала місце на річці Рейн, коли вона стала «стічною канавою»

Європи, загрожуючи здоров'ю і економіці регіону, доки не було заключено договір між країнами басейну про спільні дії.

США знадобилося 50 років та втручання Конгресу для підписання договору 1997 року про спільне управління системою річок на південному сході країни. Концепція розвитку водозбірного басейну в США передбачає розроблення багатоцільових проектів, включаючи гідроенергетику. Основою для упровадження цієї концепції послужив Документ Білого дому, який об'єднав 308 доповідей різних районів США. В результаті було створено програми розвитку басейнів Колумбії, Міссурі, верхнього Огайо і низки інших річок.

Найбільшого розвитку басейновий принцип набув у Франції, де з 1964 року функціонує вискоєфективна система управління водними ресурсами, визнана однією з кращих у світі. Управління покладено на Міністерство навколишнього середовища. Функції регулювання водокористування та екологічного інспектування виконують урядові органи, а технічні, політичні й економічні питання увійшли до компетенції Комітету річкового басейну (басейнової ради) і Водного агентства, які створено у кожному з шести річкових басейнів (водогосподарських районів).

Французька система управління базується на тому, що ключові рішення приймаються всередині басейнових організацій. Вода має вартість, оскільки вона має бути очищена і доставлена до споживача, що вимагає певних затрат. Водокористувачі повністю покривають витрати, необхідні для інвестування у розвиток та експлуатацію водогосподарської інфраструктури. Французький досвід об'єднує всі зацікавлені сторони у безконфліктному управлінні водними ресурсами в межах гідрографічного басейну. Басейнові організації не тільки виконують функції планування і регуляції, але й контролюють їх виконання. Тобто створено унікальну систему фінансування всіх необхідних природоохоронних функцій за принципом «забруднювач платить».

У Великобританії управління водним господарством також здійснюється на основі басейнового принципу. 1974 року було створено 10 регіональних органів з охорони вод у межах найбільших річкових басейнів, які відповідають за водопостачання, ліквідацію відходів, захист від повеней. Вони є цілком самостійними органами управління і повністю відповідають за стан водних ресурсів на території басейну. Фінансуються переважно за рахунок продажу послуг водогосподарського призначення. Очолює ієрархію регіональних органів Національна водна рада, що має консультативні функції і сприяє виробленню єдиної

водогосподарської політики. На урядовому рівні розробляються питання загальної стратегії використання і охорони водних ресурсів.

В Україні управління водними ресурсами тривалий час здійснювалося за адміністративно-територіальним поділом, відповідно до складної системи відомчих структур державного управління, які діють ще з часів СРСР. Вони мають переважно галузеву, а не басейнову, орієнтацію, неефективний і незбалансований механізм регулювання водних відносин. Ці застарілі органи особливо не переймаються питаннями збереження і захисту водних ресурсів, віддаючи перевагу створенню інфраструктури для використання водних об'єктів і моніторингу в місцях забору води і скидання стічних вод.

Нині певна робота щодо запровадження ІУВР в Україні проведена; басейновий підхід до використання водних ресурсів задекларовано у національному законодавстві – Водному кодексі України та Загальнодержавній цільовій програмі розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну р. Дніпро до 2021 року. У 2016 році було внесено зміни до Водного і Земельного кодексів та до Закону «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів», якими запроваджено гідрографічне і водогосподарське районування території України. Введено поняття Плану управління річковим басейном, басейнових рад і таким чином переведено систему управління водними ресурсами України на басейновий принцип.

Для управління транскордонними річковими басейнами створюються Міжнародні басейнові комісії, а співробітництво координується Глобальним Водним Партнерством та його технічними комітетами. Набутий міжнародний досвід щодо оцінки стану водних екосистем дозволяє отримувати методичну, технічну та іншу допомогу для запровадження інтегрованого управління річковими басейнами. Найбільш активними є Міжнародна комісія із захисту річки Одер від забруднення (International Commission for the Protection of the Odra/Oder against Pollution, ICPOAP), річки Ельба (IKSE), річки Дунай (ICPDR), річки Рейн (ICPR) та Шельди (International Scheldt Commission, ISC). Найбільш авторитетною серед них є Комісія із захисту р. Дунай, яка є прикладом організованої керівної структури міжнародної території річкового басейну, що виходить за межі ЄС.

Розвиток галузей водокористування у контексті ІУВР за басейновим принципом неможливий без моніторингу якості води та прогнозування річкового стоку. Сучасна система такого моніторингу вимагає значного збільшення

кількості постів спостереження та оновлення їхнього обладнання, покращення лабораторного забезпечення, автоматизації збору даних і обміну інформацією, розробки нових механізмів доступу до інформації для оперативного прийняття управлінських рішень. Така система моніторингу є основою коротко- і довготермінового прогнозування та оцінки гідроенергетичного потенціалу і його змін в умовах сухих чи багатоводних років.

Отже, внаслідок водогосподарської діяльності порушуються численні геоекологічні функції гідросфери та інших компонентів природного середовища. Поверхневі джерела водопостачання забруднюються, не зважаючи на розроблення інноваційних методів очищення стічних вод. Масштабне осушення боліт і водно-болотних угідь призводить до деградації ґрунтів, зміни клімату і гідрологічного режиму прилеглих територій. Підземна гідросфера, хоча і є відносно захищеною від поверхневих джерел забруднення, також зазнає порушень, що погіршує якість питних водозаборів. Тривала експлуатація морського середовища у якості приймача стічних вод призвела до його хронічного хімічного і бактеріального забруднення. Перед цивілізованим світом постали складні завдання збереження і відновлення геоекологічних функцій гідросфери – якнайшвидшого переходу на інноваційні методи дезінфекції та очищення вод, радикального оновлення водної політики та впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом.

### **Запитання і завдання для самоконтролю**

1. Що є головною причиною тотального забруднення поверхневих джерел водопостачання? Поясніть.
2. Які види водогосподарського природокористування вам відомі? Охарактеризуйте їх.
3. З'ясуйте головні негативні наслідки спорудження водосховищ та інших гідротехнічних споруд. Якими ви бачите шляхи виправлення ситуації?
4. Розкрийте негативні й позитивні наслідки створення штучних водойм для природи, господарства і населення. Наведіть приклади.
5. Розкрийте і опишіть відомі вам методи очистки та інноваційні методи знезараження стічних вод.
6. Які геоекологічні наслідки можуть виникати на поливних землях?
7. Які позитивні чи негативні наслідки тягне за собою тривале осушення перезволожених територій і водно-болотних угідь? Обґрунтуйте.

8. Охарактеризуйте негативний вплив на гідросферу водного транспорту.
9. Як світова спільнота протидіє незаконному, непідзвітному і нерегульованому рибному промислу?
10. Розкрийте сутність інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом. Як воно запроваджується у різних країнах?

## 8 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ

Однією з найголовніших геоєкологічних функцій лісів є ресурсна, що полягає у забезпеченні суспільства не лише деревиною, деревною зеленню і корою, але й технічною і лікарською сировиною, кормовими, харчовими та іншими корисними продуктами. Окрім того, що вони є ресурсами, ліси надають людству безліч життєво важливих екосистемних послуг – чисте повітря і воду, збереження біорізноманіття, пом'якшення змін клімату та багато інших. Отже, насправді цінність лісу, як важливого компонента біосфери, є незрівнянно вищою за вигоди, які можна тимчасово отримати від експлуатації лісових ресурсів. Рациональне лісокористування має базуватися на розумінні, що ліс, як ресурс і засіб виробництва, за умови ощадливої експлуатації стає невичерпним.

Ліси виступають джерелом їжі, ліків та палива для більш ніж мільярда людей. Окрім пом'якшення змін клімату, захисту ґрунтів і водойм, ліси містять понад три чверті світового наземного біорізноманіття, сприяють соціально-економічному розвитку, що є особливо важливим для сільської місцевості. Приблизно третина населення, це близько 2,4 млрд людей, отримують від лісів енергетичні послуги для приготування їжі, кип'ятіння води і опалення. Загалом ліси постачають близько 40% світової відновлюваної енергії у вигляді деревного палива – стільки ж, скільки сонячна, гідроелектрична і вітрова енергія, разом узяті. Ліси відіграють вирішальну роль у накопиченні парникових газів у атмосфері: вони щороку поглинають приблизно 2 млрд т вуглекислого газу.

Лісогосподарське ПК охоплює лісові ландшафти усіх природних зон, використовувані людиною у тих чи інших формах. Ресурсна функція лісів передбачає такі різновиди лісокористування:

- Υ *Лісогосподарське* – використання готових продуктів лісу (грибів та ягід, натурального каучуку тощо).
- Υ *Лісопромислове* – періодичне вирубування лісів для різних цілей.
- Υ *Промислово-лісогосподарське* – обмежені рубки з метою догляду за лісовими насадженнями.
- Υ *Водо- та ґрунтоохоронне* – збереження лісів у захисних смугах для виконання ними екостабілізуючої функції.
- Υ *Рекреаційне і санітарно-гігієнічне* – зелені зони міст, курортів, заповідні ліси тощо, які несуть підвищене рекреаційне навантаження.

Основними галузями лісокористування (ЛК) є лісозаготівельна, деревообробна, целюлозно-паперова і лісохімічна. Головними виробничими операціями лісозаготівельної промисловості є вирубування, вивезення і первинна обробка деревини, а кінцевою продукцією – ділова деревина для деревообробної і целюлозно-паперової промисловості, будівництва. Деревообробка включає лісопильну, фанерну, меблеву промисловість, виробництво деревостружкових плит, сірників, будматеріалів. Лісопильна і фанерна промисловість постачає пиломатеріали і тяжіє до лісозаготівлі. Деревостружкові плити виготовляють для потреб меблевої промисловості, переважно в густо заліснених районах.

Меблева промисловість виробляє майже половину продукції деревообробки та тяжіє здебільшого до споживача. Однієї з найбільш енерго- і водомістких галузей є целюлозно-паперова. Сировиною для лісохімічної промисловості є відходи лісозаготівлі й деревообробки (гілки, живиця, тирса), а кінцевою продукцією – кормові дріжджі, синтетичні смоли, оцтова кислота, метиловий спирт, скипидар тощо. Завдяки виробничим зв'язкам у сфері використання сировини, енергії, палива, транспорту і переробки відходів, утворюються лісопромислові комплекси (ЛПК). Ресурсний цикл лісоматеріалів загалом включає такі основні фази: початкові – рубки лісу; середні – первинна обробка деревини, трелювання<sup>35</sup>, різні види лісопереробки; кінцеві фази – споживання деревини та виробів з неї, а також повернення використаної, сильно трансформованої природної речовини у біотичний кругообіг. Кожна фаза має свій набір геоecологічних проблем.

### **8.1 Початкові фази лісоресурсного циклу – рубки лісу**

Потенціал ЛПК складається з потенціалів лісовирощування, лісопереробки і лісокористування. Лісозаготівельне виробництво забезпечує заготівлю і транспортування круглих лісоматеріалів на кінцеві пункти (Рис. 106). Виробничий процес має відносно коротку тривалість виробничого циклу.

З усіх проблем, що виникають на початкових фазах лісоресурсного циклу, головною є значні втрати деревини. Зазвичай використовується лише наземна частина деревини, не зважаючи на те, що 20-25% біомаси дерев припадає на коріння. Під час рубки лісу втрачається значна кількість менш цінної деревини

---

<sup>35</sup> Трелювання (від нім. *treilen*, англ. *trail* – тягнути, волочити) – переміщення деревини від місця заготівлі до вантажних пунктів.

та утворюються різноманітні лісосічні відходи – гілки, пеньки, вершини, хвоя тощо. Сучасне лісокористування застосовує переважно такі види рубок:

- *рубки головного користування* (суцільні) здійснюються з метою отримання деревини та передбачають вирубку стиглих дерев;



Рис. 106. Лісозаготівля (ліворуч) і транспортування лісоматеріалів

- *рубки догляду* (доглядові) націлені на забезпечення кращих умов зростання головної породи;
- *санітарні рубки* (вибіркові) мають на меті видалення усохлих дерев, уражених хворобами чи шкідниками;
- *реконструктивні рубки* застосовуються найчастіше у молодих насадженнях, де головна порода недостатньо представлена у складі деревостану;
- *ландшафтні рубки* практикуються у лісопарках з метою покращення їхньої естетичної привабливості.

*Суцільна система рубок* передбачає вирубування усіх деревостанів, за винятком дерев і чагарників, що підлягають збереженню. Суцільно-лісосічні рубки, залежно від ширини лісосік, можуть бути вузько-, середньо- та широко-лісосічними. Ширина лісосік вузько-лісосічних рубок становить 50 м і менше, середньо-лісосічних – 51-100 м, широко-лісосічних – 101-200 м. Доцільність здійснення суцільних рубок визначається переважно економічними факторами. Тому з лісосік зазвичай забирають крупні стовбури дерев, а тонкомірна деревина залишається на вирубках. Недобір деревини надолужується за рахунок вирубування нових ділянок, і знову за рахунок крупних дерев. При цьому площі вирубок збільшуються щонайменше на 15-20%.

Залишання тонкомірних дерев на лісосіках призводить до негативних наслідків: оскільки переважна частина цих дерев зрубана або сильно пошкоджена,



ті, що збереглися, теж незабаром гинуть, позбавлені захисту лісу. В результаті територія вирубки стає заваленою великою кількістю деревини, яка гниє. Спалювати її досить дорого, до того ж ґрунти після цього на багато років стають практично безплідними. Природне лісовідновлення на таких лісосіках зазвичай відбувається переважно за рахунок малоцінних дрібнолистих порід (осини, берези). Не стає ефективним і штучне лісовідновлення – використанню необхідної для лісопосадок техніки заважають порубкові залишки. Отже, проблеми слід розв'язувати на основі комплексного підходу до усього ресурсного циклу – від заготівлі деревини до її перетворення на готовий продукт. Тобто некондиційну деревину і лісосічні відходи має бути утилізовано. Після звільнення лісосік від залишків і відходів їх вигідно використовувати для посадки нових лісових культур.

*Вибіркова система рубок* спрямована на оздоровлення, формування і відновлення деревостанів. Під час таких рубок періодично вирубуються окремі дерева або групи дерев – перестійні, стиглого віку, з уповільненим ростом, а також дерева, що пригнічують підріст. Вибіркова система передбачає максимальне збереження лісів з метою виконання ними водоохоронних, захисних та інших корисних функцій. Проводяться добровільно-вибіркові рубки, які залежно від структури і повноти деревостану можуть бути слабкої, середньої і сильної інтенсивності. У разі проведення рубок слабкої інтенсивності за один прийом вирубується не більш як 10% наявного запасу деревини, середньої – 11-24% і сильної – 25-35%.

Через проведення вибіркових рубок поблизу автодоріг, на досить крутих схилах виникають відповідні геоекологічні наслідки. При цьому значна частка молодих насаджень (іноді більше 50%) гине або ушкоджується лісопавалом, технікою і транспортованими деревами. В результаті деградують лісові ландшафти, посилюється поверхневий стік, активізується ґрунтова ерозія, а природне лісовідновлення відбувається дуже нерівномірно і переважно за рахунок дрібнолистих порід. Тому найважливішим завданням під час здійсненні вибіркових рубок є дбайливе ставлення до молодих насаджень і оптимальний розподіл шляхів руху техніки, що суттєво зменшує масштаби порушень молодняка і ґрунтового покриву.

*Доглядові рубки* мають на меті забезпечення вирощування лісу, починаючи від його насадження до досягнення віку стиглості. Шляхом поступового видалення частини дерев формують склад майбутнього лісу і створюють сприят-

ливі умови для його росту. До завдань догляду належить чимало способів підвищення якості насаджень і товарної вартості деревини: обрізування сухих і частини зелених гілок на кращих деревах, формування лісових галявин закритого типу, організація технологічних робіт без нанесення шкоди лісу тощо.

Рубки догляду здійснюються переважно на ділянках з достатньою кількістю малоцінних (дрібнолистих) молодих насаджень, які заважають нормальному розвитку цінних деревостанів, де головна порода глушиться другорядними видами. Головним завданням доглядових рубок є забезпечення вирощування стійких і високопродуктивних лісових насаджень. Залежно від віку насаджень, серед завдань рубок догляду можуть бути одержання деревини для задоволення потреб господарства, а також заміна старих і малоцінних насаджень на цінні породи. У різновікових насадженнях послідовно здійснюють такі заходи:

- ☞ Першим етапом рубок догляду є *освітлення*, яке проводиться у молодняках віком до 10 років і повторюється через 2-3 роки. Головним завданням є формування складу порід відповідно до корінного типу лісу. На ділянках з великою кількістю швидкозростаючих порід (граб, береза, осика, вільха, верба) освітлення розпочинають вже у 2-3-річному віці та продовжують, доки висота дерев основного намету сягне 1,5 м.
- ☞ Для забезпечення подальше формування складу деревостану в лісах віком від 11 до 20 років проводиться *прочищення*, що повторюється кожні 5-10 років. Триває, допоки діаметр дерев сягатиме на висоті грудей 5-6 см; для бука і ялиці цей термін може становити до 30 років.
- ☞ Для стимулювання приросту і формування деревостанів підвищеної якості здійснюється *проріджування*, переважно у середньовікових і пристигаючих насадженнях (від 21 до 40 років); повторюється кожні 10-15 років. Проріджування варто розпочинати тоді, коли прирости починають зменшуватися: для швидкозростаючих порід (ясен, каштан, дуб червоний, модрина, ялина) – у віці 35-45 років; тіншовитривалих (бук, ялиця) – до 50-60 років; м'яколистих порід (клен, вільха, осика) – до 30 років.
- ☞ Після завершення проріджень розпочинають *прохідні рубки*, які закінчуються напередодні переходу деревостанів у вік пристигаючих.

*Санітарні рубки* проводять незалежно від інших рубок та віку деревостанів, якщо кількість хворих і пошкоджених дерев доволі велика. У стиглих і перестійних насадженнях санітарні рубки здійснюють лише там, де немає рубок головного користування. Залежно від кількості та розповсюдження хворих і

пошкоджених дерев, санітарні рубки бувають вибірковими або суцільними. Технологія проведення вибіркових санітарних рубок практично не відрізняється від прорідження і прохідних рубок; суцільні санітарні рубки аналогічні головним. У окремих насадженнях, де процес природного поновлення забезпечити неможливо, а створення культур потребує значних витрат, строки проведення суцільних санітарних рубок обирають індивідуально.

Важливим заходом, який захищає ґрунт від ерозії, сприяє захисту і розмноженню лісової фауни, є *догляд за підліском*. Знищення підліску різко погіршує умови зростання лісу, а своєчасне вирубування перерослих чагарників сприяє природному відновленню головних порід. Догляд за підліском краще здійснювати під час прохідних рубок перед головними. Частіше, ніж раз на 5-6 років, такі заходи недоцільні. На крутих схилах слід враховувати ерозійну стійкість ґрунтів; вирубувати чагарники краще горизонтально смугами завширшки до 15-25 м кожні 2-3 роки.

Невід'ємним елементом лісу, його «шкірою», є *лісові галявини*. Завдяки галявинам під наметом зберігається стабільний температурний і вологий мікроклімат, не задерновується поверхня ґрунту, дерева не вражаються сонячними променями. Задля забезпечення корисних властивостей галявин за ними доглядають: вирубуються зайві й сухі дерева, а за необхідності чагарники саджають на пеньок. Під час прочищення рубка у зоні галявин спрямовується на формування вертикальної замкненості; під час прорідження і прохідних рубок галявини зберігаються у закритому стані.

Для цінних деревостанів доцільно застосовувати *обрізування гілок і сучків*, однак цей вид догляду рідко здійснюється на практиці. Розрізняють зрізування сухих гілок (сухе обрізування) і зелених гілок (зелене обрізування). Починати обрізування гілок необхідно вже у віці 8-10 років, а для швидкоростучих порід – у 5-6 років. Найбільш ефективною така робота є пізно восени чи ранішньою весною, коли у рослин припиняється сокорух. А для порід, які після обрізування дають велику кількість пагонів (тополя, оксамит амурський, горіх, клен, каштан), обрізування краще робити влітку.

Отже, головною метою усіх видів доглядових рубок є забезпечення максимальної стійкості насаджень для виконання об'єктами лісокористування заданих функцій. Санітарні рубки зазвичай охоплюють ділянки з великою концентрацією хворих дерев, які вибірково можуть оброблятися отрутохімікатами. Суцільні рубки проводяться на ділянках з пануванням спілих одновікових на-

саджень, а вибіркові рубки – на ділянках з різновіковим деревостоєм. Лісозаготівельні роботи у регіонах з переважанням суходільних просторів здійснюються переважно у теплі сезони року, а у заболочених місцевостях – взимку, після замерзання боліт.

## 8.2 Геоєкологічні проблеми середніх фаз лісоресурсного циклу

Одним з вагомих наслідків лісоресурсного циклу є систематичне вилучення з біотичного кругообігу разом з деревиною значної кількості поживних речовин. Порівняно з природними біоценозами, масиви лісових культур є біднішими за видовим складом рослинності, там практично відсутній підлісок, небагата фауна. Одноманітність лісових культур призводить до порушення структури біоценозів, зниження їхньої стійкості до несприятливих зовнішніх впливів та деградації рекреаційних лісів.

Серед геоєкологічних проблем середніх фаз циклу лісових ресурсів і лісоматеріалів однією з найважливіших є висока водоемність виробництва, наприклад, целюлозно-паперового, що потребує складного і витратного очищення води після використання. На виробництво 1 т паперу витрачається до 80 м<sup>3</sup> води, що зумовлює утворення величезних обсягів стічних вод, які містять волокна целюлози, наповнювачі, барвники, емульсії, клейкі речовини, зважені й органічні речовини. Після скидання таких вод у природні водойми органічні речовини гниють, виділяючи сірководень і метан. У воді різко знижується концентрація розчиненого кисню, що викликає масову загибель водних організмів.

Однією з найактуальніших проблем залишається необхідність повного та своєчасного відновлення лісів на вирубках. За даними Глобальної оцінки лісових ресурсів (2018), світові площі лісів скоротилися з 31,6% від загальної площі суші до 30,6% за період між 1990 і 2016 роками. Тобто за чверть століття було втрачено 1,3 млн км<sup>2</sup> лісів, що еквівалентно 800 футбольним полям щогодини. Щороку знищується у середньому 14 млн га лісів, з яких до 2% – тропічні ліси, «легені планети». Обсяги заготовлі деревини перевищують її річний приріст на 20-24%, причому приблизно з 80% вирубок отримують низькоякісну деревину і тільки з 20% – ділову деревину високої якості. Цивілізований світ нарешті визнав, що незаконні рубки руйнують найцінніші ліси планети.

Ще у 1992 році на засіданні країн «Великої вісімки» самовільне вирубування лісів та незаконну лісозаготівлю було оголошено міжнародною проблемою. 2002 року було прийнято План дій Європейського союзу FLEGT (Forest Law Enforcement, Governance and Trade – Лісове правозастосування, управління

і торгівля). План дій передбачає низку заходів щодо виключення нелегальної деревини з ринків і збільшення попиту на вироби з деревини. Ключовим елементом FLEGT є добровільна система, що гарантує легальність деревини, імпортованої у ЄС з інших країн. Правовою базою є Правила 2005 року і підзаконні акти 2008 року, що дозволяють контролювати ввезення деревини у Євросоюз на основі добровільного партнерства (Voluntary Partnership Agreements – VPA) з країнами, які мають двосторонні угоди FLEGT з ЄС. Отже, щоб продати деревину на ринок ЄС, компанії спочатку мають підтвердити її легальність. Добровільні угоди сприяють дотриманню лісового законодавства, раціональному використанню лісових ресурсів і збереженню лісових екосистем.

### ***8.2.1 Шляхи досягнення сталого лісокористування***

Найвищий рівень лісокористування можливий лише за оптимальної структури лісу, коли найповніше використовуються природні та економічні фактори з метою відтворення максимально можливої кількості деревини, а також ефективного прояву природно-захисних і соціальних функцій лісових насаджень. Оптимальною вважається така структура лісу, за якої найповніше задовольняються потреби господарства у деревині, ресурсах недеревної рослинності, соціально-екологічних функціях лісу при мінімальних затратах на їх охорону і відновлення. Оптимальний склад насаджень визначається вимогами деревних порід до лісорослинних умов, продуктивністю, будовою, товарністю і господарською цінністю насаджень різного складу.

У захисних лісових насадженнях оптимальний склад має бути орієнтований на ефективне виконання ними цільових функцій. Наприклад, для водоохоронних лісів найбільш прийнятними є хвойні й хвойно-широколистяні насадження. У зелених зонах міст (Рис. 107) і курортних лісах (Рис. 108) найефективнішими виявилися змішані різновікові насадження, стійкі до рекреаційних навантажень і промислового забруднення. Оптимальна структура насаджень визначається також оптимальною густотою, яка змінюється залежно від цільового призначення. Наприклад, у віці дерев до 10-15 років оптимальною є густина, яка сприяє найшвидшому змиканню крон. Коли дерева досягають віку 20-60 років, оптимальною густотою буде та, яка сприяє кращому прояву захисних та інших корисних властивостей лісу.



Рис. 107. Насадження міської зеленої зони



Рис. 108. Насадження курортних лісів

У природі ліси оптимальної структури зазвичай не зустрічаються; їх створюють у процесі раціонального ведення лісового господарства. Цінність лісу визначається тим ефектом, який досягається лісокористуванням, а також впливом лісу на окремі компоненти природного середовища – ґрунти, воду, атмосферне повітря. На кожній конкретній ділянці лісу переважну цінність отримують протиерозійні, водоохоронні, експлуатаційні та інші функції. Науково обґрунтоване встановлення пріоритетної функції лісу на конкретній території дозволяє організувати цілеспрямоване високоефективне ведення лісового господарства без шкоди для навколишнього середовища.

Сучасні технології лісосічних робіт мають бути спрямовані на виключення або обмеження негативного впливу на стан відтворення лісів. Ще до початку розробки має складатися карта технологічного процесу розроблення лісосіки, яка відображає лісівничі й організаційні вимоги до виконання робіт. У технологічній карті міститься перелік підготовчих робіт, визначається схема розробки лісосіки з нанесенням на неї виробничих об'єктів, устаткування, доріг, лісозаготівельних операцій (звалювання дерев, обрубкування сучків, трелювання, спуск, кряжування, сортування, штабелювання, навантаження деревини, очищення) та природоохоронних заходів щодо запобігання ерозії ґрунтів, збереження підросту тощо.

З метою максимального збереження ґрунтів і запобігання розвитку ерозійних процесів під час заготівлі деревини застосовуються технології, що забезпечують найменше пошкодження ґрунтів. У разі використання канатних установок прокладання трас здійснюється під кутом 10-20° відносно основного

напряму схилу. У разі потреби влаштовуються фашини<sup>36</sup> і плетені загорожі, земляні вали, водовідводи, русла водотоків очищуються від порубкових решток. Земляні вали і водовідводи на волоках розміщуються через кожні 40 м. Наприклад, у Швейцарії застосовуються добровільно-вибіркові класичні рубки, що забезпечують збереження захисних і естетичних функцій лісу. Паралельно з вирубуванням стиглих дерев проводиться догляд за підростом. У країнах Центральної Європи застосовують і суцільні рубки, але невеликими площами. Зокрема, у Німеччині суцільно-лісосічні рубки проводять поблизу промислових центрів, де шкідливі викиди спричинюють масове усихання лісів. В усіх європейських країнах особлива увага приділяється природному поновленню лісів, хоча й практикується створення лісових культур.

Проблемою лісосічних робіт є порубкові залишки, які заважають роботі звальщиків лісу, трелюванню деревини, а після завершення цих процесів ускладнюють природне поновлення лісу та унеможливають підготовку ґрунту до садіння лісових культур. Захарщення лісу призводить до виникнення лісових пожеж та погіршення санітарного стану лісу. Отже, порубкові залишки мають бути прибрані з площі лісосіки. Очистка місць рубок входить до складу лісозаготівельних робіт, але одночасно вона є важливим лісокультурним заходом, від якого залежить протипожежний і санітарний стан лісових насаджень.

Порубкові залишки – це переважно вершини дерев, гілля, сучки, хвоя, листя, які містять значний запас поживних речовин. Після спалювання залишків хвойних дерев на кожному гектарі лісосіки утворюється у середньому 1 т золи, яка містить 6% сполук калію, 2,5% фосфору і до 35% вапна. Тобто продукти спалювання залишків можуть використовуватися як добрива. Під час горіння змінюється хід мікробіологічних процесів ґрунту, посилюється маслянокисле бродіння з виділенням вуглекислого газу, складні органічні сполуки розкладаються і стають доступними лісовим рослинам. Вогонь активізує процес нітрифікації у верхніх шарах ґрунту, з'являються азотолюбні рослини – зніт (іванчай), малина, які супроводжують самосів деревних порід. На обпаленій поверхні ґрунту відмічається уп'ятеро більший самосів хвойних порід.

Правильно проведена очистка лісосік затримує задерніння ґрунту, чим сприяє поновленню лісу, зберігає фізичні й мікробіологічні властивості лісових ґрунтів, а у гірських умовах – перешкоджає розвитку ерозійних процесів. Крім

---

<sup>36</sup> Фашина (від лат. *fascis*) – зв'язка прутів, перев'язаних скрученими прутами чи проволокою.

цього, порубкові залишки є сприятливим середовищем для масового заселення шкідників, звідти вони потрапляють на дерева. Крім збагачення ґрунту органічними речовинами, порубкові залишки листяних порід можна використовувати для годівлі диких та свійських тварин. З крупних залишків виготовляють технологічну тріску, яка йде на виробництво плит та інших будматеріалів. Найвигідніше використовувати порубкові залишки як сировину для лісохімічної і фармацевтичної промисловості. Отже, очистка місць рубок має такі переваги:

- ✓ ліквідує захаращеність лісу, яка підвищує пожежну небезпеку та погіршує санітарний стан лісових насаджень;
- ✓ забезпечує нормальну роботу техніки під час лісозаготівлі;
- ✓ поліпшує фізичні, хімічні й мікробіологічні властивості ґрунтів;
- ✓ сприяє збереженню ґрунтозахисних і водоохоронних функцій лісу, підвищенню лісової продуктивності;
- ✓ надає можливість використовувати лісосічні відходи на паливо та інші цілі.

Наприклад, у США порубкові відходи спалюють у пересувних металевих бункерах, куди завантажують залишки. Практикується також подрібнення залишків за допомогою ребристих котків, після чого їх розкидають або використовують для виготовлення плит. Котки переміщуються за допомогою гусеничних тракторів, розтрусують залишки і вдавлюють їх у ґрунт. У Франції, Нідерландах, Німеччині, Швейцарії порубкові залишки видаляють з вирубок у тих смугах, де плануються лісовідновні роботи. Якщо залишки подрібнюють і розкидають, у теплих і вологих умовах вони швидко перегнивають. У гірських лісах відходи зазвичай укладають у горизонтальні вали; вогнева очистка лісосік проводиться рідко. На півночі скандинавських країн практикують спалювання залишків суцільним палом під суворим контролем.

Величезний негативний вплив сучасної лісозаготівельної техніки на лісові біоценози обумовлений її вагою (15-20 т) та низькою маневреністю, внаслідок чого територія вирубки покривається глибокими коліями і волоками. З метою уникнення повного руйнування структури ґрунту на вирубках практикують *поступові рубки* у декілька прийомів, а також заготівлю та вивезення деревини не у стовбурах, а сортиментами<sup>37</sup>. Суттєвою перевагою цієї технології є збереження до 80% підросту головних порід та скорочення обсягу лісовідновних ро-

---

<sup>37</sup> Сортимент – певна частина зрубаного дерева, яка відповідає вимогам якості згідно цільового призначення.



біт. Крім руйнування ґрунту, агрегатні машини для суцільних рубок сильно пошкоджують дерева. Для застосування технології поступових рубок необхідна спеціальна *екологічна техніка*, зокрема високопрохідні, легкокеровані машини на колісному ході, обладнані гідроманіпуляторами з вилітом стріли 10-12 м.

У багатьох країнах на вирубках використовуються багатоопераційні машини (харвестери), які зрізують дерева без повалення на землю, обрізають гілля, розкрязовують стовбури на сортименти та навантажують їх на транспортні пристрої. Виконання кількох робочих операцій однією машиною дозволяє проводити вибірку або поступову рубку без зайвих пошкоджень сусідніх дерев, які залишаються для подальшого росту; без пошкодження підросту та поверхневого шару ґрунту, тобто практично не порушуючи природу лісу (Рис. 109). Для трелювання оброблених сортиментів на вантажні майданчики використовують форвардери – колісні трактори, здатні пересуватися у заболоченій та будь-якій іншій складній місцевості (Рис. 110).



Рис. 109. Харвестер Eco Log для проріджування і доглядових рубок



Рис. 110. Малогабаритний форвардер PONSSE Wisent

Освоєння лісосировинних ресурсів гірських районів можливе лише на схилах, доступних для тракторного трелювання, а крутосхилі стиглі лісові масиви часто залишаються недоторканими. Наслідком використання важкої техніки зазвичай стає винос ґрунту (до 600 м<sup>3</sup> з одного гектара лісової площі), а за 3-4 ходки трактор може повністю знищити ґрунтовий покрив. У таких випадках найбільш ефективним є використання канатно-підвісних пристроїв (Рис. 111). Для внутрішнього лісосічного транспортування деревної сировини останнім часом у багатьох країнах повертаються до гужового трелювання (Рис. 112). Зо-

крема, у Швеції до виконання трелювальних операцій залучають 30 тис голів коней, а у Австрії – до 400 тис. Вимогам екотехнічного транспортування деревної сировини з гірської лісосіки також відповідає її переміщення гелікоптерами, що безумовно супроводжується значними питомими витратами. Наприклад, для освоєння гірських лісосік у Карпатському регіоні рекомендуються мобільні канатні установки на короткі дистанції або установки з проміжними опорами.



Рис. 111. Канатне трелювання лісу



Рис. 112. Гузове трелювання

У деяких країнах поряд з використанням канатних підвісних установок деревину спускають з гір за допомогою легких переносних лотків, які також забезпечують високу схоронність підросту і не пошкоджують ґрунт. У Канаді та Швеції для трелювання деревини використовують аеростати, у горах Кавказу – гелікоптери. Проектами повітряного трелювання деревини переймаються у США, Канаді, Швеції, Італії, Франції, Німеччині, Норвегії, де значні запаси цінної деревини зосереджено у важкодоступних гірських лісах.

### **8.2.2 Стандартизація і сертифікація сталого лісокористування**

Європейські стандарти лісокористування базуються на протидії незаконним рубкам лісу і тіньовому обігу деревини. Для цього застосовується *електронний облік деревини* (ЕОД) – фіксація та оформлення руху деревних ресурсів на всіх етапах лісозаготівельних робіт за допомогою сучасних інформаційних технологій. Концепція єдиної державної системи ЕОД передбачає поштучне маркування деревини на лісосіках уніфікованими маркерами зі штрих-кодом, що реєструють походження, якісні й кількісні показники деревини із застосуванням сучасних електронних засобів обліку. Система ЕОД надає можливість відстежувати увесь ланцюг руху заготовленої деревини від місця її заготівлі до

кінцевого споживача. Тобто за нумерацією бирки, якою маркується деревина, встановлюється її легальність.

Оцінити відповідність системи ведення лісового господарства встановленим міжнародним вимогам щодо управління лісами та лісокористування на засадах сталого розвитку дозволяє такий маркетинговий механізм, як *лісова сертифікація*. На ринку сертифікованої лісової продукції домінує сертифікація лісів за схемою Лісової опікунської ради (Forest Stewardship Council®, FSC), створеної у 1993 році кількома торгівельними і екологічними організаціями. На ринках Євросоюзу, починаючи з 2011 року, деревина та вироби з неї зможуть реалізовуватися лише за наявності доказів щодо легальності їх походження. Такими доказами є наявність сертифікату FSC або сертифікату Програми схвалення лісової сертифікації (Programme for the Endorsement of Forest Certification, PEFC) (Рис. 113). Схеми лісової сертифікації базуються на принципах незалежності, об'єктивності, добровільності, ринкової орієнтованості, прозорості й відкритості, комплексності, практичності та економічної ефективності.



Рис. 113. Сертифікат лісів PEFC (ліворуч) і лісової продукції FSC

Лісова сертифікація виникла у середині 1980-х років завдяки активній діяльності громадських природоохоронних організацій, занепокоєних стрімким скороченням тропічних лісів внаслідок торгівлі нелегальною деревиною на світових ринках. Тоді крупні компанії почали втрачати екологічно чутливі ринки Європи і Америки. Результатом спільного пошуку шляхів підвищення довіри до практики лісокористування стала ідея лісової сертифікації як процедури встановлення відповідності системи ведення лісового господарства наперед визначеним екологічним, соціальним і економічним стандартам. Лісова сертифікація контролює якість управління лісами за допомогою сертифікації лісоупра-





їхніх лісів стабільна, галузь підтримується і державою, і бізнесом; вони знайшли баланс.

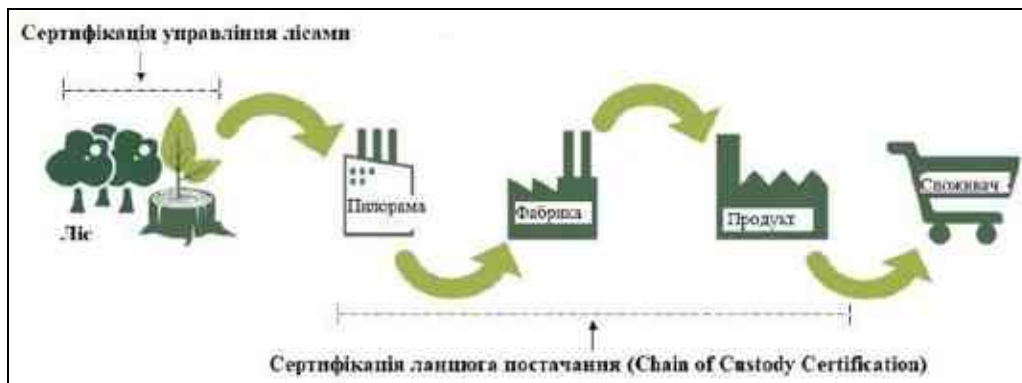


Рис. 115. Сертифікація лісоресурсного підциклу

Перебіг поновлення лісу залежить від технічних засобів, які використовуються при лісозаготівлі, від організації технологічних процесів і культури лісосічних робіт. Продумане сплановане трелювання може забезпечити перемішування лісової підстилки з поверхневим шаром ґрунту і цим сприяти успішному поновленню лісу. Одним зі шляхів уникнення негативних наслідків є запобігання штучному відокремленню лісокористування від лісовідновлення, які насправді є двома сторонами однієї медалі, єдиним цілим. Обсяги лісовідновлення і відповідні витрати прямо залежать від якості лісосічних робіт.

Отже, стале ведення лісового господарства має здійснюватися на принципах невиснажливого, постійного та безперервного лісокористування. Це означає, що при цьому враховуються питання охорони довкілля і збереження біорізноманіття, інтереси працівників лісогосподарських підприємств та місцевого населення. Підвищення ефективності використання лісових ресурсів можна досягти шляхом упровадження прогресивних технологій, що забезпечують скорочення періоду лісовирощування; підвищення продуктивності лісових насаджень; поліпшення заготівлі деревини, збору і утилізації відходів; зменшення втрат деревини і лісоматеріалів при транспортуванні тощо. Сучасне тлумачення поняття сталого лісокористування передбачає використання лісів таким чином і з такою інтенсивністю, які б забезпечували їхнє біологічне розмаїття, продуктивність, здатність до відновлення, а також здатність виконувати нині й у майбутньому задані екологічні, економічні та соціальні функції на місцевому, національному і глобальному рівнях без збитків для інших екосистем.

### 8.3 Лісокористування і зміна клімату

*Незворотна і катастрофічна зміна клімату – найважливіша проблема, яка стоїть перед суспільством.*

Генеральний секретар ООН Антоніу Гутерріш

Як зміна клімату впливає на стан лісових екосистем, так і навпаки – деградація лісових біоценозів унаслідок надмірної лісоексплуатації негативно позначається на кліматичних чинниках. Зміна клімату спричинює зміщення меж природних зон, а це, своєю чергою, змінює ареали зростання окремих деревних порід; у деяких випадках повністю зникають продуктивні види. Змінюються баланси поживних речовин, продуктивність і цикли репродуктивності лісових насаджень, динаміка сукцесій, екологічні й соціальні функції лісів. Знижується життєздатність, стійкість до шкідників і хвороб, зростає інтенсивність всихання лісів. Частіше виникають спалахи масового розмноження шкідників, зростає кількість лісових пожеж, особливо у хвойних лісах.

Головним стратегічним завданням лісокористування, спрямованим на запобігання (пом'якшення) зміни клімату, є збільшення поглинання ПГ шляхом сталого лісорозведення та унеможливлення знеліснення. Пріоритетом мають бути методи ведення кліматично орієнтованого лісового господарства (Climate Smart Forestry, CSF), що передбачає поєднання заходів з пом'якшення і адаптації до зміни клімату (Табл. 13). CSF є стратегією збільшення кліматичних вигод від лісового сектора у комплексі з іншими потребами, пов'язаними з лісами. Стратегія базується на трьох принципах:

- ☞ скорочення викидів ПГ для пом'якшення наслідків зміни клімату;
- ☞ адаптація управління лісами для створення стійких насаджень;
- ☞ активне лісокористування, спрямоване на стале підвищення продуктивності й надання всіх послуг, які може забезпечити ліс.

Зокрема, спільне використання земельних ділянок для вирощування деревних і сільськогосподарських культур передбачає *агролісівництво* – новий тип ведення агробізнесу, що об'єднує вирощування лісу, агрокультур і тваринництво. Лісорозведення на фермах і полях сприяє розвитку економіки замкнутого циклу, захищає ґрунти від деградації, підвищує біорізноманіття і родючість ґрунту, покращує якість водного середовища, зменшує небезпеку і збитки від лісових пожеж. Важливою вигодою від союзу лісників і фермерів є лісопасовище – випас сільськогосподарських тварин у лісах, що давно практикується в Європі. Для лісових пасовищ використовуються гірські райони Австрії, Швей-

царії та Середземномор'я, вітрозахисні лісосмуги, фруктові сади і посадки. В Ірландії агролісівництво стало важелем зменшення вуглецевого сліду<sup>38</sup>, особливо щодо викидів ПГ тваринництвом. Дійсно, головною перевагою агролісівництва є сприяння адаптації до змін клімату для попередження ймовірних негативних наслідків для населення і господарства.

Табл. 13. Політика Climate Smart Forestry (приклад)

Запобігання (пом'якшення)	Адаптація
<p>Зростання площі лісів для збільшення поглинання і збереження запасів вуглецю:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Υ лісорозведення і лісовідновлення;</li> <li>Υ збільшення лісових площ у агрогеоеко-системах і населених пунктах;</li> <li>Υ проведення лісотехнічних заходів для підвищення продуктивності лісів;</li> <li>Υ збільшення вмісту вуглецю в ґрунті.</li> </ul>	<p>Підсилення адаптивної здатності лісів шляхом управління лісовим біорізноманіттям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Υ вибір посадкового матеріалу та надання переваги адаптивним видам;</li> <li>Υ збереження старовікових лісостанів;</li> <li>Υ захист ключових видів;</li> <li>Υ охорона видів з найбільшою загрозою зникнення за межами їх оселищ;</li> <li>Υ недопущення фрагментації ландшафтів та підсилення екокоридорів.</li> </ul>

Амбітне бачення глобальних лісів у 2030 році відображено у першому в історії *Стратегічному плані ООН щодо лісів на 2017-2030 роки* (United Nations Strategic Plan for Forests 2017-2030, UNSPF), прийнятому Генеральною Асамблеєю ООН у квітні 2017 року. План містить шість глобальних лісових цілей і 26 пов'язаних з ними завдань, які є добровільними і універсальними. Головною метою до 2030 року є збільшення площі лісів на 3%, тобто на 120 млн гектарів, що удвічі перевищує площу Франції. UNSPF сприятиме запровадженню Інструменту щодо лісів ООН (United Nations Forest Instrument, UNFI), відомого як юридично не обов'язковий документ щодо всіх видів лісів (Non-Legally Binding Instrument on All Types of Forests, NLBI). Інструмент формує серію узгоджених стратегій та заходів на міжнародному і національному рівнях для поліпшення управління лісами, інвестицій у лісовий сектор. Стале управління лісами в умовах зміни клімату має регіональні відмінності. Стратегії адаптації і пом'якшення зміни клімату мають відповідати регіональним прогнозам та місцевим обставинам (Табл. 14).

<sup>38</sup> Вуглецевий слід (Carbon footprint) – міра парникових газів, що виділяються у процесі виробництва, використання і утилізації продуктів і послуг.

Табл. 14. Основні стреси для європейських лісів унаслідок зміни клімату та прогнозовані зміни

Стреси	Вразливіші регіони	Прогнозовані зміни
 <p>Бурі</p>	Помірний океанічний, південний бореальний і помірний континентальний	Просування буревіїв на північ у раніше не постраждали райони. Посилення інтенсивності буревіїв внаслідок збільшення швидкості вітру.
 <p>Шкідники</p>	Помірно континентальний, південний бореальний і середземноморський	Поява нових шкідливих видів. Міграція шкідників на північ або вищі висоти в горах. Скорочення циклів розмноження. Часті випадки відмирання дерев.
 <p>Посухи</p>	Середземноморський, помірно континентальний, помірні океанічний та бореальний	Збільшення частоти і тривалості посух через мінливість розподілу опадів. Зниження кількості опадів у Середземномор'ї призведе до зменшення доступності води.
 <p>Пожежі</p>	Середземноморський, помірно континентальний та бореальний	Різде зростання ризиків виникнення лісових пожеж по всій Європі. Збільшення тривалості пожежонебезпечного сезону. Зростання інтенсивності пожеж.

Підвищення температури повітря спричиняє тепловий стрес і впливає на динаміку популяцій комах, роблячи дерева більш вразливими до нападу шкідників. Вологі й непромерзлі ґрунти послаблюють закріплення коренів, що спричинює вітровали. Сухі умови підвищують ризики виникнення лісових пожеж у помірно континентальному і бореальному поясах. Впливаючи на окремі компоненти і властивості лісових екосистем, зміна клімату призводить до ускладнення лісокористування, що потребує активного втручання ефективних механізмів державного регулювання щодо адаптації до кліматичних змін. Така політика має бути спрямована на збереження і відтворення лісових ресурсів, розвиток ринкових інструментів, екологізацію податкової системи, створення системи екологічного страхування у сфері лісокористування тощо. За допомогою різних адаптивних заходів окремі ризики зміни клімату можна певною мірою нівелювати (Табл. 15).



Табл. 15. Деякі регіональні відмінності впливу зміни клімату та варіанти адаптації до них

Регіон	Вплив зміни клімату на ліси	Адаптивні заходи
Бореальний	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ зростання продуктивності лісів;</li> <li>Υ зменшення промерзання ґрунту;</li> <li>Υ часті бурі, пожежі, загибель комах.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ запровадження технологій рубок і транспортування лісоматеріалів із зменшенням впливу на ґрунт;</li> <li>Υ скорочення тривалості ротації та підвищення стійкості структури лісів.</li> </ul>
Помірний Атлантичний	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ зростання ризиків штормів, спалахів чисельності шкідників;</li> <li>Υ часті посухи;</li> <li>Υ зниження продуктивності;</li> <li>Υ зміни видового складу лісів.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ диверсифікація видового і вікового складу насаджень;</li> <li>Υ підбір відповідного генетичного матеріалу;</li> <li>Υ скорочення тривалості відновлення лісових насаджень.</li> </ul>
Помірний континентальний	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ зниження продуктивності лісів через посухи;</li> <li>Υ підвищення чутливості лісу до шкідників і вітрів;</li> <li>Υ порушення регенерації насаджень;</li> <li>Υ зростання ризиків пожеж.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ правильне управління стиглими і молодими насадженнями для поліпшення регенерації;</li> <li>Υ інтенсивне проріджування для збереження вологи.</li> </ul>
Середземномор'я	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ посилення посушливості, часті сильних посухи;</li> <li>Υ відмирання окремих видів, втрата біорізноманіття;</li> <li>Υ зростання небезпеки виникнення лісових пожеж та ерозії ґрунту.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ зменшення щільності навісу шляхом проріджування та обрізання;</li> <li>Υ триваліший період ротації;</li> <li>Υ застосування вогневих або інших методів управління лісовими пожежами.</li> </ul>
Гірський	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ зростання продуктивності лісів;</li> <li>Υ посилення стоку та ерозії ґрунту;</li> <li>Υ зміни вегетаційного клімаксу і видового складу;</li> <li>Υ зростання ризиків виникнення лісових пожеж, шкідників, вітровалів.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Υ просторова диверсифікація управління лісокористуванням для прискорення регенерації дерев, їх стійкості та захисних якостей, а також зменшення ризику розмноження короїдів.</li> </ul>

На саміті ООН зі сталого розвитку (Нью-Йорк, 2015) було затверджено *Глобальні Цілі сталого розвитку 2016-2030*. Ціллю 13 передбачено вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та її наслідками. Ціль 15 безпосередньо пов'язана з проблемами раціонального лісокористування, деградації земель і втрати біорізноманіття. До 2020 року має бути забезпечено збереження і відновлення наземних екосистем, у т. ч. лісових. Необхідно сприяти впровадженню методів раціонального використання всіх типів лісів, зупинити

збезлісення, відновити деградовані ліси та значно розширити масштаби лісонасадження і лісовідновлення в усьому світі. Мобілізувати ресурси з усіх джерел і на всіх рівнях для фінансування раціонального лісокористування, у тому числі з метою збереження та відновлення лісів.

### **8.3.1 Міжнародна співпраця щодо протидії зміні клімату**

Ключовим інструментом захисту клімату є *Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН)* (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), прийнята 1992 р. на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро та підтверджена Порядком денним на XXI століття. Сторонами Конвенції, яка набула чинності 21 березня 1994 року, нині є 193 країни. Метою РКЗК ООН є стабілізація концентрації ПГ у атмосфері на рівні, який не допускає небезпечного впливу на кліматичну систему. Такий рівень має бути досягнутий у строки, необхідні для природної адаптації екосистем до зміни клімату. Юридичним оформленням зобов'язань зі скорочення викидів ПГ став *Кіотський протокол до РКЗК ООН*, прийнятий 1997 року в японському місті Кіото. Тоді країни-учасниці взяли на себе зобов'язання скоротити або стабілізувати викиди ПГ протягом 2008-2012 рр. до рівня 1990 року. Кіотський протокол набув чинності 16 лютого 2005 року, а його сторонами є 191 держава та ЄС.

Кожна країна може зменшувати викиди ПГ різними шляхами – через скорочення виробництва і транспортного сектору, економне використання тепла і електроенергії, збільшення частки «зелених» технологій тощо. Євросоюзом було зроблено ставку на внутрішню торгівлю сертифікатами викидів, які «де факто» дають право на забруднення ними навколишнього середовища. Починаючи з 2005 р., кожне європейське промислове підприємство отримує певну кількість таких сертифікатів. Ті підприємства, які зменшували шкідливі викиди, наприклад, шляхом технологічних новацій, отримували право продавати залишкові сертифікати іншим фірмам, які перевищують норми наданого їм ліміту. Тобто на базі торгівлі квотами ініційовано європейський ринок сертифікатів та налагоджено співпрацю у справі скорочення викидів ПГ.

Серед лідерів світової економіки лише Євросоюз послідовно бере на себе зобов'язання зі скорочення викидів ПГ на міжнародному і національному рівні. 2009 року було затверджено *Whiter Paper «Адаптація до зміни клімату: на шляху до європейської рамкової програми дій»*, який є стратегією зменшення

вразливості Євросоюзу до впливу зміни клімату. Показово, що розвинуті європейські країни на законодавчому рівні закріпили національні цілі зі скорочення викидів ПГ навіть суворіші, ніж встановлені Кіотським протоколом. Механізм міжнародної торгівлі квотами на викиди ПГ реалізувався за схемою цільових екологічних (зелених) інвестицій – вкладання одержаних коштів у реальні проекти зі скорочення викидів або у суміжні екологічні проекти, моніторинг, наукові дослідження тощо. Кіотським Протоколом запущено *механізм спільного впровадження*, який передбачав зменшення викидів і абсорбцію ПГ в секторах економіки, а також передачу іншій країні або отримання від неї одиниць скорочення викидів і абсорбції, отриманих у результаті реалізації цих проектів.

Чорновий варіант угоди на «посткіотський» період було розроблено під час роботи 15-ї конференції ООН зі зміни клімату (Копенгаген, 2009). Наступний кліматичний саміт у м. Канкун (Мексика) ознаменувався укладенням *Канкунських угод* та заснуванням *Зеленого кліматичного фонду*. Основні положення Канкунських угод зводилися до надання фінансів і технологій для забезпечення виконання адаптаційних проектів у країнах, що розвиваються. Зелений кліматичний фонд (Green Climate Fund, GCF) мав до 2020 року розподілити \$100 млрд на допомогу слаборозвинутим країнам у боротьбі з наслідками глобального потепління, на захист тропічних лісів і технології вироблення чистої енергії. Під час роботи 17-ї Конференції (Дурбан, Південна Африка, 2011) було узгоджено низку рішень під назвою «*Дурбанська платформа*» щодо продовження на другий період виконання зобов'язань Кіотського протоколу. Було схвалено «дорожню карту» розроблення нового глобального договору з питань зміни клімату, а Кіотський договір подовжено ще на п'ять років.

На 20-му кліматичному саміті ООН (Нью-Йорк, 2014) було прийнято *Декларацію щодо лісів*, якою передбачено двократне скорочення втрати лісів до 2020 року та остаточне припинення цієї тенденції до 2030 року. Також заплановано відновити більше 350 млн га лісів, що дозволить скоротити викиди вуглекислого газу на 4,5-8,8 млрд т щороку. Це еквівалентно викидам мільярду автомобілів. Декларацію, яка не є юридично обов'язковим документом, було схвалено представниками транснаціональних корпорацій, харчової, паперової та інших галузей промисловості. 21 Конференція зі зміни клімату (Париж, 2015) відома прийняттям нової кліматичної угоди, що замінить Кіотський протокол з 2020 року. Головна мета нової угоди – утримати підвищення середньої температури в межах 2°C і спробувати скоротити його до 1,5°C. *Паризька угода за-*

*бороняє міждержавну торгівлю квотами.* На Конференції у Парижі було вре- шті офіційно визнано роль лісів у боротьбі зі зміною клімату. Це визнання гру-нтується на рамковій програмі ООН, схваленій у 2013 році, Reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD+), що означає скорочення вики-дів унаслідок знеліснення і деградації лісів. Уряди Німеччини, Норвегії й Вели-кобританії пообіцяли щорічну підтримку програми REDD+ для проектів лісо-відновлення в країнах, що розвиваються, у розмірі \$1 млрд щорічно до 2020 ро-ку. 22 квітня 2016 р. у штаб-квартирі ООН в Нью-Йорку відбулося урочисте підписання угоди представниками 175 країн, у т. ч. України. 4 листопада 2016 року Паризька Кліматична Угода набула чинності.

До кінця ХХ ст. теорія глобального потепління, парниковий ефект і ан-тропогенний вплив на клімат були лише спірними теоріями, що періодично ви-никали в наукових дебатах. У 1988 році в США була страшена спека, яка су-проводжувалася лісовими пожежами і величезними економічними збитками. Спеціальна комісія американського Сенату зробила доповідь про глобальне по-тепління, ефект CO<sub>2</sub> і катастрофічні наслідки для економіки. У тому ж 1988 ро-ці США ініціювали в ООН створення міжнародної організації, яка б займалася зміною клімату та прогнозувала сценарії глобального потепління. Нею стала Міжурядова панель зі зміни клімату (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), заснована Програмою ООН з навколишнього середовища (UN Environ-ment) і Всесвітньою метеорологічною організацією (World Meteorological Or-ganization, WMO) для регулярного проведення наукових досліджень, що стосу-ються зміни клімату, її наслідків і потенційних майбутніх ризиків, а також для вироблення адаптації і пом'якшення наслідків. Членами IPCC є 195 держав.

Починаючи з 1990 року, IPCC опубліковано п'ять всеосяжних доповідей з оцінками зміни клімату, а також низку спеціальних доповідей з конкретних тем. Викладені у першому звіті IPCC про оцінку змін клімату (1990) наукові докази мали визначальну роль для прийняття Рамкової конвенції ООН про зміну клі-мату. П'ята, остання, (2014) доповідь складається з трьох доповідей робочих груп, де розглядається чотири сценарії, за яких концентрація ПГ до 2100 року досягне різних значень. Вагомим науковим внеском у 24 конференцію зі зміни клімату (Катовіце, Польща, 2018) стала доповідь «Глобальне потепління на 1,5°C – спеціальний звіт IPCC про вплив глобального потепління на 1,5°C вище доіндустріального рівня та пов'язані з ним глобальні шляхи викидів парнико-вих газів у контексті посилення глобальної реакції на загрозу зміни клімату,

стійкий розвиток та зусилля по викоріненню бідності». У підготовці Доповіді взяли участь 91 автор і рецензенти з 40 країн світу.

У цій доповіді, першій із серії спеціальних доповідей у рамках підготовки шостого оцінного циклу ІРСС, наголошується на тому, що обмеження глобального потепління надало б людям і екосистемам більше можливостей для адаптації. Також розглядаються шляхи обмеження потепління до 1,5°C, що потрібно для їх досягнення і якими можуть бути наслідки. Аналізуються дії, необхідні для обмеження глобального потепління, які вже здійснюються в усьому світі, та необхідність їхнього прискорення. Йдеться про те, що обмеження глобального потепління до 1,5°C потребує швидких і далекосяжних перетворень у землекористуванні, енергетиці, промисловості, будівництві, транспорті та урбанізації. Глобальні антропогенні викиди діоксиду вуглецю має бути скорочено порівняно з рівнями 2010 року приблизно на 45% до 2030 року, досягнувши «чистого нуля» до 2050 року. Це означає, що будь-які залишкові викиди необхідно збалансувати шляхом видалення CO<sub>2</sub> з повітря.

У цьому контексті неабиякого значення набуває вироблення стратегії адаптивного лісокористування з метою підтримання послуг лісових екосистем та зниження ризиків деградації лісів. При цьому основні заходи з адаптації до зміни клімату спрямовуються на формування адаптаційного потенціалу і зниження вразливості екосистем до негативних факторів, підвищення їх спроможності протистояти стихійним лихам, а також можливості отримання вигід від змінених кліматичних умов. «Озеленення» лісового сектору, що розглядається з урахуванням багатофункціонального значення лісів, визначає важливість урахування у стратегії розвитку лісового господарства заходів, спрямованих на збільшення лісистості територій; підвищення стійкості й життєздатності лісів в умовах кліматичних змін; захист біорізноманіття; розвиток агролісівництва, плантаційного лісовирощування і екотуризму. Забезпечення лісоуправління на засадах сталого розвитку та попередження нелегальної заготівлі деревини має бути невід'ємною складовою стратегічних пріоритетів адаптивного лісокористування.

### ***8.3.2 Вплив зміни клімату на якість екосистемних послуг лісів***

У найширшому трактуванні екосистемні послуги (ЕП) – це усі блага, які люди отримують від екосистем. Дискусії на цю тему розпочалися у 1970 р., коли у доповіді «Вивчення критичних екологічних проблем», присвяченій висвіт-

ленню впливу людини на глобальне довкілля, було перелічено послуги комах-запилювачів, рибальства, регулювання клімату та боротьби з повенями. Тоді вперше було використано поняття «екологічні послуги». Пізніше з'явився термін «природний капітал» – як той, що надається природою, а не людиною. Дискусії наступних років остаточно визначили стандартним термін «*екосистемні послуги*» (*ecosystem services*). У наукових колах досі немає єдності у трактуванні ЕП – їх часто ототожнюють з екосистемними функціями, природними ресурсами, природним капіталом. Відомий американський дослідник у сфері екологічної економіки Роберт Костанца визначає ЕП як умови та процеси, через які природні екосистеми підтримують і забезпечують людське життя. Екосистемні послуги складаються з потоків речовини, енергії та інформації із запасів природного капіталу. Приблизну вартість глобальних ЕП 1997 року було оцінено у \$33 трлн щороку, що значно перевищувало світовий ВВП на той час. Сприяючи добробуту людей прямо і опосередковано, ЕП є невід'ємною складовою загальної економічної цінності планети.

У доповіді ООН «Millennium Ecosystem Assessment» (Оцінка екосистем на порозі тисячоліття), опублікованій 2005 року, визначено чотири категорії ЕП, а саме:

- ☞ *забезпечувальні* (provisioning services) – послуги від продукції, яку надають екосистеми: продовольство, вода, деревина, волокно, паливо, генетичні ресурси, питна вода;
- ☞ *регулювальні* (regulating services) – послуги екосистемних процесів: формування клімату, захист від повеней та інших стихійних лих, контроль захворювань, поглинання відходів, очищення води і повітря, боротьба зі шкідниками;
- ☞ *культурні* (cultural services) – внесок екосистем у культурні, духовні й естетичні аспекти людського добробуту: емоції від спілкування з природою, відчуття місцевості, середовище для формування звичаїв і традицій;
- ☞ *підтримувальні* (supporting services) – послуги, які забезпечують основні екосистемні процеси: формування ґрунту, первинна продуктивність, кругообіг поживних речовин, фотосинтез.

Найбільшу загрозу якості наданих суспільству послуг лісових екосистем становлять такі чинники, як незаконні рубання, фрагментація лісових масивів унаслідок відчуження земель під забудову, будівництво автодоріг, рекреаційно-відпочинкові зони, неконтрольована заготівля недеревної лісової продукції та

зміна клімату. Перспективи подальшого посилення конкуренції між різними формами лісокористування можуть призвести до конфлікту інтересів і додаткового пресингу на лісові екосистеми.

Нераціональне лісокористування, що призводить до виснаження і погіршення якості лісових ресурсів, спричинює екологічні конфлікти, які можуть виникати між різними лісокористувачами, меншою мірою – між лісокористувачами і територіальними рекреаційними системами. Коли зростання антропогенних навантажень на природну складову досягає критичних значень, одночасно відбувається порушення природного лісовідновлення та зниження рекреаційної цінності лісів. Лісокористувачі часто конфліктують з іншими видами природокористування, які впливають на ліси опосередковано. Найпоширенішою причиною лісових конфліктів є вирубка лісів для отримання деревини, особливо незаконна і у великих масштабах.

Наслідки конфліктів природокористування, підсилені зміною клімату, часто стають катастрофічними. Яскравим прикладом цього є нищівні лісові пожежі, які охопили низку регіонів в джунглях басейну річки Амазонки у серпні 2019 року. Дощові ліси Амазонки називають «легенями планети», адже вони виробляють 20% кисню земної атмосфери і суттєво впливають на перебіг зміни клімату. Через масштабні лісові пожежі Бразилії загрожує екологічна катастрофа. За даними Національного інститут космічних досліджень Бразилії, влітку 2019 року лісових пожеж зафіксовано на 83% більше, ніж за аналогічний період 2018 року. Тільки 20 серпня там було зафіксовано майже 73 тисячі осередків вогню. Пожежі пов'язують з новою політикою президента Бразилії, який оголосив про зміну політики уряду щодо стримування вирубки Амазонських джунглів та відкриття штатів Амазонії для заготівлі деревини і фермерства. В результаті кількість лісових пожеж в Бразилії у 2019 році стала рекордною за увесь час спостережень, які ведуться з 2013 року.

Підраховано, що за останні 50 років унаслідок антропогенного втручання деградувало 60% всіх видів послуг, які надають екосистеми. Понад 2 млрд га деградованих і знеліснених земель планети втратили спроможність приносити людям користь. Механізм послуг лісових екосистем полягає у взаємодії лісу з атмосферою, водою, ґрунтом та у підтриманні їх якісних і кількісних параметрів на оптимальному екологічному рівні. Під послугами лісових екосистем розуміють рекреаційну (оздоровчу) цінність лісових масивів, захист ґрунтів від ерозії, підвищення урожайності сільськогосподарських культур, збереження

біорізноманіття, регулювання водостоку, продукування кисню, поглинання двоокису вуглецю тощо. Лісові екосистеми відбивають і поглинають сонячну радіацію, затримують частину атмосферних опадів, конденсують водяну пару, затримують пил, переводять поверхневий стік у внутрішньогрунтовий.

Отже, такі ЕП лісів, як поглинання двоокису вуглецю і регулювання водного стоку, належать до регулювальних, тоді як збереження біорізноманіття – до забезпечувальних послуг (Табл. 16).

Табл. 16. Основні забезпечувальні ЕП лісів та відповідні індикатори

<b>ЕП</b>	<b>Структура</b>	<b>Функція</b>	<b>Вигода</b>	<b>Вартість</b>
Деревина	Насадження, у яких проводяться рубки головного і проміжного користування	Приріст запасів, ведення лісового господарства	Отримання різної деревини	Економічна вартість торгівлі деревиною, зайнятість у лісогосподарстві
Гриби і ягоди	Оселища ягід і грибів	Заготовлений урожай (комерційний і для власного вжитку)	Середній річний урожай	Продаж ягід і грибів, позитивний вплив на здоров'я людей
Дичина	Оселища диких звірів і птахів	Відтворюваність популяцій, багатство дикої природи	Полювання на дичину	Вартість полювання, оздоровлення, культурні цінності
Чиста вода	Водні об'єкти, підземні горизонти, водноболотні угіддя	Стан поверхневих і ґрунтових вод, запаси чистої води, спроможність до очищення води	Використання прісної води	Вартість господарського і побутового водокористування, вплив на здоров'я
Біоенергетична сировина	Ділянки лісів, що використовуються для біоенергетики	Річний приріст біомаси (пеньки, порубкові залишки)	Заготівля, вміст енергії	Вартість виробленої енергії, зайнятість
Сільськогосподарські культури	Площі, на яких культивуються культури під захистом лісів і полезахисних смуг	Динаміка поживних речовин, урожайність, використання добрив і пестицидів	Збір врожаю	Прибуток від ведення агролісівництва і сприятливого мікроклімату агроландшафтів
Генетичний матеріал	Кількість і якість деревних порід	Генетичне різноманіття, еволюція	Потенціал для лісорозведення, використання генетичного різноманіття	Внутрішня цінність генетичного різноманіття та еволюції

На особливу увагу заслуговують такі послуги лісових екосистем, як водохоронні, збереження біорізноманіття і поглинання CO<sub>2</sub>, оскільки ці ЕП швидко



деградують, а то й взагалі втрачаються, що своєю чергою зумовлює небезпечні явища, повені та зсуви, а на глобальному рівні – кліматичні зміни. Більшість забезпечувальних послуг мають ринкову оцінку, але далеко не всі. Підтримувальні послуги лісових екосистем впливають на добробут людей опосередковано, уможливаючи формування забезпечувальних, регулювальних і культурних ЕП. Значна частина послуг лісових екосистем не є продуктами споживання чи предметами використання, але якість життя людей фундаментально залежить від потоку цих послуг (Табл. 17).

Лісова опікунська рада FSC розпочала розроблення критеріїв сертифікації окремих ЕП лісів. *Сертифікація екосистемних послуг* – новий напрям, що має на меті збереження цих послуг у процесі управління лісами. Замовниками такого роду сертифікації можуть бути державні й муніципальні організації, донори природоохоронних проектів. FSC розробила розширення стандарту, пов'язані з сертифікацією ЕП, що має бути логічним переходом від традиційної вже лісової сертифікації на вищий рівень. Протягом 2011-2017 років реалізовано проект «Forest Certification for Ecosystem Services (ForCES)» – Лісова сертифікація для екосистемних послуг. FSC і партнерські організації аналізували і випробовували на місцях інноваційні способи оцінки і заохочення надання найважливіших ЕП, таких як збереження біорізноманіття, захист водозбірних басейнів і зберігання вуглецю. У фінальному звіті, опублікованому 2018 року, йдеться про те, що лісовим екосистемам найбільше загрожують вирубування, фрагментація і деградація. Інструменти сертифікації екосистемних послуг FSC сприятимуть сталому розвитку, скороченню збезлісення і деградації лісів.

Першу в світі сертифікацію екосистемних послуг FSC-PRO-30-006 для збереження цінних послуг лісових екосистем було запущено 21 серпня 2018 року. Нова процедура сертифікації ЕП забезпечує глобальний підхід, який власники сертифікатів FSC можуть використовувати для демонстрації впливу своєї діяльності з управління лісами на екосистемні послуги. Зокрема, процедура FSC може бути використана для підтвердження внеску в боротьбу зі зміною клімату шляхом позитивного впливу на вуглецеві та неуглецеві вигоди від скорочення збезлісення і деградації лісів.

Наприклад, у *Мексичі* створено Біокліматичний фонд, який акумулює і перерозподіляє кошти, отримані від іноземних покупців «одиниць скорочення викидів», між власниками кавових плантацій. Власники, своєю чергою, за це

виділяють 20% своїх земель під лісонасадження. Подібні схеми застосовуються у Європі під назвою агро-природоохоронних платежів.

Табл. 17. Підтримувальні послуги лісових екосистем та відповідні індикатори

<b>ЕП</b>	<b>Структура</b>	<b>Функція</b>	<b>Вигода</b>	<b>Вартість</b>
Утримування води	Неосушені болота, ліси, внутрішні води	Час затримки	Контроль водних потоків	Уникнення витрат на боротьбу з повеннями
Очищення води	Незаймані оселища, ліси, болота, внутрішні водойми	Продуктування ґрунтових вод	Якість ґрунтових і поверхневих вод	Вартість запасів якісних ґрунтових і поверхневих вод
Регулювання клімату	Оселища, які зберігають вуглець (ліси, болота, внутрішні води)	Вуглецевий баланс, коефіцієнт захоплення вуглецю	Регулювання клімату, стабільний клімат	Уникнення витрат на подолання негативних наслідків зміни клімату
Поглинання азоту	Рослини, що фіксують азот	Коефіцієнт фіксації азоту	Покращення балансу поживних речовин і якості ґрунтів	Уникнення витрат на використання добрив
Боротьба з ерозією	Тип рослинного покриву	Коефіцієнт утримання часток ґрунту	Запобігання ерозії, покращена якість вод	Уникнення витрат на протиерозійні заходи, вартість якісної води
Якість ґрунтів	Функціональне різноманіття ґрунтових організмів	Обіг речовин	Покращення якості ґрунтів	Уникнення витрат на меліоративні заходи
Утримання поживних речовин	Тип рослинного покриву (ліси, сільськогосподарські угіддя)	Коефіцієнт утримання поживних речовин	Покращення якості води і ґрунтів	Уникнення витрат на використання добрив і захист водойм
Адсорбція відходів	Екосистеми, ґрунтові організми	Розкладання відходи завдяки біологічним і біохімічним процесам	Очищення вод і ґрунтів	Вартість чистої води і ґрунтів, уникнення витрат на управління відходами
Запилення	Оселища запилювачів	Запилення	Збільшення врожаю	Вартість додаткового врожаю
Якість повітря	Зелені зони міст	Поглинання забруднювальних речовин	Поліпшення стану повітря	Цінність чистого повітря для здоров'я, уникнення медичних витрат
Зменшення шуму	Лісова рослинність міст	Поглинання звуків	Зниження рівня шуму	Цінність комфортного середовища, уникнення медичних витрат

В *Болівії* реалізується великомасштабний карбоновий проект, де зацікавленою стороною є національний парк Noel Kempff Mercado. За здійснення заходів зі збереження лісів парк отримує \$9,6 млн за 15 років. Підраховано, що за цей час ліси парку абсорбують приблизно 26 млн т CO<sub>2</sub>. Німецьке Агентство розвитку (GTZ) інвестує в проект з охорони 120 тис га пралісів *Аргентини*.

Отже, надмірне антропогенне навантаження на лісові екосистеми в решті-решт призводить до *зnelіснення* – повного знищення лісової рослинності та переведення земель у інший тип господарського використання. Серед наслідків *зnelіснення* головними є такі:

- зниження кількості органічної речовини, порушення природних кругообігів, зміна хімічного складу атмосфери;
- зміна клімату на локальному, регіональному і глобальному рівнях;
- зменшення біорізноманіття рослинного і тваринного світу.

На ділянках, позбавлених лісової рослинності, має здійснюватися відновлення лісів. Власники лісів і постійні лісокористувачі зобов'язані дбати про збереження біорізноманіття на генетичному, видовому, популяційному і екосистемному рівнях, зокрема такими шляхами:

- створення на цінних ділянках природоохоронних територій;
- збереження об'єктів цінного генофонду лісових порід шляхом створення генетичних резерватів, колекційних лісових ділянок, насінневих плантацій);
- недопущення генетичного забруднення генофондів аборигенних порід та інвазій інтродукованих видів у природні екосистеми;
- застосування екологічно орієнтованих способів відтворення лісів;
- забезпечення охорони рідкісних і зникаючих видів тваринного і рослинного світу, рослинних угруповань і пралісів.

Раціональне лісокористування має спиратися на обґрунтоване нормування вирубок і повне використання лісової продукції. Норми вирубок мають враховувати фактичну і оптимальну лісистість у кожній конкретній місцевості з метою унеможливлення *зnelіснення* одних регіонів і утворення перестійних лісів – у інших. Лісоохоронні заходи мають бути спрямовані на захист лісів від пожеж, незаконних рубок, шкідників і хвороб тощо та базуватися на принципах сталого лісокористування щодо пріоритетності природного поновлення лісових ресурсів, збереження родючості лісових ґрунтів і культурної лісової спадщини, а також системного моніторингу стану лісів.

Ліси відіграють вкрай важливу роль у регулюванні клімату: їх разом з океанами планета використовує для виведення вуглекислого газу з атмосфери. Вуглець зберігається деревами і лісовими ґрунтами; світові ліси містять приблизно стільки ж вуглецю, як і вся атмосфера. Екосистеми планети, які сприяють пом'якшенню зміни клімату, постійно зазнають стрес від діяльності людини, але вплив на здатність лісів зберігати вуглець є особливо небезпечним. З 1750 року світ втратив майже третину своїх лісів. Там, де лісовий покрив все ще збережено, його здатність уловлювати вуглець та біорізноманіття значно зменшилися у багатьох регіонах світу. Тому припинення деградації лісів є необхідним елементом успішного глобального порядку денного для запобігання підвищення глобальної температури на 2°C. Забезпечення якості лісового покриву за рахунок сталого управління лісом обидва є ефективним кроком для пом'якшення зміни клімату. Стале управління лісами має відновити функцію захоронення вуглецю, і це є найважливішим для захисту лісів.

### **Запитання і завдання для самоконтролю**

1. Розкрийте цінність лісу як важливого компоненту біосфери та геоекологічні функції лісів.
2. Охарактеризуйте основні фази ресурсного циклу лісоматеріалів та їх вплив на лісові біоценози.
3. На чому базуються Європейські стандарти лісокористування? Поясніть.
4. Як зміна клімату впливає на стан лісових екосистем? Що означає ведення кліматично орієнтованого лісового господарства?
5. Розкрийте значення Стратегічного плану ООН щодо лісів на 2017-2030 рр.
6. Проаналізуйте відомі вам документи міжнародної співпраці країн у протидії зміні клімату. Чи можна вважати їх дієвими? Обґрунтуйте.
7. Що є головною метою Паризької кліматичної угоди? Згадайте, як вона приймалася і ратифікувалася.
8. Як зміна клімату впливає на якість екосистемних послуг лісів? За яких умов наслідки стають катастрофічними?
9. На вашу думку, чи допоможе збереженню екосистемних послуг їх сертифікація у процесі управління лісами? Обґрунтуйте.

## 9 ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИРОДООХОРОННОЇ ГАЛУЗІ

Об'єктами природоохоронного природокористування є як природні, так і слабо змінені людиною ландшафти, а основними функціями – збереження еталонних ландшафтів або їх окремих компонентів, а також найповнішого генофонду систематичних груп організмів. Серед додаткових (або допоміжних) функцій виділяють рекреаційні, освітні, науково-дослідні, а також окрему функцію охорони природно-історичних цінностей. Виконання цих функцій можливо лише за умови повного або часткового обмеження господарської діяльності на охоронюваних територіях.

Найбільш чутливим до будь-яких негативних впливів компонентом природного середовища є біота, яку людина почала використовувати у своїх цілях з моменту виникнення людства. Антропогенний тиск на біоту – рослинний і тваринний світ – безперервно посилювався з ростом чисельності й потреб суспільства. Розрізняють пряме використання живих організмів і вироблених ними продуктів (їжа, сировина, будівельні матеріали) та використання опосередковане – у якості джерела кисню для дихання, регуляції стоку, захисту від дії вітру, задоволення естетичних потреб.

Важливість природної біоти для людини і господарства важко переоцінити: вона є базисом сільського і лісового господарства; потужним ресурсом для медицини; у багатьох випадках – комерційним стимулятором спортивного бізнесу, рекреаційної діяльності, задоволення естетичних і наукових потреб тощо. Рослинний покрив є фактором запобігання ерозії, збереження орного шару ґрунту, забезпечення інфільтрації і поповнення запасів ґрунтових вод, зниження поверхневого стоку, підтримання кругообігу біогенів у екосистемах. Біота безперервно відтворює деревину, диких звірів і птахів, рибу тощо.

Геоєкологічні функції дикорослої трав'янистої рослинності зводяться до забезпечення потреб людини технічною, лікарською, харчовою та іншою сировиною, продуктами бджільництва, мисливства і рибальства, а також ресурсами для випасання худоби. Провідна роль належить цінним кормовим рослинам, меншою мірою – лікарським, технічним, декоративним, харчовим, медоносним та іншим. Надмірне, неощадливе і спрощене використання трав'янистих дикорослих видів протягом тривалого часу призвело до їхнього виснаження і деградації. Знищення людиною лучної рослинності спричинило істотне зниження продуктивності кормових ресурсів природних лукопасовищних угідь.

## 9.1 Тваринний і рослинний світ: усвідомлення глобальних загроз

Найбільшого антропогенного пресингу зазнала природна рослинність степів, особливо протягом останніх 200 років. Степовий цілинний травостій знищувався спочатку надмірним випасом худоби, регулярним сінокосінням, пізніше – тотальним розорюванням, будівництвом міст, промислових об'єктів, транспортних магістралей тощо. Наслідком зникнення степового природного рослинного покриву стало висушування ґрунтів, різке зменшення поверхневого і підземного стоку.

Природні рослинні угруповання, залежно від місць зростання, потребують різних заходів щодо їх збереження, охорони і відновлення. У межах степових ділянок важливо заборонити необґрунтоване заліснення, регулювати випас худоби, запобігати активізації ерозійних процесів, підвищувати продуктивність ресурсів корисної флори, формувати мережу природоохоронних територій (ПОТ) і об'єктів. На болотах першочерговими заходами мають бути реставрація меліорованих болотних масивів та відновлення їхнього гідрологічного режиму, в плавнях – відтворення плавневих фітоценозів з включенням їх у мережу природних коридорів. Щодо прісноводних водойм і морських акваторій, невідкладні зусилля мають бути спрямовані на запобігання антропогенній евтрофікації водойм і подальшій деградації водної рослинності, а на солонцях і солончаках – на унеможливлення підтоплення і відновлення фітомеліоративної функції рослинного покриву. У межах ПОТ важливо продовжувати і розвивати роботи з ідентифікації, наукової паспортизації, розмноження рідкісних і зникаючих видів рослин.

Тваринний світ також виконує низку важливих геоecологічних функцій. Середовищетвірна функція полягає у підтриманні тваринами цілісності природного середовища через участь у біотичному кругообігу речовини і енергії. За участі тварин формуються хімічний склад ґрунтових вод і самих ґрунтів, осадові гірські породи (вапняки, крейда, фосфорити), розподіляються плоди і насіння. Тварини беруть активну участь у процесах очищення екосистем: детритофаги і редуценти споживають мертву органіку; процеси самоочищення починаються з копрофагів і продовжуються аж до ґрунотворних процесів на рівні найпростіших, дощових черв'яків, кліщів, комах. У процесі самоочищення водних екосистем величезною є роль фільтраторів – губок, моховаток, двостулкових молюсків. Представники ряду перетинчастокрилих – бджолині – є основними природними запилювачами дикорослих і культурних квіткових рослин.

Ресурси тваринного світу, як й інші біотичні ресурси, є відновними лише кількісно, а не якісно, тобто втрачені види не відновлюються. Людина впливає на тварин безпосередньо шляхом знищення і опосередковано – через зміну умов їхнього існування (розорювання степів, осушення боліт, спорудження гребель, повсюдне забруднення ґрунтів, водойм і повітря тощо). Прямий вплив пов'язаний з усвідомленими (полювання, рибальство) чи непередбачуваними діями людини. Свідомі дії зазвичай не мають на меті негативно вплинути або знищити представників тваринного світу, а неусвідомлені дії спричинюють вторинні процеси деградації зооценозів. Це, наприклад, такі дії:

- блокування технічними спорудами (дамбами, насипами, транспортними магістралями, кар'єрами, відвалами, каналами) шляхів міграції тварин;
- ускладнення пересування тварин для задоволення ними репродуктивних функцій (каскади водосховищ, що перешкоджають нересту риби);
- порушення умов мешкання тварин – усі види забруднення, кислотні опади, шуми, вибухи, вібрація тощо;
- гіпертрофія кількості популяцій окремих біологічних видів, які, на думку людини, є «кориснішими», ніж інші види;
- порушення екологічної рівноваги через вилучення частини популяцій або інтродукцію чужорідних для даної екосистеми видів.

Поступове руйнування людиною довкілля зменшує кількість місць, де може існувати дика природа. Фрагментація оселищ часто розділяє великі популяції диких видів на кілька дрібніших, що є одним з основних факторів зниження чисельності й зникнення видів. Вирубання лісів, розширення сільськогосподарства, урбанізація і фрагментація оселищ значно скорочують ресурси, доступні для дикої природи. Утворені внаслідок фрагментації дрібніші оселища підтримують менші популяції, які з великою ймовірністю вимирають. До зникнення деяких видів призводить надмірна експлуатація тварин і рослин, коли її інтенсивність перевищує здатність видів до відновлення. Наприклад, надмірний промисел таких морських хижих риб, як тунець і лосось, за останнє сторіччя призвів до зменшення їхніх розмірів і чисельності. Серйозною загрозою, особливо для рідкісних і зникаючих видів, є браконьєрство та незаконна торгівля дикими тваринами.

Руйнування оселищ диких видів також спричинює зміна клімату – це і підвищення температури, танення крижаних щитів, зміни кількості опадів, сильні засухи, часті хвилі спеки, посилення штормів і підвищення рівня моря. Ви-

ди, неспроможні впоратися з такими наслідками зміни клімату, мігрують у пошуках кращих умов існування і часто зникають. Через людську діяльність швидкість зникнення видів приблизно у 1000 разів перевищує т. зв. фонову швидкість, яка відбувається природно, без додаткового впливу. Згідно даних МСОП, з усіх оцінених видів більше 28 тис (27% оцінених видів) перебувають під загрозою зникнення; з них 25% – ссавці, 14% – птахи і 40% – амфібії.

У оприлюдненому в травні 2019 р. першому звіті ООН із біорізноманіття стверджується, що дикі види вимирають у десятки або навіть сотні разів швидше, ніж у минулому, і причиною цього є діяльність людей. За даними звіту, понад півмільйона наземних видів мають недостатнє природне середовище для тривалого виживання. Якщо їхнє середовище не буде відновлене, то вони, ймовірно, вимруть упродовж десятків років. Причому в океанах ситуація не краща. Вимирання загрожує майже мільйону видів рослин і тварин із близько 8 млн видів, що існують на Землі.

До порушення умов існування рослин і диких тварин, руйнування усталених біотичних зв'язків у екосистемах також призводить ненормоване рекреаційне навантаження на природні ландшафти. Навіть помірна рекреаційно-туристична діяльність спричинює зміни видового складу і чисельності популяцій, спрощення структури біоценозів. У лісі, де систематично відпочивають люди, витоптується трав'яний покрив, рідшає, а потім повністю зникає підлісок і підріст. Внаслідок розрідження підліскового ярусу і порушення надґрунтового покриву деградують природні кормові ресурси, погіршуються умови розмноження птахів і звірів. Крім того, важливим фактором негативного впливу рекреаційної активності є засмічення території різноманітними відходами.

Наприклад, у період масового будівництва гірськолижних комплексів протягом 1955-1985 рр. тільки у Швейцарських Альпах було створено понад 1300 різних транспортних споруд; при прокладанні лижних трас було здійснено вирівнювання (згладжування) рельєфу на площі не менше 1500 га; викорчувано ліси. В результаті посилилися ерозійні процеси, різко зросла небезпека сходу лавин, змінився місцевий стік, зросла загроза існуванню видів флори і фауни (Рис. 116). Нині навантаження на альпійські гірські екосистеми досягло критичної межі, а негативні наслідки знижують атрактивність території для самого туризму. Найвища вершина світу – Еверест – стала величезним звалищем. Чим більше альпіністів її підкорюють, тим більше сміття вони там залишають. Прокладений до вершини маршрут засмічений кинутими наметами, спорядженням,



порожніми кисневими балонами і людськими екскрементами (Рис. 117). У червні 2019 року, після розпалу сезону альпінізму, департаментом туризму уряду Непалу протягом декількох тижнів на схилах Евересту було зібрано 11 т сміття.



Рис. 116. Ерозія на схилах Швейцарських Альп



Рис. 117. Сміттєвий шлях до Евересту

Нормальною практикою збереження видів є захист їхнього середовища існування. Іноді це ефективніше, ніж зосередження уваги на одному виді, особливо якщо даний вид має специфічні вимоги до свого життєвого середовища. Особливо це стосується видів, що мешкають у «гарячих точках» біорізноманіття, де висока концентрація ендемічних видів. Наприклад, червононосий дятел (*Picoides borealis*) перебуває під загрозою зникнення на південному сході США (Рис. 118). Він живе тільки у зрілих соснових лісах. Нині ці оселища є рідкісними, оскільки соснові ліси вирубані під сільськогосподарські угіддя. Дятла можна зустріти лише на військових базах, де соснові ліси збережено в цілях військової підготовки. Американські військові докладають зусиль для збереження рідкісних оселищ проживання, встановлюючи у стовбурах дерев штучні порожнини для збільшення популяції дятлів.

На виживання диких видів доволі сильно впливає генетичне різноманіття. Високе генетичне різноманіття збільшує виживаність, підтримуючи здатність адаптуватися до змін навколишнього середовища. Більшість видів, що перебувають під загрозою зникнення, мають низьке генетичне різноманіття. Тому найкращим заходом зі збереження таких видів є відновлення їх генетичного різноманіття. Наприклад, флоридська пантера є підвидом пуми (*Puma concolor coryi*), яка мешкає у штаті Флорида і нині перебуває під загрозою зникнення (Рис. 119). Історично ареал флоридської пантери покривав увесь південний схід США. На початку 1990-х років залишилася тільки одна популяція з 20-25 осо-

бин, що мала дуже низьке генетичне різноманіття і безліч генетичних проблем. З метою збільшення генетичного різноманіття шляхом введення генів з іншої популяції пуми, у 1995 р. вісім самок техаських пум було переселено у Флориду. До 2007 року чисельність популяції пантери у Флориді потроїлася, а у нащадків збільшилася народжуваність і поменшало генетичних проблем. За даними Служби охорони рибних ресурсів і дикої природи США, у 2015 році налічувалося 230 дорослих пантер, з усіма ознаками розширення популяції.



Рис. 118. Червононосий дятел



Рис. 119. Флоридська пантера

Першою міжнародною угодою зі збереження диких видів і охорони біорізноманіття можна вважати Міжнародну конвенцію з охорони птахів, підписану низкою країн в Парижі у 1902 році. Конвенція стала першою своєрідною Червоною книгою, з якої було розпочато історію Червоних книг світу. У 1948 р. на Міжнародній конференції у Фонтенбло (Франція) було утворено Міжнародну спілку охорони природи, яка згодом отримала назву Міжнародний союз охорони природи і природних ресурсів (МСОП) (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN). Цей консультативний орган ООН з питань охорони природи у 1949 р. створив постійну Комісію служби виживання для формування анотованих списків рідкісних і зникаючих видів рослин і тварин. Комісія, відома як Комісія з рідкісних та зникаючих видів, розпочала всесвітній перепис зникаючих видів світової флори і фауни. Отримані з різних країн світу відомості про біологію видів і популяцій, їхній екологічний статус тощо лягли в основу створення Міжнародної Червоної книги, яка стала своєрідним символом небезпеки, тривоги, попередження.

Найповнішим джерелом інформації про глобальний статус збереження видів тварин, рослин і грибів є Червоний список МСОП (IUCN Red List of Threatened Species). Він видається з 1964 року і базується на суворих критеріях

оцінки статусу видів та ризику їхнього зникнення в усьому світі. Критерії є універсальними і можуть бути застосовані для будь-якого виду в будь-якому регіоні світу. Метою створення Червоного списку є визначення і оприлюднення ступеня загрози для існування тих чи інших видів, а також надання відомостей, необхідних для їх збереження. Наразі Червоний список МСОП є найбільш авторитетним джерелом оцінки статусу світового біорізноманіття та об'ємною електронною базою даних. Це набагато більше, ніж просто список видів зі статусом, це ще й потужний інструмент для активізації дій зі збереження біорізноманіття. Список надає інформацію про ареали, розміри популяції, оселища, використання або торгівлю, загрози і заходи щодо збереження, що допоможе прийняти необхідні рішення.

Охорона світових біотичних ресурсів регламентована численними міжнародними угодами, до яких приєдналася і Україна, зокрема:

- У Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення як середовища існування водоплавних птахів (The Convention on Wetlands of International Importance, especially as Waterfowl Habitat) (Рамсарська конвенція, 1971);
- У Конвенція про міжнародну торгівлю рідкісними видами дикої фауни і флори, які перебувають під загрозою зникнення (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES) (Вашингтон, 1973);
- У Конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин (The Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals) (Боннська конвенція, 1979);
- У Конвенція про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (The Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats) (Бернська конвенція, 1979);
- У Конвенція про біологічне різноманіття (The Convention on Biological Diversity) (Ріо-де-Жанейро, 1992).

Важливим шляхом забезпечення тварин від прямого знищення є обмеження обсягів добування промислових видів. З цією метою розробляються допустимі норми вилучення видів з популяції, а також встановлюється оптимальна щільність популяцій, за якої зберігається нормальна життєздатність і водночас забезпечується отримання максимальної продукції. Безконтрольне полювання, коли до уваги не беруться ані чисельність тварин, ані природний приріст, ані

пропускна спроможність на сезон полювання, призводить до скорочення і навіть зникнення популяцій. Численні випадки браконьєрства трапляються кожного року, навіть у межах ПОТ.

Захист тварин від різних опосередкованих впливів передбачає, серед іншого, боротьбу з небезпечними видами, якими вважаються окремі хижаки, шкідники сільськогосподарських культур і лісу, паразити людини, свійських і диких тварин (гризуни, кліщі, комахи, паразитичні черви). Однак у природі не існує «абсолютно шкідливих» видів, бо вони пов'язані ланцюгами живлення, які зруйнуються через зникнення будь-якої ланки. Тому не бездумне знищення, наприклад, хижаків, а розумне регулювання чисельності є правильним шляхом у вирішенні даного питання.

Прикладом такого бездумного знищення та його наслідків є експеримент щодо боротьби з малярією на острові Калімантан в Індонезії у 1970-ті роки. Для того, щоб позбутися комарів-переносників малярії, було здійснено обробку місцевості пестицидом ДДТ, після чого на острові сталися непередбачувані події. Спершу обвалилися дахи будинків місцевих жителів, потім масово загинули коти, і в решті-решт на острів прийшла чума. А все тому, що, окрім комарів, ДДТ з'їли також і таргани. Вони не загинули, але стали менш рухливими і тому доступними для ящірок. Концентруючись в організмах ящірок, ДДТ викликав нервові розлади і послаблення рефлексів, тому ящірки частіше ставали жертвами котів. Знищення ящірок дозволило розмножитися гусені, що руйнувала дахи будинків з тростини, спричиняючи обвали. Коти, отруєні ДДТ, почали гинути, і незабаром не стало кому регулювати чисельність пацюків, які заповнили острів. Блохи, у яких з пацюками існував постійний симбіотичний зв'язок, виявилися носіями чумної палички. Отже, внаслідок необґрунтованих дій жителі острова замість малярії отримали іншу, небезпечнішу хворобу – чуму.

Поширеним способом підвищення продуктивності мисливських угідь є інтродукція промислових видів у трансформовані людиною екосистеми. *Інтродукція* (від лат. *introductio* – введення) – це початкова фаза акліматизації, тобто переселення окремих видів за межі їх природних ареалів. Введення нового виду в екосистему супроводжується переважно негативними наслідками. Новий вид змінює усталені трофічні зв'язки, спричиняючи перебудову структури екосистеми та порушуючи її рівновагу. Інтродуковані особини змушені знаходити екологічну нішу для свого існування, вступаючи у конкуренцію з місцевими видами. Наприклад, американська норка (*Mustela vison* Schreber), випущена у

ареалі європейської (*Mustela lutreola* L.), витіснила її з біотопів, що стало однією з причин скорочення аборигенного виду.

*Акліматизація* (від лат. *ad* – до, при і грец. *clima, climatis* – клімат) – процес пристосування організму до нових умов існування, де лімітуючими екологічними факторами є наявність кормової бази, її якість і доступність. Пом'якшити вплив несприятливих чинників нового середовища протягом перших років пристосування можливо за допомогою проведення біотехнічних заходів – створення порхалищ, солонців, кормових полів; посадка рослин для укриття тварин тощо. Успіх акліматизації значною мірою залежить від правильного підбору видів, з урахуванням їхньої реакції на кліматичні, ґрунтові та інші абіотичні фактори. Зазвичай заселення нового виду порушує екологічну рівновагу, руйнує усталені харчові ланцюги, призводить до витіснення аборигенних видів. Тому акліматизація вимагає надзвичайної обережності й прогнозування можливих наслідків не лише для видів, але й для природного середовища. Процес вважається завершеним, коли популяція набуває здатності підтримувати свою чисельність у нових оселищах.

Для видового збагачення біоценозів і повнішого використання біопродуктивності екосистем застосовують *реакліматизацію* – заселення окремих видів у місцевість, де вони мешкали раніше, а також відновлення на певній території місцевих видів, що зникають або вже зникли. Фауна є також джерелом одомашнення, тобто приручення диких тварин з подальшим використанням для різних цілей. *Одомашнення*, або *доместикація* (від лат. *domus* – дім) – процес зміни популяції тварин за допомогою селекції, внаслідок чого вони стають пристосованими до утримання у неволі. Найчастіше доместикація має на меті отримання джерела їжі або інших продуктів тваринництва (вовни, хутра, шовку). Процес одомашнення диких тварин починається зі штучної селекції окремих особин для отримання потомства з певними ознаками, необхідними людині. Таким чином змінюються генетичні властивості виду. Нині селекційні роботи ведуться з лосями, оленями, норками та іншими хутровими звірами.

Одомашнення тварин (генетична модифікація видів) зародилося у епоху мезоліту (10-12 тис років до н.е.) шляхом селективного виведення, що дозволило людям контролювати поведінку тварин протягом тривалого часу. Останніми роками у світі набуває популярності одомашнення з метою утримання диких тварин (зокрема, екзотичних) як хатніх улюбленців. Проте таке утримання диких тварин не означає, що вид чи окрема особина стають одомашненими. Вони

просто «приручені», і це зазвичай здійснюється шляхом насильства, страху або голоду. Усі дикі тварини повинні мати можливість жити у дикій природі. Енергія і зусилля людства мають бути спрямовані не на спроби «приватизувати» диких тварин, а на збереження і виживання видів у природі, особливо тих, яким загрожує зникнення.

До особливої системи захисту різноманіття тваринного і рослинного світу належать створення ПОТ, формування екологічної мережі, розведення рідкісних і зникаючих видів у неволі – так звана біоконсервація. У межах заповідних об'єктів і територій охороняються як окремі носії біорізноманіття – види, популяції, екосистеми, так і основні оселища. Біоконсервація спрямована на захист генетичної і видової різноманітності біоти шляхом збереження популяційних і видових генотипів окремих особин поза межами природних оселищ, наприклад, у зоопарках.

## **9.2 Природоохоронні території в системі біоконсервації**

За визначенням МСОП (2008), природоохоронна територія є *чітко визначеним географічним простором, який визнається, виділяється та управляється за допомогою законів чи інших ефективних засобів з метою довгострокового збереження природи із супутніми екосистемними послугами і культурними цінностями*. ПОТ є основою збереження біорізноманіття та послуг, які надає природа – продовольство, чисте водопостачання, ліки і захист від стихійних лих, а також сприяння пом'якшенню і адаптації до зміни клімату. Підраховано, що глобальна мережа ПОТ зберігає не менше 15% наземного вуглецю.

Серед існуючих класифікацій ПОТ найбільш авторитетною є класифікація МСОП, відповідно до якої більшість ПОТ світу поділяються на шість основних категорій (Табл. 18). Ці категорії визнані ООН та багатьма національними урядами, як глобальний стандарт для реєстрації ПОТ. Світова база даних ПОТ (World Database on Protected Areas, WDPA) складається і управляється Світовим центром моніторингу охорони природи (World Conservation Monitoring Centre), виконавчим агентством ЮНЕП. З 20-ти найбільших ПОТ світу 19 є морськими, і лише Північно-Східний Гренландський національний парк переважно наземний, але також має морський компонент.

Морські ПОТ прийнято називати морськими охоронюваними районами (МОР). У Світовому океані МОР можуть бути у межах національної юрисдикції (національні води) і у міжнародних водах (за межами національної юрисдикції (Areas Beyond National Jurisdiction, ABNJ)).

Табл. 18. Основні категорії ПОТ за класифікацією МСОП

Категорія	Призначення і об'єкти збереження
Ia. Природний резерват суворого режиму (Strict Nature Reserve)	Ділянки суші або водного простору з репрезентативними екосистемами, призначені для наукових досліджень і екологічного моніторингу. Об'єкти збереження – мало порушені природні території достатнього розміру, назавжди позбавлені антропогенного впливу.
Ib. Територія дикої природи (Wilderness Area)	Незаймана територія значних розмірів з дикою природою, що має наукову, освітню, естетичну та історичну цінність. Призначена для підтримання місцевого біорізноманіття, екосистемних процесів і неживої природи (скелі, дюни, гори, водні джерела). Дика природа відтворюється природним шляхом, зберігаючи саморегуляцію за рахунок внутрішніх зв'язків. Певною мірою може бути культурним ландшафтом, який використовується аборигенами протягом десятків тисяч років.
II. Національний парк (National Park)	Велика ПОТ, призначена для збереження єдності природних територій і рекреації. Основні завдання – охорона цілісності екосистем і забезпечення можливостей для здійснення рекреаційної діяльності, але за умови, що вона буде сумісною з природним оточенням.
III. Пам'ятка природи (Natural Monument or Feature)	ПОТ, на якій розташований окремий унікальний природний об'єкт, що має наукове, навчально-просвітницьке, історико-меморіальне або культурно-естетичне значення. Створюються у місцях з унікальними витворами природи – водоспадами, печерами, кратерами, гейзерами, каньйонами.
IV. Територія управління видами та їх оселищами (Habitat / Species Management Area)	Призначена для захисту, збереження і відновлення видів та їх оселищ. Часто включає лише фрагменти екосистем, тому потребує постійних активних управлінських заходів згідно потреб виживання видів. Активне управління передбачає підтримання життєздатних популяцій шляхом створення штучного середовища (наприклад, штучних рифів), додаткового підгодовування тощо.
V. Наземний чи водний охоронюваний ландшафт (Protected Landscape / Seascape)	Природоохоронна і рекреаційна територія (акваторія) з ландшафтами високої пейзажної цінності, багатим біотичним і ландшафтним різноманіттям, чітко вираженими екологічними, естетичними і культурними особливостями. Призначена для підтримання взаємодії природних і культурних цінностей, попередження негативних впливів, традиційного природокористування місцевого населення (риболовля, скотарство, садівництво, бджільництво тощо).
VI. Територія управління природними ресурсами (Managed Resource Protected Area)	Велика ПОТ, призначена для збереження екосистем і оселищ, а також пов'язаних культурних цінностей і традиційних систем управління природними ресурсами. Більша частина території залишається у природному стані, де допускається невиснажливе непромислове використання природних ресурсів, сумісне з охороною природи.

Через особливості правової бази, в ABNJ складніше створити МОР, тому в національних водах їх створено набагато більше, ніж в ABNJ. Згідно останніх даних WDPA, національні води представляють 39% Світового океану, з яких 17,86% є охоронюваними. І тільки 1,18% міжнародних вод, які становлять 61% площі Світового океану, визначено як МОР.



Найбільшим МОР світу є морський заповідник у морі Росса (Ross Sea Region Marine Protected Area) біля Антарктиди площею понад 2 млн км<sup>2</sup>, створений 2017 року. Антарктика має унікальне значення для регулювання глобального клімату, а море Росса має величезну екологічну і наукову цінність. В ООН сподіваються, що створення МОР у морі Росса стане імпульсом для розширення мережі морських ПОТ у міжнародних водах. У 2016 р. Комісія зі збереження морських живих ресурсів (Commission for the conservation of Antarctic marine living resources, CCAMLR) затвердила пропозицію Нової Зеландії щодо розширення МОР у морі Росса (Рис. 120). Угода має набути чинності 1 липня 2024 року і діяти до 2060 року. Після розширення МОР охоплюватиме понад 3 млн км<sup>2</sup>, з яких 86% повністю захищені, де заборонено будь-який промисел. Другим за площею (понад 1,8 млн км<sup>2</sup>) є морський парк Марае Моана площею понад 1,9 млн км<sup>2</sup>, також створений 2017 року на Островах Кука (Рис. 121).



Рис. 120. Найбільший у світі Морський заповідник у морі Росса



Рис. 121. Морський парк Марае Моана (другий за площею в світі)

МСОП запроваджує програму «Зелений список охоронюваних і заповідних територій» (Green List of Protected and Conserved Areas). Програма спрямована на підвищення внеску ефективно керованих ПОТ у збереження природи і сталий розвиток шляхом забезпечення відповідних соціальних, економічних, культурних і духовних цінностей. Головною метою програми є збільшення кількості охоронюваних територій, які ефективно управляються для досягнення заявлених результатів. Зелений список МСОП є першим світовим стандартом найкращої практики збереження природи. Це програма сертифікації охоронюваних і заповідних територій – національних парків, об'єктів всесвітньої спад-



щини, природних заповідників тощо, – які ефективно управляються та справедливо регулюються.

Щодо відображених у Табл. 18 класифікаційних категорій ПОТ, то лише *природні резервати суворого режиму* (Ia) позбавлені будь-якого антропогенного впливу та мають суворий режим охорони. Тут повністю заборонено усі види господарського використання природних ресурсів, чисельність тварин не регулюється, біотехнічні заходи не проводяться, туризм обмежений. В основу організації природних резерватів зазвичай покладаються такі критерії:

- мінімальні антропогенні зміни території;
- наявність рідкісних видів флори і фауни, а також повного набору місцевих видів з екологічно значимою щільністю;
- розміри території, достатні для саморегуляції природних процесів;
- репрезентативність природних зон – повний набір очікуваних природних екосистем, які можна відновити з мінімальним втручанням керівництва;
- обмеження доступу людей і виключення поселень;
- оточення, коли це можливо, видами землекористування, які сприяють досягненню цілей збереження території;
- наявність умов для ведення моніторингу щодо впливу людської діяльності;
- ефективне управління, що гарантує мінімальний антропогенний вплив, особливо для морського середовища.

Наприклад, майже ідеально відповідає цим критеріям заповідна територія островів Фенікс – Phoenix Islands Protected Area (PIPA), створена 2006 року в центрі Тихого океану (Рис. 122). У 2010 році PIPA площею 408 250 км<sup>2</sup> було внесено до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Архіпелаг з восьми островів на території Республіки Кірібаті є однією з останніх незайманих екосистем з унікальними кораловими рифами. Birdlife International – міжнародна організація, що працює над збереженням птахів та їх природних оселищ, назвала п'ять островів архіпелагу важливими пташиними районами. Тут ідентифіковано 514 видів рифових риб, що відображають унікальність островів. На відміну від більшості коралових рифів, екосистема коралових рифів PIPA є здоровою, з достатньою кількістю ключових видів, у т. ч. тих, що перебувають під загрозою зникнення. 1 січня 2015 року PIPA було оголошено зоною, закритою для всіх видів комерційного рибальства. Нині це один з найбільших МОР у світі, що перетворюється на глобальний центр екотуризму, досліджень моря і зміни клімату. Через свою віддаленість і відсутність людей він має найбагатше морське і

наземне біорізноманіття. З моменту включення до Списку всесвітньої спадщини, РІРА оголошено першою у світі лабораторією в дикій природі.



Рис. 122. Природний резерват суворого режиму (Ia) Phoenix Islands Protected Area в Тихому океані

На відміну від природних резерватів, організація ПОТ категорії Ib *Територія дикої природи (Wilderness Area)* передбачає дотримання таких критеріїв:

- відсутність забудови і промислової діяльності, включаючи сучасну інфраструктуру (дороги, трубопроводи, лінії електропередач, нафтогазові платформи, морські термінали для зрідженого природного газу), а також гідроенергетики, видобутку корисних копалин, сільського господарства, включаючи інтенсивний випас худоби і комерційний рибний промисел;
- високий ступінь інтактності (недоторканості): збережені місцеві спільноти рослин і тварин, взаємодії типу «хижак-жертва», включаючи великих ссавців;
- достатні розміри для захисту біорізноманіття, підтримання екосистемних послуг та запобігання наслідкам зміни клімату.

Присутність людини не є визначальним фактором прийняття рішення про створення ПОТ категорії Ib. Ключовими критеріями є неушкодженість природних екосистем і відсутність постійної інфраструктури, видобувних галузей, сільського господарства тощо. Проте, території дикої природи можуть включати кілька порушених районів, які здатні відновитися до стану дикої природи. Певною мірою ці ПОТ виконують ті ж функції, що і національні парки категорії II, а саме:

- захист великих, переважно незайманих територій, де екосистемні процеси, у т. ч. еволюція, можуть відбуватися без перешкод з боку людини;
- захист сумісних екосистемних послуг;
- збереження певних видів і популяцій, що вимагає відносно великих площ недоторканого довкілля;

- доступність для обмеженого числа відвідувачів з метою наукових досліджень;
- надання можливостей для реагування на зміну клімату.

Наприклад, у США 1964 року було прийнято Закон «Про дику природу», яким під захист держави взято 53 території загальною площею 9,1 млн акрів<sup>39</sup> дикої природи у 13 штатах. На виділених територіях дикої природи заборонялася комерційна діяльність, використання доріг і автотранспорту, зведення будівель і споруд. Було створено Національну систему територій дикої природи та будь-яке їхнє економічне використання, крім примітивної рекреації. Разом з тим, дозволялися випас худоби, обмежена розробка корисних копалин, використання моторних човнів, кемпінг та інші види людської діяльності – там, де вони існували до оголошення території дикої природи.

Відповідно до Закону, виділення територій дикої природи проводиться тільки Конгресом США. Самі ПОТ визначалися як «незаймані території, де людина – тільки гість». Розширення територій дикої природи відбувається поступово. Приблизно раз на 5 років державна служба, наприклад, Служба лісу, готує проект про збільшення Національної системи територій дикої природи у своїх підвідомчих лісах і подає на затвердження Конгресу США. У 1999 р. території дикої природи в США досягли площі 100 млн акрів. Станом на 2016 рік налічувалося 765 ділянок дикої природи загальною площею більше 109 млн акрів (майже 44,2 млн га), що становило близько 4,5% території країни.

У 1973 р. подібні закони було прийнято у Канаді, в 1991 р. – у Фінляндії, в 1987 і в 1992 рр. – у двох штатах Австралії. Нині 48 країн мають ділянки дикої природи зі статусом категорії Ib МСОП: Австралія, Багамські острови, Ботсвана, Канада, Кайманові острови, Данія, Гренландія, Ісландія, Японія, Мексика, Нова Зеландія, Норвегія, Іспанія та інші. Наприклад, критеріям категорії Ib МСОП відповідають території дикої природи Аляски (Alaska Wilderness), затверджені Конгресом США 1980 року (Рис. 123). Для збереження традиційних видів діяльності тут діють особливі виключення, зокрема дозволяється використовувати снігоходи, човни, немоторизований наземний транспорт, тимчасові кемпінги та обладнання з вилову риби, спортивне полювання.

---

<sup>39</sup>1 акр = 4 046.85642 м<sup>2</sup>



Рис. 123. Території дикої природи Ів на Алясці (США)

З усіх класифікаційних категорій ПОТ дещо виділяється категорія II *Національний парк (National Park)*, яка має на меті збереження цілісності природних екосистем і розвиток рекреації, тобто виконує подвійну функцію – захисту живої природи і популяризації туризму. Однак обов'язковою умовою і головною вимогою є сумісність рекреаційної діяльності з природним оточенням. Туристи приносять паркам дохід, який має витратитися на природоохоронні проекти. Управління національними парками принципово відрізняється від ПОТ інших категорій, зокрема:

- У На відміну від природних заповідників Іа, режим національних парків передбачає створення туристичної інфраструктури. Режиму Іа відповідає лише територія заповідної зони парку, відвідування якої суворо контролюється.
- У Порівняно з категорією Ів, національні парки мають ширшу туристичну інфраструктуру і більшу кількість відвідувачів.
- У Управління пам'ятками природи (категорія ІІІ) орієнтовано на охорону певного природного об'єкта, тоді як у національних парках управління орієнтовано на збереження цілісної екосистеми.
- У Території управління видами та їх оселищами (категорія ІV) зазвичай недостатньо великі, щоб захистити цілу екосистему, на відміну від національних парків.
- У Наземні чи водні охоронювані ландшафти (категорія V), по суті, є культурними ландшафтами, тоді як національні парки переважно складаються з природних екосистем або підтримують процеси їхнього відновлення.
- У На відміну від територій сталого використання природних ресурсів (категорія VI), у національних парках заборонено використовувати ресурси, окрім прожиткових і рекреаційних цілей.

Перший у світі Єллоустонський національний парк було створено у США 1872 року. В Австралії на південь від Сіднея 1879 р. засновано Королівський національний парк. 1885 року в Канаді створено національний парк Banff (також відомий як парк Скелястих Гір). Нова Зеландія відкрила свій перший національний парк у 1887 р. 1890 року Йосемітська долина (Yosemite Valley) в штаті Каліфорнія також отримала статус національного парку. В Європі першою систему національних парків створила Швеція, де у 1909 році були відкриті дев'ять парків. За даними МСОП, нині близько 100 країн світу мають національні парки, загальна кількість яких становить щонайменше 3 200. Найбільшим є Північно-Східний Гренландський національний парк площею 972 тис км<sup>2</sup>, заснований у 1974 році. Серед топових національних парків світу, наприклад, Кіліманджаро у Танзанії (Рис. 124) площею 1668 км<sup>2</sup>, де знаходиться найвища точка Африки, та національний лісовий парк Чжанцзяцзе у Китаї (Рис. 125) площею 479,15 км<sup>2</sup>. Обидва парки є об'єктами Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО.



Рис. 124. Національний парк Кіліманджаро (Танзанія)



Рис. 125. Національний парк Zhangjiajie (Китай)

На II Світовому конгресі національних парків у 1972 р. було визнано, що навіть заощадлива рекреаційна діяльність призводить до погіршення природного стану екосистем. Тому принциповою особливістю національних парків є виділення на їх території таких функціональних зон:

- *заповідна* зона призначена для збереження екосистем у природному стані, тому тут заборонено будь-яку господарську чи рекреаційну діяльність;
- зона *особливої охорони* також призначена для збереження природних комплексів, проте у її межах допускається регульована рекреація;

- зона *пізнавального туризму* має освітнє значення і призначена для ознайомлення з визначними об'єктами національного парку;
- *рекреаційна* зона призначена для відпочинку;
- може виділятися зона *охорони історико-культурних об'єктів*;
- зона *обслуговування відвідувачів* призначена для ночівлі, розміщення рекреантів, побутового та інформаційного обслуговування;
- *господарська* зона призначена для здійснення будь-якої діяльності, що забезпечує функціонування парку.

ПОТ категорії III *Пам'ятка природи (Natural Monument or Feature)* відрізняються невеликими розмірами території та акцентом на захист однієї або декількох природних пам'яток, а не усієї екосистеми. Натомість управляються вони майже так само, як і національні парки. Той факт, що якась територія має важливий природний об'єкт, не означає, що її неминуче буде віднесено до категорії III. Наприклад, Гранд-Каньйон в Аризоні належить до категорії II, незважаючи на те, що він є одним з найвідоміших пам'яток природи в світі. Іноді важко чітко визначити критерії належності об'єктів до категорії III, особливо якщо йдеться про захист культурних чи духовних цінностей.

Не всі пам'ятки природи є постійними – наприклад, незважаючи на те, що деякі священні дерева живуть протягом тисячі й більше років, в решті-решт вони помирають. Тому багато старих дерев вважаються священними частково. Що станеться з територією, коли ключова пам'ятка природи загине або деградує, поки що не визначено. Іноді важко провести межу між пам'яткою природи і культурним об'єктом. Деякі очевидні «пам'ятки» вимагають захисту всієї екосистеми для свого повноцінного існування, наприклад, збереження окремого водоспаду потребує захисту всього водозбору для підтримання його стоку.

Отже, пам'яткою природи може бути одне рідкісне дерево, як-то старовинна липа у Києві на Старокиївській горі, яку, ймовірно, посадив митрополит Петро Могила поблизу Десятинної церкви. А також це можуть бути й території значних розмірів – ліси, гірські хребти, ділянки узбережжя і річкових долин. Термін «пам'ятка природи» вперше запропонував відомий географ-мандрівник Олександр фон Гумбольдт ще у 1819 р. Він описав у Венесуелі одне велетенське дерево, назвавши його «пам'ятником природи». Зміст цієї категорії ПОТ у різних країнах має свої особливості й тлумачення.

Критеріям, встановленим для ПОТ категорії III, відповідає Башта Диявола (Devils Tower) – перша національна пам'ятка природи США, затверджена у



1906 році президентом Теодором Рузвельтом у штаті Вайомінг на площі 545 га (Рис. 126). Монолітна вулканічна порода, розташована на Чорному пагорбі неподалік річки Бель-Фурш, має висоту 386 м. Крім геологічного об'єкту, тут захищається багато видів диких тварин, зокрема білохвостий олень, степовий собака, білоголовий орлан. Вежу Диявола щороку відвідують близько 500 тис туристів.

Позитивним прикладом надання статусу категорії III відповідно до критеріїв МСОП є рішення про оголошення водоспаду Скакавац (Skakavac) і території навколо нього площею 1430,7 га пам'яткою природи у 2002 р. (Рис. 127). Водоспад висотою 98 м розташовано неподалік Сараєво, столиці Боснії та Герцеговини. Обґрунтуванням для такого рішення стали тривалі дослідження, що виявили геологічні й гідрологічні цінності, високий рівень біорізноманіття, наявність ендемічних і реліктових видів рослин, грибів і тварин.

У ПОТ категорії IV *Територія управління видами та їх оселищами (Habitat / Species Management Area)* часто входять лише фрагменти екосистем, тому потребують регулярних активних управлінських заходів для захисту певних видів та збереження місць їхнього мешкання відповідно до вимог виживання видів. Активне управління передбачає підтримку життєздатних популяцій окремих видів шляхом створення штучного середовища (наприклад, створення штучного рифу), додаткового підгодовування тощо. ПОТ категорії IV зазвичай спрямовані на захист або відновлення видів флори і фауни міжнародного, національного і місцевого значення, що допускає певне втручання людини. Такі цілі визначають головні критерії виділення та організації управління цими територіями, а саме:

- захист конкретних цільових видів, які перебувають під загрозою (наприклад, одна з останніх популяцій);
- захист, підтримка або відновлення оселищ, які часто є фрагментами екосистем;
- активне управління для життєздатних популяцій певних видів, які можуть включати створення штучного оселища, додаткове харчування тощо;
- активне управління природними та напівприродними оселищами, які або занадто малі, або занадто сильно змінені, щоб бути самодостатніми (наприклад, якщо природні трав'яні відсутні, їх можна замінити домашньою худобою або ручним сінокосінням);

– активне управління культурно-визначеними екосистемами, які мають унікальне біологічне різноманіття.

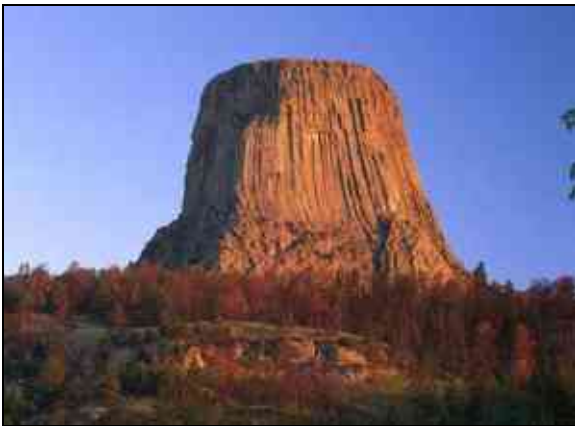


Рис. 126. Пам'ятка природи (III) Вежа Диявола (США)

Рис. 127. Пам'ятка природи (III) Скакавац (Боснія та Герцеговина)

ПОТ категорії IV відіграють важливу роль для «усунення прогалін» у стратегіях збереження природи шляхом захисту ключових видів або оселищ в екосистемах. До складу цих територій відводять місця міграцій і розмноження тварин, водно-болотні угіддя, коралові рифи, естуарії тощо, площа яких визначається потребами існування видів. З метою регулювання чисельності популяцій можуть застосовуватися спеціальні біотехнічні заходи. Хоча ці території не обов'язково пов'язані з присутністю і втручанням людини, багато з них існують у населених місцях, де антропогенне навантаження доволі високе – як з точки зору потенційного незаконного використання, так і з боку відвідувачів.

Наприклад, критерієм виділення ПОТ категорії IV відповідає «острівець» дикої природи Бразорія (Brazoria National Wildlife Refuge) у американському штаті Техас площею 212,08 км<sup>2</sup>, заснований у 1969 році. Головною управлінською функцією є забезпечення природних оселищ для зимуючих перелітних во-



доплавних птахів. У Бразорії застосовують різні інструменти активного управління на благо дикої природи, зокрема відновлення водно-болотних угідь (Рис. 128). Для цього за допомогою дамб та інших водних споруд імітують історичну систему гідрології водно-болотних угідь.

Специфічну історію має ПОТ Північна бухта острова Кавау (Kawau North Cove Protected Private Land) у Новій Зеландії площею 0,09 км<sup>2</sup> (Рис. 129). Майже весь острів належить приватними землевласниками, які у 1992 році заснували трастовий фонд для реабілітації місцевої флори і фауни. До цього вважалося безнадійним компенсувати екологічну шкоду, заподіяну інтродукованими видами тварин і рослин. План трасту полягає у знищенні всіх шкідників, включаючи валабі й опосумів, диких кішок, а також бур'янів, та забезпеченні сталого використання земель. Реакцією на таке активне управління стало збільшення чисельності життєздатних популяцій місцевих птахів.



Рис. 128. Водно-болотні угіддя (IV) Бразорії (США)



Рис. 129. Північна бухта острова Кавау (IV) в Новій Зеландії

До ПОТ категорії V *Наземний чи водний охоронюваний ландшафт (Protected Landscape / Seascape)* належать природоохоронні й рекреаційні території (акваторії) з ландшафтами переважно високої пейзажної цінності, багатим біотичним і ландшафтним різноманіттям, чітко вираженими екологічними, естетичними і культурними особливостями. Створюються для забезпечення природного перебігу еволюційних процесів, гармонійної взаємодії природних і культурних цінностей шляхом підтримання традиційного природокористування місцевого населення (риболовля, скотарство, садівництво, бджільництво тощо). Основними завданнями ПОТ категорії V є такі:

- збереження видів, пов'язаних з культурними та інтенсивно використовуваними ландшафтами;

- розвиток можливостей для відпочинку і соціально-економічної діяльності;
- надання натуральних продуктів і екосистемних послуг;
- забезпечення активної участі громад в управлінні цінними ландшафтами, природною і культурною спадщиною;
- збереження агробіорізноманіття і водного біорізноманіття;
- створення моделі стійкості для ширшого її застосування.

Оскільки ПОТ категорії V є результатом біотичної, абіотичної і людської взаємодії, вони повинні мати такі основні характеристики:

- ландшафти або акваторії високої пейзажної якості з рослинним і тваринним світом та відповідними культурними особливостями;
- довготривала збалансована взаємодія людини і природи, яка все ще має цілісність, або є обґрунтована надія на відновлення цієї цілісності;
- унікальні або традиційні моделі землекористування, які розвивалися відповідно до місцевих ландшафтів;
- можливості для відпочинку і туризму відповідно до способу життя і економічної діяльності;
- потенціал для екологічної реставрації.

Значення ПОТ категорії V для збереження біорізноманіття полягає у захисті видів і оселищ, які еволюціонували разом із системами життєдіяльності, й тому можуть виживати тільки за підтримання цих систем. Це особливо актуально на великих територіях з різними формами власності, моделями управління і землекористування. Крім того, традиційні системи управління часто пов'язані з важливими компонентами агробіорізноманіття або водного біорізноманіття, які можна зберегти тільки шляхом підтримки цих систем.

Яскравим прикладом ПОТ цієї категорії є Бірі Лароза (Biri Larosa) на островах Балікуатро (Філіппіни) площею 33,5 тис га, створена у 2000 році. Відома природними скельними утвореннями, пляжами, кораловими рифами, заростями водоростей і мангровими лісами. Бірі є найбільшим з островів Балікуатро, головною пам'яткою якого є сім гігантських скельних утворень (Рис. 130). В коралових рифах мешкають 23 види рифових риб, 15 видів мангрових лісів є оселищами для різних місцевих і перелітних видів птахів, а також молюсків. Однак охоронювана територія стикається із численними загрозами видобутку коралів, незаконних рибальства і вирубки мангрових лісів.



Рис. 130. Краєвиди острова Бірі (ПОТ категорії V), Філіппіни

Головною метою створення ПОТ категорії VI *Територія управління природними ресурсами (Managed Resource Protected Area)* є непромислове використання природних ресурсів, сумісне з охороною природи. Виділяється для довготривалої охорони переважно незмінених екосистем, а також традиційного невиснажливого використання і відтворення природних ресурсів. Головними завданнями ПОТ категорії VI є сприяння сталому використанню природних ресурсів з урахуванням екологічних, економічних і соціальних аспектів; інтеграція культурних підходів, систем вірувань і світоглядів у рамках різних підходів до збереження природи; підтримання збалансованої взаємодії між людьми і природою на національному, регіональному та місцевому рівнях. Управління цими ПОТ спрямоване на збереження екосистем і оселищ, разом з традиційними культурними цінностями і природокористуванням. Тому ці території зазвичай відносно великі, хоча й не обов'язково.

Ця категорія найліпше підходить для великих природних територій – тропічних і бореальних лісів, пустель, складних систем водно-болотних угідь, відкритих морів тощо. ПОТ категорії VI особливо придатні для збереження природних екосистем, у межах яких переважають традиційні види землекористування без істотного негативного впливу на стан екосистем. Тут можуть охоронятися конкретні природні або культурні особливості, в т. ч. види і генетичне різноманіття, коли стале використання природних ресурсів значною мірою орієнтовано на захист екосистем і підтримку екосистемних послуг.

Критеріям управління ПОТ категорії VI відповідає мальовнича зона Уданшань (Wudangshan Scenic Area) в Китаї площею 795,2 км<sup>2</sup>. Уданшань з 1994 року є об'єктом Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО і привертає велику кількість туристів. Тут поєднуються мальовничі природні пейзажі й стародавні ре-

ліквії (Рис. 131). Уданшань також відомий сильною даоською культурою, 72 гірськими вершинами, колодязями, джерелами, крутими скелями, пам'ятниками і храмами. Не зважаючи на тривалі важкі часи, храми збереглися на диво добре. Деякі з них було пошкоджено після культурної революції Китаю (1966-1976), проте нині храми відремонтовано і відновлено.

Ще одним прикладом ПОТ категорії VI є заповідна територія Аннапурна (Annapurna Conservation Area) площею 7,63 тис км<sup>2</sup> – найбільша у Непалі. Біорізноманіття представлено 1226 видами квіткових рослин, 105 ссавців, 518 птахів, 40 плазунів і 23 видами земноводних. Крім цього, тут розташована найглибша у світі річкова ущелина Калі-Гандаки (Kali Gandaki Gorge), що виникла 60 млн років тому (Рис. 132); зростає один з найбільших у світі рододендронових лісів; озеро Тілічо (Tilicho) є найбільш високогірним прісноводним озером світу. Разом зі стрімким зростанням кількості туристів, збільшується антропогенне навантаження на заповідну територію. Через масове використання паливної деревини деградують лісові ресурси, а також гостро постала проблема накопичення відходів. Ці та інші проблеми було вирішено за допомогою «Комплексної програми збереження і розвитку», цілями якої є збереження природних ресурсів, забезпечення сталого соціально-економічного розвитку для місцевого населення, розвиток туризму з мінімальним негативним впливом на природне, соціокультурне і економічне середовище.

Розглянуті шість категорій ПОТ затверджено у останній редакції класифікації МСОП 1994 року. Раніше категорій було десять. Зокрема, до категорії VII належав *антропологічний резерват (Anthropological Reserve)*, створюваний для збереження історичних антропологічних цінностей, умов проживання популяцій рідкісних та вимираючих корінних етносів, традицій племен і місцевого населення, забезпечення умов для традиційного ведення господарства. Категорію VIII представляла *територія багатоцільового використання (Multipurpose Usage Protected Area)*, яка мала бути зразком різностороннього, екологічно збалансованого природокористування і невиснажливого ведення господарства. Окремо слід розглянути категорію IX, бо йдеться про *Біосферний резерват (Biosphere Reserve)* – унікальну ПОТ, якісно відмінну від усіх інших категорій.



Рис. 131. ПОТ Уданшань (Китай)



Рис. 132. Ущелина Kali Gandaki (Непал)

Специфіка біосферних резерватів (БР) полягає у тому, що вони призначаються Міжнародною координаційною радою Програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера» (Man and Biosphere Programme, МАВ) на прохання зацікавленої держави. Програму прийнято у 1971 р., а вже 1974 року в США було створено перший БР (Табл. 19). У 1983 р. відбувся перший міжнародний конгрес, який визначив план дій досліджень і моніторингу в БР планети. На конференції ЮНЕСКО (Севілья, Іспанія, 1995) проголошено Севільську стратегію, яку потім було відображено у Мадридському плані дій (2008).

Табл. 19. Головні віхи реалізації Man and Biosphere Programme (МАВ)

Рік	Подія
1970	Генеральна конференція ЮНЕСКО – підтримка формування програми «Людина і біосфера», покликаної забезпечити гармонійне співіснування сільського населення та середовища, з якого воно отримує засоби існування.
1971	Перше засідання Міжнародного координаційного комітету МАВ: офіційне затвердження програми, що передбачає створення 13 (пізніше 14) наукових програм, спрямованих на оцінку впливу людини на природні екосистеми.
1972	Конференція ООН з навколишнього середовища (Стокгольм): рекомендації щодо створення глобальної мережі ПОТ для збереження репрезентативних прикладів екосистем у всьому світі.
1976	Нарада ЮНЕСКО щодо призначення біосферних резерватів: у восьми країнах створено 59 БР.
1983	Перша міжнародна конференція з БР (Мінськ): розроблення детального плану дій щодо БР, включаючи наукові дослідження, моніторинг, освіту і участь місцевих громад.
1992	Саміт Землі (Ріо-де-Жанейро): Конвенція про біологічне різноманіття (КБР) та запровадження екосистемного підходу. Порядок денний на 21 століття: збереження природного середовища із залученням місцевого населення.
1995	Конференція ЮНЕСКО (Севілья): прийняття Севільської стратегії щодо сталого розвитку в управлінні БР. Статут щодо висування, затвердження, створення мереж, періодичного перегляду та вилучення біосферних резерватів.



Рік	Подія
2000	Конференція «Севілья +5» (Памплона): перегляд виконання Севільської стратегії за п'ять років на міжнародному рівні.
2008	Мадридський план дій для БР (2008-2013): стратегічні переваги Севільських інструментів та посилення правового визнання БР шляхом включення у національне законодавство країн.
2014	Перше засідання Стратегічної групи МАВ (Париж): розроблення нової 10-річної стратегії та плану дій.
2016	Всесвітній конгрес з БР (Ліма, Перу): схвалено Лімську декларацію та відповідний План дій – керівні принципи управління і функціонування БР на 2016-2025 роки.
2019	31-а сесія Міжнародної координаційної ради МАВ (Париж): впровадження «Процесу вдосконалення та покращення Всесвітньої мережі біосферних резерватів та покращення якості об'єктів мережі».

У більшості країн світу до біосферних резерватів належать репрезентативні ділянки наземних і прибережних екосистем; унікальні природні угруповання чи ландшафти; еталони окультурених ландшафтів, сформованих в результаті збереження традиційних форм природокористування; зразки змінених або деградованих ландшафтів, які можна відновити і оптимізувати. За Статутними рамками Всесвітньої мережі біосферних резерватів та Севільською стратегією, БР загалом не є природоохоронною категорією, як, наприклад, біосферний заповідник відповідно до законодавства України. Світова мережа біосферних резерватів (World Network of Biosphere Reserves) постійно розширюється (Табл. 20). За даними Міжнародної координаційної ради МАВ, станом на червень 2019 року в світі створено 701 БР у 124 країнах, у т. ч. 20 транскордонних об'єктів.

Табл. 20. Динаміка кількості біосферних резерватів у світі

Рік	Кількість біосферних резерватів	Кількість країн-учасниць
1976	59	8
1981	200	55
2009	533	107
2013	621	117
2019	701	224

Отже, *біосферний резерват* – це територія, на якій поєднується виконання трьох функцій: збереження біорізноманіття, забезпечення сталого розвитку і розбудова матеріально-технічної бази для реалізації перших двох функцій. Територія БР має бути досить великою (більше 50 тис га), цілісною (включати, окрім земель природоохоронного призначення, населені пункти, землі сільсько-

господарського, лісогосподарського та іншого призначення). Природні ядра обов'язково мають бути захищені з усіх боків буферною зоною. Для управління біосферними резерватами створюються консультаційні (координаційні) ради, розробляються і реалізуються плани управління (менеджмент-плани). Функції БР, за Севільською стратегією, зводяться до таких головних:

- збереження біологічного різноманіття, захист генетичних ресурсів, екосистем і ландшафтів;
- формування моделей сталого розвитку регіонів на основі відповідного наукового і матеріально-технічного забезпечення;
- проведення наукових досліджень та комплексного моніторингу на локальному, регіональному, національному і глобальному рівнях, підтримка освітніх і навчальних проектів.

Функції БР ефективно виконуються за умови оптимальної організаційної структури, яка ґрунтується на обґрунтованому виділенні відповідних функціональних зон, а саме:

- ✓ одна або декілька територій *ядра*, що зберігають і захищають біорізноманіття, дають можливість здійснювати моніторинг і наукові дослідження, а також інші заходи з мінімальним впливом на природну рівновагу екосистем;
- ✓ *буферна зона*, що безпосередньо оточує чи межує з територією ядра і може використовуватися для діяльності, сумісної з екологічною практикою у галузі освіти, рекреації, екотуризму, прикладних чи базових досліджень;
- ✓ вільні *перехідні зони*, або зони спільних антропогенних впливів, де можлива регульована господарська діяльність і поселення людей.

У 2016 році, під час зустрічі в столиці Перу, координаційною радою МАВ додано 20 нових об'єктів до Всесвітньої мережі БР, а також розширено території 10 існуючих БР. Серед новостворених – БР Албай (Albay) у Філіппінах, розташований на південному сході острова Лусон, площею близько 250 тис га. Його природоохоронна цінність обумовлена наявністю 182 видів наземних рослин, 46 з яких є ендемічними. Морські й прибережні екосистеми налічують 12 видів мангрових дерев і 40 видів морських водоростей. Тут також мешкають 4 ендемічних види ссавців, 12 ендемічних видів птахів, 17 видів амфібій (13 ендемічні), 30 видів рептилій, 22 з яких ендемічні. Водяться п'ять із семи видів морських черепах у світі. Тут знаходиться Майон, найактивніший вулкан Філіппін, який досягає 2462 м над рівнем моря (Рис. 133). Основними видами тра-

диційного землекористування є вирощування сільськогосподарських культур, зокрема рису на водно-болотних угіддях, а також рибальство і екотуризм.

Ще 24 нові БР додано до Всесвітньої мережі під час зустрічі в Палембангу (Індонезія) 2018 року. Серед них – БР Маріко (Marico) на півночі Південно-Африканської Республіки з його унікальною прісноводною екосистемою (Рис. 134). Природним надбанням ПАР є система водоносних горизонтів Долімітових Альп. Ендемічна фауна налічує 73 види ссавців, серед яких африканський слон, чорний носоріг і лев. Основними видами економічної діяльності є натуральне землеробство, тваринництво і туризм.



Рис. 133. БР Albay (Філіппіни)



Рис. 134. БР Marico (ПАР)

Нарешті, до категорії X МСОП належав *об'єкт Світової природної спадщини (World Heritage Site)*, що створюється відповідно до вимог Конвенції про охорону Всесвітньої культурної і природної спадщини, прийнятої 1972 року в Парижі. До такої спадщини включають природні й створені людиною об'єкти, які необхідно зберегти в силу їх особливої культурної, історичної чи екологічної значимості. Наприклад, архіпелаг Галапагоські острови у Тихому океані (провінція Галапагос у Еквадорі) ЮНЕСКО оголосила територією Всесвітньої Світової спадщини у 1978 р., а у 1985 р. – біосферним резерватом.

У 2012 році до Списку Світової спадщини ЮНЕСКО було включено унікальні озера Уніанга (Unianga) в Республіці Чад. Це найбільша у світі озерна система з прісноводних і солоних озер, що живляться за рахунок підземних джерел (Рис. 135). У надзвичайно посушливому районі Північного Чаду, де середньорічна кількість опадів ледь перевищує 2 мм, ланцюг із вісімнадцяти пов'язаних між собою озер простягаються уздовж пустелі Сахари на площі 62,8 тис га. Близько 10-15 тисяч років тому ця місцина була єдиним великим озером, а коли клімат різко змінився, озеро зменшилося, та розширені дюни розкололи його на 18 невеликих озер.





Рис. 135. Об'єкт Світової природної спадщини (X) озера Уніанга (Чад)

Станом на липень 2019 року останніми до Списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО включено два об'єкти. Це відбулося під час засідання Комітету Всесвітньої спадщини (Баку, 2019). Першим об'єктом є Пагорби Просекко (Prosecco) на північному сході Італії, куди входить район виробництва однойменного вина (Рис. 136). Протягом століть ці ландшафти формувалися під впливом людської діяльності.

Другим об'єктом є Архітектура ХХ століття Френка Ллойда Райта (Frank Lloyd Wright) у США. Цей об'єкт включає вісім будівель, спроектованих архітектором у першій половині ХХ ст., у т. ч. Будинок над водоспадом (Мілл-Ран, Пенсильванія) (Рис. 137), Будинок Герберта і Кетрін Джейкобс (Медісон, Вісконсін) та Музей Гуггенхайма (Нью-Йорк). Вони виконані у стилі «органічної архітектури», для якої характерно відкрите планування, стирання кордонів між внутрішнім і зовнішнім простором, безпрецедентне використання сталі й бетону.

Внаслідок природних катаклізмів і втручання людини (землетруси, збройні конфлікти, різні види забруднення, браконьєрство, безлад у будівництві), об'єкти Світової природної спадщини можуть бути тимчасово внесені до переліку об'єктів, які перебувають під загрозою. Включення до цього списку є своєрідним попередженням для ужиття невідкладних заходів щодо їх збереження. Якщо ж заклики не діють, об'єкт вилучається зі Списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Наприклад, так сталося 2009 року з Долиною Ельби в Дрездені (Німеччина). Долина Ельби позбулася статусу об'єкта, що перебуває під охороною, через тривале будівництво автомобільного шляхопроводу в охоронній зоні культурного ландшафту.



Рис. 136. Пагорби Prosecco (Італія)



Рис. 137. Будинок над водоспадом (США)

Нині у кожній країні світу є своя система охоронюваних територій. ПОТ зберігають 15% глобального запасу вуглецю, допомагають скоротити збезлісення, втрату оселищ і видів, а також підтримують засоби до існування більше 1 млрд людей. Найповнішим джерелом інформації про світові ПОТ, яка оновлюється щомісяця, є *Protected Planet*, що управляється Світовим центром моніторингу охорони навколишнього середовища ООН (UNEP-WCMC) за підтримки МСОП і Всесвітньої комісії з охоронюваних територій (WCPA). За даними Protected Planet, у 2019 році досягнуто істотний прогрес у розширенні наземних і морських ПОТ. Наземне охоплення збільшилося до 15,0% в, а морське – до 17,9% у національних водах. Однак для повного охоплення територій, що мають особливе значення для збереження біорізноманіття та екосистемних послуг, необхідне додаткове розширення.

Станом на серпень 2019 року WDPA зареєстровано 238 432 позначених ПОТ, більшість з яких знаходяться на суші та мають загальну площу 20 202 743 км<sup>2</sup>, що еквівалентно 15,0% поверхні суходолу. МОР, незважаючи на меншу кількість, займають площу 27 841 368 км<sup>2</sup>, що становить 7,7% Світового океану (Рис. 138). Однак МОР під національною юрисдикцією мають значно більше охоплення (17,9%), ніж райони за межами дії національної юрисдикції – тільки 1,2% від площі Світового океану.

На підвищення внеску ефективно керованих ПОТ у збереження природи і сталий розвиток спрямовано програму МСОП «Зелений список охоронюваних і заповідних територій», метою якої є збільшення кількості та сертифікація ПОТ. З усіх наявних класифікаційних категорій ПОТ лише природні резервати позбавлені антропогенного впливу і мають суворий режим охорони. На відміну від

них, в управлінні територіями дикої природи присутність чи відсутність людини не є визначальним фактором. Щодо національних парків, то в їх управлінні поєднуються захист екосистем і розвиток туризму, а ефективність досягнення результатів залежить від правильного функціонального зонування території. Пам'ятки природи відрізняються спрямованістю на захист конкретних природних об'єктів, а управляються майже так само, як і національні парки.



Рис. 138. Глобальне охоплення ПОТ суші та Світового океану

Території управління видами та оселищами (IV) спрямовано на активне штучне підтримання життєздатних популяцій окремих видів. V і VI категорії ПОТ дещо схожі, бо передбачають захист ландшафтів, які еволюціонували разом із традиційними системами життєдіяльності, й тому допускають непромислове використання природних ресурсів, сумісне з охороною природи. Біосферні резервати, призначені координаційною радою МАВ, поєднують функції збереження біорізноманіття і сталого суспільно-економічного розвитку, однак МСОП як природоохоронні території не розглядається. Статус ПОТ у складі біосферного резервату має територія природного ядра. Крім цього, ПОТ різних категорій можуть входити і до складу буферної зони біосферного резервату.

### 9.3 Геоєкологічні функції створення екологічних мереж

Ідея системного підходу до охорони природи, закладена в основу концепції формування екологічної мережі (екомережі), сформувалася в другій половині ХХ ст., коли стало зрозуміло, що функціонування окремих, не пов'язаних між собою, природоохоронних територій не забезпечує відповідне збереження біологічного і ландшафтного різноманіття та цілісності екосистемних зв'язків. Тобто фрагментація і територіальна ізольованість ПОТ в решті-решт спричинює їхню неминучу деградацію. Отже, перехід від створення класичних заповідних територій до розгалужених екомереж виявився нагальною вимогою часу. Тривала ізольованість ПОТ у просторі робить їх своєрідними «острівками», які з часом втрачають біологічне, ландшафтне й історико-культурне різнома-

ніття та не можуть забезпечити їх збереження у перспективі. Ці «острівки», які одночасно є природними ядрами збереженого біорізноманіття, необхідно поєднати спеціальними екологічними «коридорами» (екокоридорами).

Ліквідація острівного ефекту має забезпечити взаємну підтримку популяцій і генетичний обмін між розділеними аграрними і урбанізованими ландшафтами, дозволяючи зберегти біотичне різноманіття і об'єкти культурної спадщини на довгострокову перспективу. Оскільки у природі відсутні державні й адміністративні кордони, проектування екомережі потребує прийняття відповідних рішень у рамках міжнародного співробітництва. Ідея об'єднання природоохоронних об'єктів у єдину територіальну схему виникла в деяких країнах ще на початку 1970-х років. Перші проекти того, що нині називають екомережа, було розроблено у Литві та Естонії (Табл. 21).

Табл. 21. Етапи створення європейської екомережі

Етап	Сутність етапу
Територіальної охорони природи (початок 1970-х рр.)	Перші проекти об'єднання ПОТ у територіальну схему в Литві та Естонії
Створення територіальної системи екологічної стабільності	Перші проекти територіальної системи екологічної стабільності та інтеграція у національну екологічну політику в Чехії, Словаччині, Угорщині, Нідерландах
Схвалення мережі Natura-2000 (1992)	Після прийняття Євросоюзом оселищної директиви, на основі її поєднання з пташиною директивою, було засновано Європейську екомережу Natura-2000
Прийняття рішення про створення екомережі (1993)	Під час роботи Міжнародної конференції «Охорона природної спадщини Європи через створення Загальноєвропейської екологічної мережі» (Маастрихт, Нідерланди) було прийнято рішення включити Загальноєвропейську екомережу до головних пріоритетів європейської природоохоронної політики.
Схвалення Загальноєвропейської екомережі (1995)	Під час роботи 3-ї Міністерської конференції «Довкілля для Європи» (Софія, 1995) було схвалено створення Загальноєвропейської екомережі протягом 20 років
Прийняття Смарагдової мережі	Смарагдова мережа як аналог мережі Natura-2000 для країн Європи, які не є членами Євросоюзу
Створення зеленого каркасу Центральної і Східної Європи (1998)	Під час роботи конференції «Зелений каркас Центральної і Східної Європи» (Краків) було прийнято Краківську декларацію про створення «Зеленого каркасу Центральної і Східної Європи», де закріплено заходи щодо запровадження критеріїв і методів створення екомереж у Центральній і Східній Європі
Зобов'язання створення екомережі (2003)	Під час роботи 5-ї Міністерській конференції «Довкілля для Європи» (Київ) прийнято зобов'язання щодо створення Загальноєвропейської екомережі
Підтримання міжнародних регіональних ініціатив	Регіональними ініціативами у формуванні Загальноєвропейської екомережі стали: Альпійська мережа ПОТ; Екологічний коридор нижнього Дунаю; Європейський зелений пояс; Екомережа Центральної

Етап	Сутність етапу
	Азії
Створення мережі культурних ландшафтів	На виконання програми ЄС «Культура 2000» до екомережі включено європейські ландшафти, що мають історико-культурну цінність
Ідентифікація екомережі до 2006 р.	Завершення ідентифікації Загальноєвропейської екомережі (ключові території, екокоридори, буферні зони) та її нанесення на узгоджені індикативні карти з метою створення Глобальної екомережі
Захист екомережі	Забезпечення належного захисту всіх ключових територій Загальноєвропейської екомережі до 2008 р. та надання рекомендацій для розроблення територіального планування і землекористування на національному, регіональному і міжнародному рівнях

Концепція створення Всеєвропейської екологічної мережі (European Ecological Network – EECONET), запропонована під час конференції «Охорона природної спадщини Європи через створення Європейської екологічної мережі» у Маастрихті, органічно інтегрується у концепцію сталого розвитку і одночасно є одним з потужних інструментів її реалізації. Формування EECONET було включено до Всеєвропейської стратегії збереження біологічного і ландшафтного різноманіття (Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy – PEBLDS), схваленої під час проведення 3-ї Всеєвропейській конференції міністрів охорони довкілля (Софія, 1995).

### ***9.3.1 Правові основи створення Європейської екомережі***

Правовою підставою розбудови Загальноєвропейської екомережі є дві директиви Європейського Союзу, а саме:

- ✓ «пташина» (1979) – Про захист диких птахів (Council Directive 79/409/EEC on the conservation of wild birds);
- ✓ «оселищна» (1992) – Про збереження природних типів оселищ та видів природної фауни і флори (Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora).

*Пташина директива* визначає території спеціальної охорони (Special Protection Areas), а *Оселищна* – території, що резервуються для подальшого заповідання (Sites of Community Importance). Директива про захист диких птахів була першим системним правовим актом ЄС у сфері охорони довкілля і на момент свого прийняття у 1979 році пропонувала передовий підхід до збереження природи: окрім окремих видів, механізм охорони диких птахів передбачав охорону їх оселищ. Загальною метою Пташиної директиви є збереження популяцій усіх видів диких птахів, які природно проживають на території держав-членів



ЄС на рівні, що відповідає екологічним, науковим і культурним вимогам. Механізми захисту диких птахів передбачають охорону оселищ, заборону полювання, наукові дослідження, а також створення спеціальних ПОТ (Рис. 139). Під захистом директиви перебувають 194 види птахів, а оновлювався перелік востаннє у 2007 році через приєднання Болгарії та Румунії до Євросоюзу.



Рис. 139. Механізми захисту диких птахів, передбачені Пташиною Директивою

Метою *Оселищної директиви* є забезпечення підтримання біорізноманіття за допомогою збереження природних оселищ та видів природної фауни і флори. Згідно ст. 3 директиви, на території країн-членів Євросоюзу має бути створена єдина екологічна мережа особливих природоохоронних територій (Special Areas of Conservation) під назвою *Natura-2000*. Ця мережа має сприяти збереженню та, у випадку необхідності, відтворенню типів природних оселищ до сприятливого природоохоронного статусу в межах їхнього природного ареалу. Створення Natura-2000 спрямовано на підтримку біорізноманіття шляхом збереження типів біотопів, а також окремих видів дикої флори і фауни тільки на території ЄС. Виняткове значення для збереження біорізноманіття мають ключові ділянки, але мережа Natura-2000 ними не обмежується, а включає буферні зони і екологічні коридори, необхідні для збереження мігруючих видів.

Оселищна директива не має аналогів у світі. Реальні зусилля щодо захисту оселищ є реакцією на усвідомлення величезних загроз не лише для видів, але

й місць їхнього існування. Саме оселища зазвичай використовуються у якості індикаторів біорізноманіття. Тому оцінка охоплення життєвого середовища у рамках Natura-2000 є об'єктивним відображенням того, наскільки повно мережа охоплює біорізноманіття у цілому. Європа належить до регіонів з найвищим антропогенним навантаженням на екосистеми, а обмежений простір зміщує виділення ПОТ до віддалених або занедбаних районів з низьким комерційним інтересом. Це призводить до появи у деяких країнах, таких як Німеччина, численних невеликих і не пов'язаних між собою охоронюваних територій. Зокрема, фрагментація оселищ є одним з ключових факторів втрати біорізноманіття і крайових ефектів.

Для країн-членів Ради Європи, які не є членами Євросоюзу, Конвенцією про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (Бернська конвенція 1979 року) передбачається визначення т. зв. територій спеціального інтересу збереження, або територій особливого природоохоронного значення (Areas of Special Conservation Interest). З метою реалізації положень конвенції, у рамках Рекомендації № 16 Постійного комітету Бернської конвенції, з 1989 року розпочалося створення спеціальної екологічної мережі територій особливого інтересу під назвою *Смарагдова мережа* (Emerald Network of Areas of Special Conservation Interest). Тобто системи взаємопов'язаних когерентних територій, що підлягають управлінню, моніторингу і обліку.

Перед тим, як бути офіційно включеними до складу Смарагдової мережі, всі пропоновані території проходять ретельну біогеографічну оцінку на предмет їхньої відповідності досягненню кінцевої мети. Цією метою є забезпечення довгострокового виживання видів і природних оселищ, які потребують спеціальних заходів захисту. Такі оселища і види перелічені у Резолюції Постійного комітету Бернської конвенції № 4 (1996) під назвою «Перелік зникаючих природних оселищ, які потребують спеціальних заходів захисту» та Резолюції № 6 (1998) про визначення видів, які потребують конкретних заходів захисту. Обидві екомережі – Смарагдова і Natura-2000 – мають аналогічні цілі, але Natura-2000 має міцнішу правову основу, бо директиви ЄС є обов'язковими для застосування, і тому вона уже функціонує. Участь у створенні Смарагдової мережі допомагає державам-кандидатам на вступ до Євросоюзу заздалегідь провести підготовчі роботи для виконання положень Пташиної і Оселищної директив.

Серед інших правових основ Європейської екомережі – Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як се-

редовища існування водоплавних птахів (Рамсарська конвенція) і Конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин (Боннська конвенція). *Рамсарська конвенція* (1971) є першою глобальною угодою з охорони та збереження довкілля і природних ресурсів. Її офіційна назва відображає початкову мету – зберегти водно-болотні угіддя (ВБУ) як середовища існування для водоплавних птахів. Поступово мету Конвенції було розширено, і нині вона охоплює всі аспекти збереження і збалансованого використання цінних водно-болотних угідь, важливих для збереження біорізноманіття та надання людству екосистемних послуг. З нагоди ухвалення Рамсарської конвенції щорічно 2 лютого відзначається Всесвітній день водно-болотних угідь.

Згідно зі ст. 1 Конвенції, під ВБУ розуміють райони маршів, боліт, драговин, торфовищ або водойм – природних і штучних, постійних і тимчасових, стоячих і проточних, прісних, солонкуватих або солоних, включаючи морські акваторії, глибина яких не перевищує 6 м. Для визначення угідь, які можуть бути заявлені до спеціального Переліку ВБУ міжнародного значення, розроблено критерії, серед яких типовість і унікальність екосистем для біогеографічного регіону, цінність угіддя для підтримання біорізноманіття регіону, існування ендемічних, рідкісних і зникаючих видів рослин і тварин, місце регулярного перебування понад 20 тис водних птахів або важливе місце для нересту, нагулу і зимівлі місцевих видів риб тощо. Будь-яке ВБУ, яке відповідає хоча б одному з цих критеріїв, може бути призначено відповідним національним органом для додавання у Рамсарський список. Кожна країна, що є стороною Рамсарської конвенції, має заявити до Переліку принаймні одне своє угіддя і взяти його під охорону. Нині Рамсарський перелік є найбільшою у світі екомережею: на території 169 країн налічується 2354 водно-болотних угідь міжнародного значення, що охоплюють площу 252,5 млн га.

Нещодавно до Рамсарського переліку включено гирло річки Гленелг (Glenelg) і прилеглі ВБУ в затоці Діскавері (Discovery Bay) в Австралії (Рис. 140). Територія ВБУ міжнародного значення охоплює площу більш ніж 22 тис га і включає частину Національного парку Нижній Гленелг (Lower Glenelg), прибережний парк Діскавері Бей і заповідник Нельсон (Nelson Streamside Reserve). У рідкісних дюнах ВБУ мешкають різноманітні види, що перебувають під загрозою зникнення, включаючи рослини, водяних птахів і рибу. ВБУ задовольняє необхідним Рамсарським критеріям, забезпечуючи середовище існування для 95 видів птахів, 24 з яких є мігруючими.



Серед ВБУ міжнародного значення, включених до Рамсарського переліку в 2019 році – індійський Сундарбанс (Sundarbans) у спільній дельті річок Ганг і Брахмапутра в Бенгальській затоці у межах найбільшого в світі мангрового лісу (Рис. 141). ВБУ Сундарбанс, що охоплює південно-західну частину дельти, становить понад 60% від загальної площі мангрових лісів країни і включає 90% видів індійських мангрових лісів. Мангрові ліси захищають від штормів, циклонів, припливів і проникнення солоної води у внутрішні водойми. Sundarbans – це національний парк, біосферний резерват і об’єкт Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО, а також заповідник тигрів, єдине оселище мангрових лісів, яке підтримує чисельну популяцію бенгальських тигрів.



Рис. 140. ВБУ Discovery Bay (Австралія)



Рис. 141. ВБУ Sundarbans (Індія)

Мережа Рамсарських угідь нині є справді глобальною, включає прибережні й внутрішні ВБУ всіх типів у шести Рамсарських регіонах. Першим у 1974 році до Рамсарського переліку було внесено півострів Кобург в Австралії. Найбільшими об’єктами є Ngiri-Tumba-Maindombe в Республіці Конго і затока Королеви Мод (Queen Maud Gulf) у Канаді – більше 60 тис км<sup>2</sup> кожен. Країнами з найбільшою кількістю ВБУ є Сполучене Королівство (175) і Мексика (142). Болівія має найбільшу площу Рамсарських угідь – 148 тис км<sup>2</sup>; Канада, Чад і Конго мають площу ВБУ понад 100 000 км<sup>2</sup>.

Метою *Боннської конвенції (Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals)*, підписаної у 1979 році, є розроблення і вжиття спільних заходів щодо збереження мігруючих видів тварин протягом усього міграційного шляху на суші, у повітрі та у воді. Охоронні заходи залежать від того, до якого з двох додатків до Конвенції внесено відповідні види. Додаток I містить перелік мігруючих видів, які перебувають під загрозою зникнення; до Додатку II занесено види, які мають несприятливий охоронний статус, і його по-

ліпшення потребує спеціальних заходів. Сторони Боннської конвенції мають забезпечувати суворий захист цих видів, охорону або відновлення їх оселищ, зменшувати вплив перешкод на шляхах міграції та контролювати інші фактори, які можуть становити загрози. Під егідою Боннської конвенції було укладено низку додаткових угод, які стосуються охорони конкретних видів тварин.

### **9.3.2 Структура і критерії створення екологічних мереж**

Під час роботи Європейської конференції «Зелений каркас Центральної та Східної Європи» (Краків, 1998) було прийнято Краківську декларацію «Реалізація Пан'європейської екологічної мережі (ПЄЕМ): створення «Зеленого каркасу Центральної та Східної Європи». Нею було закріплено необхідність розроблення критеріїв і методики ефективного формування ПЄЕМ. У ході Конференції підтверджено, що основними міжнародними інструментами практичного формування ПЄЕМ у загальноєвропейському масштабі є Natura-2000 і Бернська конвенція. А також наголошено на необхідності оцінки існуючих уявлень про екологічні бар'єри, уникнення створення нових бар'єрів та вивчення способів відновлення розірваних екологічних коридорів.

Зобов'язання щодо створення Загальноєвропейської екомережі було взято урядами європейських країн під час проведення п'ятої конференції «Довкілля для Європи» (Київ, 2003). У Київській резолюції про біорізноманіття європейські міністри охорони довкілля підтвердили наміри щодо скорочення втрат біологічного і ландшафтного різноманіття на всіх рівнях до 2010 року. Цілі створення ПЄЕМ визначаються її головними геоекологічними функціями – збереження екосистем, оселищ, видів і ландшафтів європейського значення. Цими функціями визначається виділення у структурі Загальноєвропейської екомережі таких базових елементів:

- У *Природні ядра* (Core areas) мають найвищу природоохоронну цінність. Це важливі місця проживання рідкісних видів, які включають захищені ділянки дикої природи або напівприродні території високої екологічної якості. Їхня площа може бути різною залежно від збереженого різноманіття та поширення рідкісних видів.
- У *Екокоридори* (Ecological corridors) забезпечують поєднання природних ядер, полегшують генетичний обмін між популяціями тварин і рослин, а також міграційні процеси. Чим вужчий екокоридор, тим гірше він виконує своє призначення.

- У *Відновлювальні території* (Restoration areas) призначені для відновлення порушених природних екосистем, оселищ, екологічних функцій і втрачених диких видів, або повне відновлення деяких районів.
- У *Буферні зони* (Buffer zones) сприяють зміцненню мережі та її захисту від впливу негативних зовнішніх чинників. Зазвичай це території, які оточують природні ядра, з регульованим режимом заповідання і господарювання.
- У *Території сталого використання* (Sustainable use areas) призначені для сталої економічної діяльності й відповідного використання природних ресурсів. Головним при цьому є підтримання екосистемних послуг з одночасним пом'якшенням ворожих до дикої природи видів господарської діяльності. Це можуть бути розірвані частини екокоридорів – лісові масиви або ділянки степу, що знаходяться на значній відстані від елементів екомережі.

Екологічні коридори дуже важливі для тих видів, виживання яких залежить від щоденних або сезонних переміщень між оселищами. У різних часових проміжках екокоридори служать для генетичного обміну між популяціями (біо-коридори). У загальнішому сенсі екокоридори можуть виконувати й інші функції – оселищ (постійних або тимчасових), каналів розповсюдження видів, фільтрів, бар'єрів. Функції екокоридорів переважно виконують прибережна рослинність, огорожувальні мережі, узлісся, трав'янисті смуги, долини річок, підніжжя височин, дороги та інші лінійні елементи інфраструктури, створені людиною. Екокоридори можуть мати різну форму – лінійну, з потовщеннями, з роз'єднаними потовщеннями (т. зв. «сходинки», stepping stones) або ландшафтну мозаїку (Рис. 142). Екокоридор може виконувати низку функцій одночасно, але для різних видів. Наприклад, лісовий екокоридор може бути каналом для поширення деревних видів, але фільтром – для лугових видів.

Отже, за своєю структурою і виконуваними геоекологічними функціями екологічна мережа – це об'єднання природоохоронних і допоміжних територій різного статусу в систему, яка забезпечує функціональні зв'язки між біотою різних регіонів та умови для природного (або наближеного до природного) перебігу процесів функціонування та розвитку екосистем різних рівнів організації. Іншими словами, екомережа є структурно-функціональною основою збереження біорізноманіття в умовах трансформованого середовища.

Ключовим у визначенні територій, перспективних для включення до екомережі за європейськими критеріями, є виділення біотопів, ділянок земної поверхні (sites), оселищ (habitats), екосистем і ландшафтів, що відіграють особли-

ву роль у збереженні умов виживання і розвитку популяцій видів, які потребують охорони. Вибір територій того чи іншого призначення у рамках екомережі здійснюється на підставі узагальнення детальної інформації про поширення видів рослин і тварин та шляхи їхньої міграцій. Тобто в усіх країнах Європи вибір ділянок для формування елементів екомережі базується на принципах оселищної охорони біотичного і ландшафтного різноманіття, а тип оселища є інструментом визначення об'єктів охорони.

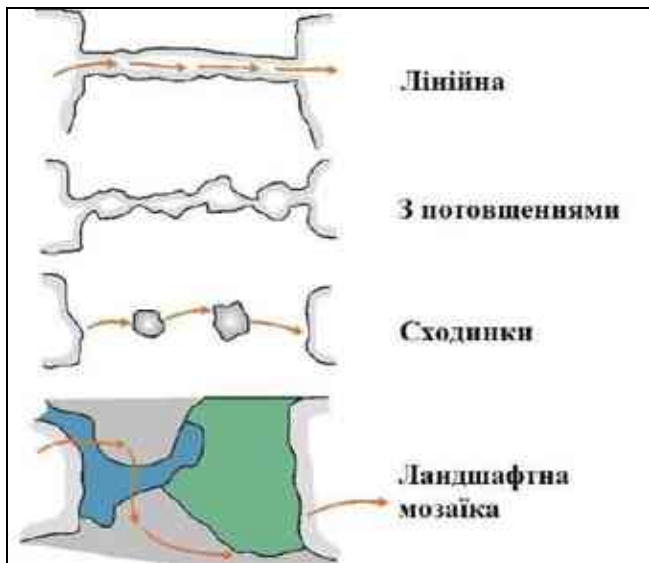


Рис. 142. Можливі форми екологічних коридорів

Базовою основою розбудови екомережі є біогеографічні засади – реальні дані щодо поширення видів і оселищ (біотопів), на підставі яких визначають ділянки спеціального збереження. Згідно з Бернською конвенцією, такими ділянками апіорі є території, що мають європейське значення для збереження видів і біотопів. Наприклад, територія визначається об'єктом Смарагдової мережі (Смарагдовим об'єктом), якщо вона відповідає одній або кільком з наступних умов:

- ☞ сприяє виживанню зникаючих, ендемічних або будь-яких інших видів, перелічених у додатках I і II Бернської конвенції;
- ☞ утримує значну кількість видів на території багатого видового різноманіття або утримує важливі популяції одного чи більше видів;
- ☞ містить репрезентативний зразок оселищ (біотопів), що перебувають під загрозою зникнення;
- ☞ містить важливий приклад особливого типу оселища або мозаїку різних типів оселищ;
- ☞ є важливою територією для одного або більше мігруючих видів;
- ☞ вносить будь-який інший істотний внесок у досягнення цілей Конвенції.

Для призначення території особливого природоохоронного значення (Areas of Special Conservation Interest) до Секретаріату Ради Європи подається інформація за Смарагдовою типовою формою даних. Процедура розроблення і створення екомережі викладено у документі «Розвиток Смарагдової мережі. Загальні принципи процедури розгляду і затвердження Смарагдових об'єктів, запропонованих державами».

Формування екомережі Natura-2000 як інструмента системного підходу до збереження видового і екосистемного різноманіття в різних країнах ЄС має свої проблеми і особливості. Наприклад, в *Іспанії* щільне заселення території, інтенсивне будівництво, промисловий розвиток і сільське господарство призвели до значної фрагментації природних ландшафтів. Не зважаючи на це, проект національної екомережі включає понад 2 тис різноманітних територій. Однак невирішеними залишаються дві суттєві проблеми: критерії вибору природних ядер та принцип створення екологічних коридорів і буферних зон.

Іспанія відрізняється дуже багатим біорізноманіттям та охоплює чотири з дев'яти біогеографічних регіонів, визначених Директивою про оселища. На території Іспанії виявлено 117 природних оселищ та 429 видів дикої фауни і флори. Маючи 1863 об'єкта Natura-2000, 644 об'єкта Пташиної директиви і 1467 об'єктів Оселищної директиви (27,2% території країни), Іспанія вносить найбільший внесок у мережу Natura-2000 – більше 222 тис км<sup>2</sup>. В іспанській стратегії зеленої інфраструктури враховуються, зокрема, охоронювані райони, оселища рідкісних і зникаючих видів, гірські райони, водно-болотні угіддя, міграційні шляхи, підводні каньйони, важливі для природи сільськогосподарські угіддя.

У *Швейцарії* створення національної екомережі офіційно розпочато у 2004 році. Проте дискусійними залишаються питання вироблення критеріїв якості ключових територій з екологічної точки зору. Пропонується суворо дотримуватися концепції екомережі, враховуючи особливості регіонів. Найбільші проблеми виникають у гірських районах, де співіснують інтенсивно використувані й покинуті землі. Тут можливі два сценарії: перший – збереження «statusquo» шляхом перетворення природних ділянок з островків у фрагментарні заповідні об'єкти; другий – часткове збереження орного землеробства, лісокористування і тваринництва, тобто формування окультурених ландшафтів. Прийняття рішення в будь-якому випадку створює підґрунтя для розбудови національної екологічної мережі.

У *Німеччині* планування екомережі прийнято на основі Програми «Планування мережі цінних оселищ» (Habitat Network Planning). Німецька мережа Natura-2000 складається з більш ніж 5300, переважно невеликих (середня пло-

ща приблизно 2 км<sup>2</sup>) окремих ділянок, які охоплюють загальну площу близько 80,8 тис км<sup>2</sup>. Це набагато менше, ніж в Іспанії, де мережа Natura-2000 охоплює найбільшу площу в 222,1 тис км<sup>2</sup>, з яких 137,8 тис км<sup>2</sup> – на суші. Отже, кількість і розміри ділянок можуть бути недостатнім для адекватного захисту оселищ в Німеччині.

Суттєві проблеми супроводжують розвиток екомережі *Бельгії* на регіональному рівні. Особливо у одній з трьох земель країни – Фландрії, де щільність населення становить 420 чол./км<sup>2</sup> і є найвищою у Європі. Через розгалужену мережу автошляхів і каналів та інтенсивне сільське господарство, ПОТ у Фландрії сильно фрагментовано. Тому багато видів і біотопів, які колись були типовими для цієї території, наразі стали рідкісними. У 1993 р. Департамент охорони природи розробив Зелений каркас Фландрії (Green Main Structure for Flanders), який включає ті ж структурні елементи (заповідні ядра, території природного розвитку, екологічні коридори і буферні зони), що й національна екомережа. Однак через відсутність механізму компенсації за вилучені землі та недосконалість законодавчої бази, місцеві фермери та інші землевласники виступили проти урядової ініціативи. В результаті план Зеленого каркасу було відкладено до кращих часів.

Нині базовим документом Бельгії є Національна стратегія з біорізноманіття на 2013-2020 роки, спрямована на усунення проблем національного і міжнародного рівнів. Оновлена Національна стратегія має на меті захист і відновлення біорізноманіття та пов'язаних з ними екосистемних послуг за допомогою ПОТ і зеленої інфраструктури. Фламандська екологічна мережа частково збігається з Natura-2000 і охоплює площу 125 тис га. Відновленню і розвитку зеленої інфраструктури сприяють визначення ділянок Natura-2000 з пріоритетними заходами щодо захисту видів і оселищ. Ці ділянки та інші ПОТ утворюють каркас екологічної мережі.

Формування національної екомережі *Нідерландів* розпочалося з 1995 року та розраховано на 30 років. У кінцевому результаті екомережа має охопити площу 700 тис га (17% території країни), з яких 130 тис га – природні екосистеми. До екомережі Нідерландів включено природні резервати і ліси, території ландшафтної спадщини, національні парки, річкові долини та прибережні зони Північного моря. Нідерландська концепція екомережі схиляється до поділу форм землекористування: у малозаселених районах потрібні ефективніші природоохоронні заходи, ніж у районах з високою щільністю населення. Упровадження концепції відбувається за рахунок екологічних коридорів розгалужених річкових долин, гирл річок, які об'єднують ізольовані біотопи.

*Великобританія* була першою країною, яка у 1992 році розробила національний План дій зі збереження біорізноманіття (UK Biodiversity Action Plan). Британська стратегія дещо відрізняється від аналогічних стратегій інших європейських країн, хоча у її основу також покладено створення загальноєвропейської мережі ПОТ, сполучених екокоридорами. У 2007 році автономні адміністрації Англії, Північної Ірландії, Шотландії, Уельсу та уряд Великобританії прийняли документ про спільне бачення збереження біорізноманіття та досягнення загальних цілей чотирма країнами. 2012 року прийнято нову Рамкову програму зі збереження біорізноманіття. Пріоритетними видами і оселищами у Великобританії із самого початку визнано ті, які перебувають під загрозою і потребують невідкладних дій щодо їх збереження. Початкові списки пріоритетних видів і оселищ було створено за період з 1995-1999 рр., а потім оновлено у 2007 році. Це дало можливість взяти до уваги нові пріоритети і величезний обсяг нової інформації, зібраної з моменту створення перших списків. Після оновлення кількість пріоритетних видів збільшилася з 600 до 1150. Станом на березень 2019 року в Британії нараховувалося 658 об'єктів Natura-2000 площею 13,5 млн га, не включаючи Гібралтар (5,69 тис га).

Отже, Natura-2000 нині є мережею основних місць розмноження і відпочинку рідкісних і тих, що перебувають під загрозою зникнення, видів, а також певних типів природних оселищ. Мережа розповсюджується на всі 28 країн ЄС – як на суші, так і на морі. Метою створення мережі є забезпечення довгострокового виживання найцінніших видів і оселищ в Європі, перерахованих у Пташиній і Оселищній Директивах. Natura-2000 охоплює більше 18% території Євросоюзу і майже 9,5% його морської території та є найбільшою скоординованою мережею охоронюваних районів у світі. Natura-2000 не є системою суворих природних заповідників, з якої виключено будь-яку діяльність людини. Підхід до збереження і сталого використання територій Natura-2000 набагато ширший і переважно зосереджений на людях, які працюють з природою, а не проти неї. Однак держави-члени мають забезпечувати збалансоване управління об'єктами як з екологічної, так і з економічної сторін.

Концепція екомережі є інтегральною основою збереження біологічного і ландшафтного різноманіття. Вона поєднує в собі всі попередні системи охорони природи, пов'язує природоохоронну діяльність з різними секторами економіки (аграрним, транспортним, лісовим, туристичним тощо) і є основним елементом стратегії збалансованого розвитку. Це якісно новий підхід до розв'язання проблеми співіснування сучасного урбаністичного людства у від-



носінах із природою, спрямований на забезпечення функціонування всіх природних компонентів довкілля як єдиної цілісної системи.

#### 9.4 Екосистемні послуги природоохоронних територій

Як вже було зазначено у §8.3.2, екосистемними послугами (ЕП) є усі блага, які людство отримує від екосистем. Залежно від виконуваних функцій, ЕП поділяють на чотири категорії – *забезпечувальні* (provisioning services), *регулювальні* (regulating services), *культурні* (cultural services) і *підтримувальні* (supporting services). Кожна з цих широких категорій істотно збігається з функціями природного капіталу. Забезпечувальні, регулювальні й культурні послуги безпосередньо впливають на людей, а підтримувальні послуги необхідні для збереження інших ЕП (Рис. 143). Наприклад, до забезпечувальних послуг належать прісна вода, яку люди отримують від екосистем для забезпечення своїх потреб; волокна – деревина, бавовна, вовна, шовк; паливо – деревина, гній; генетичні ресурси – гени і генетична інформація для біотехнологій; харчові ресурси, отримувані з рослин, тварин і мікроорганізмів.



Рис. 143. Категорії екосистемних послуг, які безпосередньо впливають на людей

Екосистеми природоохоронних територій служать своєрідним «буфером», який пом'якшує негативний вплив людської діяльності на природне оточення. Кожна ПОТ надає декілька видів екосистемних послуг і має важливе значення для збереження біорізноманіття. Багато ЕП, які продукуються певними категоріями ПОТ, не мають прямого вираження у грошовому еквіваленті,



вони часто деградують або навіть втрачаються. Особливо це стосується ПОТ, розташованих у регіонах з найвищим антропогенним навантаженням на їхні екосистеми. Одним з факторів деградації екосистем і втрати біорізноманіття є ігнорування цінності ЕП для життєдіяльності людей, тобто ігнорування тими, хто безпосередньо ці послуги отримує.

#### ***9.4.1 Економічна оцінка екосистемних послуг***

Стратегічні еколого-економічні орієнтири природокористування у цивілізованому світі визначаються шляхом розроблення механізмів управління екосистемними послугами. Економічні механізми такого регулювання базуються на сприянні реалізації природоохоронних програм та мотивації товаровиробників до «озеленення» виробництва, технологій і виробленої продукції. Це вказує на наявність передумов для включення ЕП у систему економічних відносин. 2010 року економічну значимість ЕП скорочення викидів парникових газів від збереження лісів було оцінено у \$3,7 трлн, а внесок комах-запилювачів до виробництва сільськогосподарської продукції – приблизно у \$190 млрд щороку.

Виявлення та оцінка екосистемних послуг фіксує їхню вартість і слугує пошуку оптимального рішення для реалізації поставлених завдань з використанням економічних інструментів. Наприклад, в результаті економічної оцінки ЕП високогірних лісів Ширкентського природно-історичного парку (Таджикистан), найважливішими з точки зору життєдіяльності виявлено послуги забезпечення паливом і чистою питною водою. Обидва види ЕП оцінено у \$400 тис щороку. У той же час генетичне і видове біорізноманіття парку оцінено у розмірі \$70 млн, що дає підстави відображати міжнародне значення даної ПОТ.

Під час десятої наради Конференції Сторін Конвенції про біологічне різноманіття (Нагоя, Японія, 2010) було прийнято *Стратегічний план з біорізноманіття на 2011-2020 роки та цільові завдання Аїті щодо біорізноманіття «Жити в гармонії з природою»*. Стратегічний план включає 20 головних цільових завдань, віднесених до п'яти стратегічних цілей. Відповідно до Цілі А щодо боротьби з основними причинами втрати біорізноманіття, завданнями 1 і 2 передбачено до 2020 року включити вартісну цінність біорізноманіття у національні й місцеві стратегії розвитку. Тобто економічна оцінка ЕП має відігравати ключову роль у прийнятті управлінських рішень, особливо на місцевому рівні, сприяючи збереженню ПОТ, що, у кінцевому рахунку, значно економить фінансові ресурси.

Незнання потоків ЕП може призвести до фінансових втрат у реалізації будь-яких інвестиційних проектів, а також до руйнування екосистем. Якщо відсутня повна оцінка всіх потоків ЕП, правильне рішення може бути ускладнене. Припинення фінансування ЕП у багатьох випадках супроводжується ще більшими витратами на відновлення порушених екосистем, а процес відновлення зазвичай вимагає тривалого часу. Найбільш уразливі верстви населення значною мірою залежать від забезпечення екосистемними послугами, тому втрата цих послуг часто призводить до екологічних і техногенних катастроф.

Існують різні методики проведення оцінки ЕП. До основних складових будь-якої оцінки належать збирання і аналіз попередньої інформації про виявлені ЕП, їх ранжування за значимістю, доповнення матеріалами польових досліджень, а також отримання результатів і розроблення пропозицій для прийняття правильних рішень (Рис. 144). Одним з найбільш розповсюджених є *метод альтернативної вартості*, який передбачає оцінку можливості надання певної послуги з альтернативних джерел. Наприклад, альтернативою до ЕП забезпечення чистою питною водою з річки може бути її видобування з підземних джерел або очищення води, отриманої з інших джерел. Ринкова вартість надання альтернативної послуги і буде оцінкою даної ЕП. Застосовується тоді, коли важко визначити реальну вартість послуги або послуга надається безкоштовно.



Рис. 144. Основні етапи економічної оцінки екосистемних послуг

Так, наприклад, було оцінено вартість послуги забезпечення питною водою гірськими екосистемами Копетдагського заповідника (Туркменістан). Залежність місцевого населення від води, що надається гірськими річками, коливається від 25 до 100% і становить 87,475 м<sup>3</sup> на добу. За розрахунками, враховуючи очисне обладнання продуктивністю до 5 м<sup>3</sup>, альтернативне отримання води (закачування підземних вод і очищення) обсягом 1 м<sup>3</sup> на добу обійдеться у \$1,2 щороку. Отже, загальна цінність ЕП становить \$102,346 щорічно. Недоліком цього методу є те, що він не може бути використаний, якщо відсутнє альтернативне рішення.

До ЕП, які не можуть бути оцінені з використанням ринкових цін або альтернативної вартістю, застосовується *метод транспортно-дорожніх витрат*. Він особливо ефективний для екосистем ПОТ, часто відвідуваних туристами. Метод також підходить для розрахунку потенційного відвідування, щоб визначити цінність використання туристичного об'єкта на майбутнє. Розраховуються транспортно-дорожні витрати туристів, які відвідують досліджувані екосистеми або об'єкти у їхніх межах: транспортні, проживання, харчування, вхідні квитки тощо. Для визначення вартості культурних ЕП витрати помножуються на загальну кількість приїжджаючих туристів. Головною проблемою даного методу є відокремлення витрат на відвідування окремого об'єкта від витрат на відвідування інших об'єктів.

Наприклад, історико-природний національний парк Ширкент (Таджикистан) відвідують близько 1000 туристів щороку, з яких 200 іноземних і 800 місцевих. Було розраховано, що місцевий турист за 4-денну поїздку може витратити близько \$205 на дорогу і транспорт в парку, харчування, проживання сувеніри, квитки тощо. Іноземний турист може витратити у середньому близько \$2322, включаючи міжнародний переліт, проживання, візи, транспорт тощо. Виходячи з цього, загальна туристична цінність екосистем парку становить \$630 тис, у той час як потенційна цінність оцінюється у \$3,146 млн за умови відвідування близько 5000 туристів щороку.

На виявленні готовності людей платити за ту чи іншу ЕП, за її наявність або зникнення, базується *метод умовної оцінки (заявлених переваг)*. Цей метод використовує цільове опитування населення про те, скільки б вони заплатили за існування даної послуги; чи змогли б заплатити певну суму, якби доступ в ПОТ був закритий тощо. Результати опитування інтерполюють на всю групу населення, і виходить приблизна сума, яку населення готове платити за надання да-

ної ЕП. Сфера застосування даного методу охоплює практично всі види екосистемних послуг, однак переважно метод застосовується у випадках, коли послугу неможливо оцінити ринково або якщо послуга оцінюється у разі майбутнього поліпшення екосистеми. Метод достатньо ефективний для оцінки вартості природної спадщини.

Наприклад, ВБУ міжнародного значення під охороною Хозарського державного заповідника (Туркменістан) надають важливі ЕП населенню міста Туркменбаші. Оцінка вартості цих послуг базувалася на питанні, скільки грошей щорічно готова заплатити кожна родина за те, щоб зберігалася природа даної території. Більшість опитаного населення зупинилися на оцінці у \$7 на родину. Інтерполяція цієї суми на все населення міста дала приблизну вартість ЕП водно-болотних угідь у \$114 тис щороку. Головним недоліком методу умовної оцінки ЕП якраз і є його «умовність», оскільки готовність платити не означає платити, і тому заявлені переваги можуть бути вищими за реальну готовність платити. Крім того, застосування методу вимагає якнайширшого проведення опитувань, що зазвичай потребує витрат.

Для оцінки ЕП, що вимагають серйозних наукових досліджень, наприклад, внесок комах-запилювачів або уловлювання вуглецю, доцільно використовувати результати інших країн, де такі оцінки проведено, тобто *метод трансферу вартості*. Після отримання даних вони коригуються залежно від показників ВВП на душу населення, рівня інфляції або доходів тощо. Отримана сума і буде вартістю даної послуги. Цей метод може застосовуватися до оцінки будь-якої ЕП, але передусім у тих випадках, де немає можливості проведення власної оцінки. Використання даного методу обмежується відсутністю якісних науково обґрунтованих оцінок, яких у світі проведено багато, але їхню коректність важко оцінити, особливо коли вони стосуються різних регіонів, з різними рівнями життя населення та його обізнаності щодо важливості ЕП.

Методика оцінки ЕП передбачає ранжування послуг на регіональні, національні й глобальні для отримання повної картини про важливість послуг. Важливість визначається, виходячи з досвіду фахівців, інтерв'ю під час відвідування ПОТ, а також результатів економічної оцінки. На важливість може впливати загальна вартість ЕП, її кількісні показники, значення для життєдіяльності людини. Вартісна оцінка не завжди відіграє ключову роль у визначенні важливості, оскільки далеко не всі екосистемні послуги можуть бути оцінені. Послуги місцевого значення (продукти харчування, природна медицина) мають оціню-

ватися на місцевому рівні, у той час як оцінку ЕП національної і глобальної значимості варто проводити за допомогою методу трансферу вартості.

Економічна оцінка ЕП у природоохоронній галузі дозволяє обґрунтувати значущість створених ПОТ для збереження дикої природи, встановити правильну систему виплат у разі нанесення шкоди, включаючи штрафні санкції або компенсації. Виявлення найважливіших регулювальних ЕП, таких як захист від потопів, ерозійних процесів чи обвалів, а також підтримка таких важливих функцій життєдіяльності, як забезпечення питною водою та очищення відходів, допоможе суттєво знизити витрати на надання цих послуг альтернативними способами. Нарешті, економічна оцінка служить повнішому виявленню цінності ЕП, що необхідно для визначення витрат на відновлення і утримання збитку.

Концепція економічної оцінки ЕП активно розвивається з початку 2000-х років. Одним з прикладів використання концепції на глобальному рівні є Програма Світового Банку «Облік добробуту і оцінка екосистемних послуг» (Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services, WAVES), яку було задумано як партнерство для переходу країн на т. зв. «зелений» облік національних рахунків (green accounting). Програму розпочато після зустрічі в Нагої 2010 року. За Проектом, WAVES-країни мали перейти на т. зв. «облік природних ресурсів» (natural capital accounting). Програма, запланована для проведення у декількох країнах, всього за два роки отримала підтримку від 65 країн, 90 корпорацій і 17 громадських організацій. Крім того, статистична комісія ООН прийняла Систему еколого-економічного обліку (System of Environmental-Economic Accounting, SEEA), яка надає країнам затверджену методику з обліку природних багатств (деревини, мінералів, риби). Систему було затверджено на 43-й сесії ООН 2012 року.

У 2007 р. в Потсдамі керівники природоохоронних відомств розвинених країн G8+5 прийняли рішення про проведення економічного аналізу втрати екосистем і біорізноманіття. Ініціатива під назвою «Економіка екосистем і біорізноманіття» (The economics of ecosystems and biodiversity, TEEB) націлена на аналіз економічної вигоди від біорізноманіття, вартості втрати біорізноманіття та неприйняття заходів зі збереження порівняно з витратами на збереження. Нині, через високий інтерес країн світу, ініціатива перейшла до проведення досліджень на національних рівнях. Зацікавлені країни отримують економічну оцінку екосистем і біорізноманіття, а також підтримку щодо впровадження результатів аналізу в процес прийняття рішень.

Найбільш популярним механізмом економічної оцінки є платежі за екосистемні послуги. Нині у світі зареєстровано більше 300 механізмів таких платежів. Йдеться про добровільні угоди, де «одержувач» заохочує «постачальника» надавати ту чи іншу екосистемну послугу за умови, що постачальник забезпечує якість даної послуги з метою збереження екосистеми. Причому схеми заохочень бувають різні – у фінансовому або натуральному вираженні, у вигляді інших послуг, видачі премій, сертифікатів тощо. Наприклад, Швейцарія була першою країною, яка розробила систему прямих платежів фермерам за ЕП. Щоб претендувати на виплати, фермери мають дотримуватися принципів органічного виробництва – забезпечувати замкнуті кругообіги поживних речовин, відводити землі під зони екологічної компенсації та підтримувати нехімічні заходи захисту рослин. Залежно від використовуваних культур, географічного положення ферми і реалізованих заходів, виплати за додаткові ЕП варіюються від 10% до понад 50% від загального доходу ферми.

#### ***9.4.2 Послуги водних екосистем у межах природоохоронних територій***

Послуги водних екосистем істотно відрізняються від послуг інших екосистем. Найважливішими для добробуту людей послугами, що надаються річковими екосистемами, є водозабезпечення і водопостачання. Також важливими є багато інших послуг, наприклад, регулювання рівнів води та ерозії, самоочищення. Серед культурних послуг найціннішими є рекреація і екотуризм. Допоміжними ЕП є формування ґрунтів, поживних та інших речовин, забезпечення води для росту рослин, створення середовища існування для водних організмів тощо. У агрогеоекосистемах прибережні буферні лісосмуги ефективно затримують і зберігають відклади поверхневого стоку.

Водні екосистеми регулюють запаси поверхневої і ґрунтової вологи, фільтрацію води в ґрунт, випаровування і затримання опадів (Рис. 145). Гідрологічний цикл здійснюється під впливом енергії Сонця на земну поверхню. У межах річкових басейнів формуються різні екосистеми, включаючи ліси, пасовища, сільськогосподарські й водно-болотні угіддя. Основні ЕП забезпечують водні ресурси, використовувані для пиття, господарських потреб і зрошення. Водні екосистеми також підтримують економічно важливі ЕП, такі як паливна деревина, рослинна і тваринна їжа, лікарські трави тощо. Нарешті, річкові екосистеми є потужним джерелом вироблення електроенергії. Регульовальні ЕП водою представлено регулюванням клімату, якості води і повітря, запобіганням

ерозії ґрунту, підтриманням генетичного і видового біорізноманіття, запобіганням повеней, зменшенням паводків і зсувів тощо.



Рис. 145. Регулювальні послуги річкових екосистем

Однією з ключових ЕП річок є фільтрація і переробка матеріалу, що вимивається у річкові потоки і складається з ґрунту, листя, мертвих комах, стоків із сільськогосподарських угідь та пасовищ. Завдяки цьому тваринний гній, хімічні речовини, залишки добрив і пестицидів перетворюються на менш шкідливі речовини, покращується якість води нижче за течією. Послуги річкових екосистем тісно пов'язані з гідрологічними процесами. Кожна послуга має атрибути кількості, якості, місця розташування (локації) і термінів (Табл. 22). Наприклад, комунальне водопостачання потребує не тільки достатньої кількості, але й прийнятної якості води та її наявності у потрібному місці в потрібний час.

Кожен річковий басейн є замкненою системою, у межах якої відбуваються основні цикли руху речовин. Кожен великий басейн є системою водозборів меншого рівня. А тому басейновий принцип, і на його основі інтегрований підхід до управління розвитком територій (див. §7.5.3), сприяє забезпеченню на практиці пріоритетів послуг річкових екосистем на всіх рівнях – від локального (водозбір невеликого струмка чи річки) до міждержавного. Басейновий принцип організації водокористування виявився «найзеленішим» з усіх підходів до

управління ЕП річок, оскільки поєднує екологічні, економічні, біологічні й фізико-хімічні фактори. При цьому погіршення стану водних екосистем проявляється у зменшенні загальних ЕП усього басейну річки, а не лише стану її водно-ресурсної частини.

Табл. 22. Екосистемні процеси та основні послуги річкових екосистем

<b>Екосистемні процеси</b>	<b>Гідрологічні атрибути</b>	<b>Екосистемні послуги</b>
Локальні кліматичні взаємодії Використання води рослинами	<b>Кількість</b> (накопичення поверхневих вод)	<b>Водопостачання</b> комунальне, сільськогосподарське, комерційне, промислове <b>Водокористування <i>in situ</i></b> гідроелектроенергія, рекреація, транспорт, риба та інші прісноводні мешканці
Фільтрація Стабілізація ґрунту Хімічні й біологічні домішки	<b>Якість</b> (патогенні організми, поживні речовини, осад)	<b>Пом'якшення шкоди</b> від повеней, засолення посушливих земель, седиментації <b>Духовні та естетичні</b> релігійні, освітні, туристичні цінності
Ґрунтовий розвиток Модифікація поверхні Зміна шляху течії Розвиток берега річки	<b>Локація</b> (підземна чи поверхнева, верхня чи нижня течія, у межах русла чи поза ним)	<b>Підтримання</b> вода і поживні речовини для життєво важливих дельт та інших оселищ, збереження опцій
Контроль швидкості течії Коротко- і довготермінове зберігання води Сезонність водокористування	<b>Терміни</b> (пікові течії, базові течії, швидкість течії)	

Басейни річок індивідуальні за всіма рисами, тому немає також двох однакових моделей розвитку їхньої території. Всі процеси життєдіяльності людини чітко прив'язуються до наявних джерел водопостачання, що визначає механізм взаємин споживачів і постачальників ЕП у межах водозбору річки. Неповторність і неоднорідність річкових екосистем детермінує диверсифікацію набору ЕП. Створення екосистемної послуги постачальником і його стимулювання з боку споживачів матиме за кінцевий результат формування екологічно сприятливого бізнес-середовища для всіх господарюючих суб'єктів. Довкілля при цьому виконує низку функцій, головними серед яких є такі:

- У функція споживчого блага, яка проявляється у задоволенні життєво необхідних медико-біологічних потреб людини (наприклад, вода для питного споживання і санітарно-гігієнічних потреб);
- У функція простору, яка полягає у ролі річкового басейну як вмістилища господарських об'єктів, наявних ресурсів, відходів тощо;
- У функція джерела виробничих ресурсів, що дає необхідні для існування ресурси – водні, лісові, біотичні, рекреаційні, земельні;



Ї функція асиміляції впливів, яка проявляється у спроможності навколишнього середовища приймати, перетворювати і знешкоджувати негативні впливи.

У межах річкових басейнів агрогеоекосистеми прямо пов'язані з підтримкою основних функцій водозбору: забезпечують інфільтрацію вод, попереджують та унеможливають прояви глибинної ерозії, зберігають необхідні режими місцевого і транзитного стоків, запобігають забрудненню ґрунтів, зменшують потрапляння залишків добрив чи отруйних речовин у водотоки, сприяють ґрунтозахисним заходам. У цьому сенсі землекористувачі зацікавлені у отриманні необхідних ЕП щодо збереження оселищ цінних птахів, комах-запилювачів, ґрунтових організмів, а також рослин, які забезпечують важливу ЕП поглинання діоксиду вуглецю з атмосфери. Прибережні екосистеми формують комплекс ЕП щодо переробки відходів, розчинення стоків, роботи річкового транспорту, існування водної та наземної флори і фауни, підтримання біорізноманіття, збереження естетичної цінності, розвитку туристично-рекреаційного потенціалу.

Лісові біоценози у межах річкових басейнів надають ЕП підтримання водозбірних функцій, регулювання місцевих водотоків, процесів ґрунтоутворення, укріплення ґрунтів і попередження зсувів, поглинання діоксиду вуглецю і забруднювальних речовин з повітря, збереження трофічних циклів та пом'якшення впливу несприятливих кліматичних факторів, а також збереження біорізноманіття, ареалів існування рослин і тварин, рекреаційного потенціалу. ЕП лучних прибережних екосистем часто не можуть надаватися у повному обсязі через їхні докорінні зміни людиною.

Для водних екосистем у межах ПОТ дуже важливими є рекреаційні, освітні й наукові послуги, а також естетична цінність. Внаслідок спорудження великої кількості гребель і штучних водойм річкові екосистеми часто деградують, а якість ЕП істотно погіршується. Використання водойм для риборозведення, забудова прибережних смуг, промислове і комунальне забруднення призводять до евтрофікації водних об'єктів та їх замулення, що заважає підживленню річок ґрунтовими водами. Регулювання рівня води у зариблених ставках призводить до зменшення скидання води зі ставків у літній період, внаслідок чого деградують усі водні екосистеми, розташовані нижче за течією. Тому часто річки повністю пересихають, хоча раніше не зникали навіть у періоди сильної посухи.

Водно-болотні угіддя, що також належать до водних екосистем, відіграють незамінну роль у регулюванні глобального клімату, підтриманні глобального гідрологічного циклу, захисті біорізноманіття та забезпеченні добробуту

людини. Екосистеми ВБУ надають людям не тільки ці непрямі послуги, але й забезпечують прямі економічні цінності. Це найпродуктивніші екосистеми Землі – за вартістю на гектар послуг екосистеми ВБУ посідають провідне місце серед усіх інших екосистем, а загальна вартість послуг ВБУ становить 47% від вартості ЕП всієї біосфери. Важко повірити, але зовсім нещодавно, через тотальну необізнаність, люди бачили у заболочених територіях лише притулок для комарів та називали їх «згубними місцями».

У результаті найцінніші екосистеми планети нещадно знищувалися. Відповідно до Глобального огляду водно-болотних угідь, підготовленого в рамках Рамсарської конвенції, людство втрачає заболочені території утричі швидше, ніж ліси. Лише за період 1970-2015 рр. ВБУ в Європі скоротилися на 35%, Африка втратила 42% таких територій, а Латинська Америка – 59%. Скорочення площ природних ВБУ негативно впливає на 18 тис видів рослин і тварин, залежних від цих територій. 25% мешканців ВБУ – від річок до коралових рифів, від альпійських озер до торф'яників – перебувають під загрозою зникнення.

Унаслідок впливу діяльності людини і певних природних факторів, площі заболочених земель у світі зменшуються, а якість ВБУ погіршується. Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) підраховано, що з 1900 року світ втратив 50% своїх водно-болотних угідь. Згідно з даними відомих дослідників ЕП R. Costanza та інших, вартість екосистем заболочених територій зменшилася на \$9,9 трлн на рік з 1997 по 2011 рр., що еквівалентно 1,4 ВВП Китаю станом на 2011 рік. Така потужна деградація ВБУ загрожує людству величезними економічними втратами.

Відповідно до результатів аналізу індексу Wetland Extend Trends (WET), розробленого Всесвітнім центром моніторингу захисту навколишнього середовища ООН (UN Environment World Conservation Monitoring Centre, UN WCMC), протягом 1970-2017 років індекси у Рамсарських регіонах демонстрували постійні тенденції до зниження. Основними загрозами водно-болотним угіддям є полювання, забруднення, осушення та урбанізація. За Рамсарською конвенцією, природні й антропогенні фактори впливу на ВБУ доволі різноманітні (Табл. 23).

До 1985 року для потреб сільського господарства було осушено від 56% до 65% водно-болотних угідь Європи та Північної Америки. Крім цього, однією з основних причин деградації внутрішніх ВБУ є використання водних ресурсів – для задоволення зростаючого попиту на зрошення та гідроенергію багато річок у всьому світі перекрито дамбами. Найбільш постраждалими є басейни річ-

ки Янцзи у Китаї, р. Ла-Плата у Південній Америці, річок Тигр і Євфрат на Середньому Сході. Через дефіцит води на усіх річках Японії збудовано штучні озера, які внаслідок замулення втратили 80% своєї потужності. До деградації і втрати екосистемних послуг ВБУ призводить тотальне техногенне забруднення усіх компонентів екосистем.

Табл. 23. Класифікація факторів впливу на водно-болотні угіддя

Клас	Підклас	Підрозділ
Антропогенні фактори	Вплив на територію	Сільське господарство і аквакультура
		Модифікації природних систем
		Людські поселення
		Транспорт та інфраструктура
	Вплив на довкілля	Забруднення компонентів екосистем
		Порушення екосистем
		Видобування енергетичних ресурсів
	Вплив на біорізноманіття	Використання біотичних ресурсів
		Інвазії та інші проблеми видів і генів
	Вплив на водні ресурси	Регулювання водного режиму
Природні фактори		Зміна клімату і метеорологічні явища
		Геологічні явища

На ВБУ також негативно впливають зміна клімату і пов'язані з нею екстремальні метеорологічні явища. Найбільше потерпають при цьому морські й прибережні заболочені території (41%), озерні (24%) і марші (23%). Зокрема, серйозних втрат зазнали ВБУ південного сходу Океанії та південно-східних районів Африки. Із 72 водно-болотних угідь Океанії 30 постраждали від зміни клімату та екстремальної погоди. Під вплив різноманітних геологічних подій найчастіше підпадають морські й прибережні ВБУ, переважно через сейсмічну активність морського дна.

Загалом, екосистемні послуги ВБУ й досі є недооціненими державами, бізнесом і суспільством. Як наслідок, продовжуються втрати природного капіталу водно-болотних угідь та інших екосистем, що вказує на необхідність включення ЕП до системи управління економічними суб'єктами на різних рівнях господарювання. Згідно зі звітом «Оцінка екосистем на порозі тисячоліття», перспективи функціонування ВБУ можуть бути реалізовані двома основними шляхами: за реактивним сценарієм, втрата ЕП переважної більшості ВБУ продовжиться до 2050 року, а їх площа значно скоротиться внаслідок подальшого розростання сільськогосподарських угідь і поселень; за проактивним сценарієм,

стан ЕП переважної більшості ВБУ істотно не зміниться, однак частину з них може бути відновлено і збережено.

ПОТ, маючи вирішальне значення для збереження біорізноманіття, також надають низку інших екосистемних послуг, які підтримують добробут людей – забезпечують природними ресурсами, продуктами харчування, прісною водою, паливом, будівельними матеріалами, пом'якшують зміни клімату і наслідки по-веней, поглинають вуглець з атмосфери, відновлюють родючість ґрунтів тощо. Визначення і оцінка цих послуг дає розуміння довгострокових вигод, отримуваних від ПОТ, і це розуміння має бути інтегровано у процеси прийняття управлінських рішень. Останніми роками у світі розроблено низку методів та інструментів оцінки екосистемних послуг, вибір яких залежить від конкретної послуги у контексті її важливості для населення того чи іншого регіону.

Отже, ПОТ нині стали ключовим важелем охорони природи, добробуту людей, а також стратегій управління на регіональному і глобальному рівнях. Вони відіграють важливу роль у протидії наслідкам деградації екосистем, запобігаючи колапсу екосистемних функцій, пом'якшуючи пов'язані з цим втрати ЕП не тільки всередині, але й за межами ПОТ. Європейська екомережа, відповідно до вимог міжнародних угод, включаючи Конвенцію про біологічне різноманіття, сприяє збереженню природної спадщини екосистем. Однак прямий і опосередкований вплив людини на біорізноманіття, зміна клімату і землекористування призводять до далекосяжних наслідків, найбільше зачіпаючи гірські й прибережні екосистеми, особливо чутливі до цих впливів. Тож для оптимального захисту екосистем необхідно враховувати усі чинники, які загрожують стійкому наданню людству екосистемних послуг.

### **Запитання і завдання для самоконтролю**

1. Проаналізуйте сучасні глобальні загрози для біоти. Якими міжнародними угодами і документами регламентовано її охорону і збереження?
2. Охарактеризуйте основні категорії природоохоронних територій.
3. З якою метою було прийнято міжнародну програму ЮНЕСКО «Людина і біосфера»? Обґрунтуйте.
4. Охарактеризуйте сучасне наземне і морське охоплення планети природоохоронними територіями за даними Protected Planet.
5. Коли і чому виникла ідея об'єднання природоохоронних об'єктів у єдину територіальну мережу? Охарактеризуйте геоекологічні функції екомережі.

6. Назвіть критерії створення та охарактеризуйте базові структурні елементи екологічних мереж.
7. Які директиви Євросоюзу є правовою підставою створення Загальноєвропейської екологічної мережі? Проаналізуйте їх.
8. Які екосистемні послуги природоохоронних територій є найціннішими для суспільства і збереження здорового навколишнього середовища?
9. Охарактеризуйте відомі вам методики оцінки екосистемних послуг.
10. Охарактеризуйте головні послуги водних екосистем в межах ПОТ. Чим вони істотно відрізняються від послуг інших екосистем?
11. Яку роль у регулюванні клімату, підтриманні біорізноманіття та забезпеченні добробуту людини відіграють водно-болотні угіддя? Поясніть.

## 10 ГЕОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТІВ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

*Якщо людина не в змозі відмовитися  
від природокористування, вона принаймні  
зобов'язана впливати на геоекосистеми  
таким чином, щоб не руйнувати  
механізми їхньої саморегуляції.*

Як вже було вказано, методологічною основою раціонального природокористування слугує головний принцип органічної єдності людини і природи. Виходячи з цього, інформація геоекологічного змісту набуває неабиякого значення – будь-які об'єкти планування, проектування і управління потребують геоекологічного обґрунтування. Звернення проектувальників до результатів геоекологічних досліджень зумовлено необхідністю спиратися на всебічний аналіз проектованої території, який може забезпечити лише комплексна геоекологічна інтерпретація різних даних щодо цієї території. Кінцевою метою застосування геоекологічного підходу до створення систем раціонального природокористування є розроблення конструктивних пропозицій, реалізація яких не призводить до різких змін природно-ресурсного потенціалу і несприятливих змін у природному середовищі, що оточує людину.

Геоекологічне обґрунтування проектів природокористування спрямоване на оптимізацію структурно-функціональної організації території, що базується на оцінці геоекосистем залежно від спроможності виконання ними різних соціально-економічних функцій. Тобто головним прикладним аспектом передпроектних геоекологічних досліджень є створення прототипу проектованої території з найдосконалішою структурою природокористування відповідно до наявного природного потенціалу і суспільних потреб.

*Проектування* (від лат. *projectus* – кинутий вперед) є процесом створення моделі передбаченого об'єкту. Геоекологічна складова проектування передбачає оцінку прогнозованого впливу проектованої господарської чи будь-якої іншої діяльності людини на навколишнє середовище. Наприклад, це можуть бути проекти полігонів захоронення побутових і промислових відходів, або проекти створення природоохоронних територій. Отже, сутність геоекологічного проектування полягає у створенні геотехсистем різного функціонального призначення. На етапі геоекологічного обґрунтування проекту в ході моделювання, експериментальних і прогнозних досліджень доводиться, що несприятливі геоеко-

логічні наслідки у разі реалізації проекту не перевищуватимуть існуючі нормативи, а проєктований об'єкт відповідатиме усім вимогам, встановленим нормативам і стандартам.

### 10.1 Геотехсистеми як об'єкти проєктування

Як було вказано у першому розділі цього підручника, об'єктом дослідження геоecології є *геоecосистеми* – ділянки ландшафтної сфери Землі, різною мірою трансформовані та керовані людиною. Об'єктами ж геоecологічного проєктування виступають природно-технічні (інтегральні) геоecосистеми – *геотехсистеми* різного функціонального призначення. Це складні територіальні просторово-часові утворення, що включають природні й соціально-економічні елементи, тісно пов'язані між собою. Інтегральні геоecосистеми мають різні розміри і рівні складності. Обов'язковою складовою геотехсистем (ГТС) є *блок управління*, що відповідає за функціонування технічних елементів у їх взаємодії з природним блоком.

Складність інтегральних геоecосистем обумовлена подвійною природою цих утворень. По-перше, до їхнього складу поряд з природними компонентами входять елементи матеріальної діяльності людей у вигляді культурних рослин, штучно створених об'єктів, істотно змінених компонентів природи тощо. По-друге, їх відрізняє складне сполучання процесів природної саморегуляції та управління з боку людини. А оскільки природні механізми саморегуляції в ГТС порушено, вони можуть існувати лише за постійної підтримки людини. Яскравим прикладом є рисові плантації, які результативно функціонують тільки завдяки боротьбі людей зі зливами і повеннями, а також підтриманню водного режиму і штучному надолуженню втрат ґрунтової родючості.

Як просторово-часові утворення, ГТС характеризуються одночасним сполученням діалектично пов'язаних протилежних властивостей – *стійкості* та *мінливості*. Мінливість є здатністю геоecосистем існувати у різних мінливих станах, обумовлених як впливом зовнішніх факторів, так і процесами саморозвитку. Мінливість існує завдяки процесам функціонування, динаміки та розвитку, що призводять до зміни стану геоecосистем. *Функціонування* забезпечується процесами передачі й перетворення речовини та енергії, які поступаються один одному протягом доби, місяців, сезонів року тощо та підтримують певний стан ГТС. В результаті відбуваються незначні кількісні зміни природних компонентів, які зазвичай мають ритмічний (добовий, сезонний) характер. Наприклад, випаровування і транспірація у сонячний день значно вищі, ніж у дощову пого-

ду, що обов'язково враховується у проектуванні тих природно-технічних геоекосистем, функціонування яких значною мірою залежить від стану природної складової (сільськогосподарські, меліоративні).

*Динаміка геоекосистем* – це сукупність всіх зворотних змін, що відбуваються у межах єдиної структури і не призводять до будь-яких якісних перетворень ГТС. До них, наприклад, належить відновлення лісових біоценозів після вирубки чи пожежі. Хоча у межах динаміки не відбуваються зміни структури ГТС, проте йде повільна підготовка до неї. Урахування динамічних станів є дуже важливим у проектуванні, оскільки дозволяє прогнозувати зміни природних компонентів під впливом проектованої геотехсистеми. Наприклад, надлишкове зрошення може призвести до заболочування і засолення ґрунтів, створення водосховищ – до підтоплення чи абразії берегів.

*Розвиток (еволюція) геоекосистем* – це незворотна, направлена, поступальна зміна, яка викликає докорінну перебудову їхньої структури. Розвиток передбачає якісне перетворення компонентів і формування нових ГТС, що пов'язано як із зовнішніми природними і антропогенними впливами, так і з внутрішнім саморозвитком. В природних умовах зміна структури відбувається поступово (наприклад, заростання озер, заболочування лісів), а за умов інтенсивного антропогенного впливу може проходити дуже швидко і призводити до деградації геоекосистем. Еволюційні зміни слід враховувати у проектуванні геотехсистем довготривалої дії. При цьому в структурі ГТС можуть співіснувати елементи різного віку: реліктові з далекого минулого як індикатори історії розвитку, консервативні відповідно до сучасної структури і прогресивні як свідчення тенденцій прогнозованого розвитку.

Стійкість і мінливість інтегральних геоекосистем забезпечуються сполученням процесів самоорганізації і управління. Мінливість буде тим меншою, чим більшою є стійкість до зовнішніх впливів. При цьому зміни геотехсистем можуть бути зворотними і незворотними, прогресивними і регресивними. Зворотними є ті зміни, які передбачають повернення ГТС до попереднього стану після завершення впливу, незворотними – усі інші. Прогресивними вважаються зміни, які призводять до поліпшення соціально-економічних функцій ландшафтів; регресивні ж зміни, навпаки, свідчать про виснаження чи деградацію природно-ресурсного потенціалу і середовищевірних функцій ландшафтів.

*Стійкість* геотехсистем визначається їхньою здатністю виконувати задані суспільством соціально-економічні функції, не зважаючи на зовнішні приро-



дні й антропогенні збурення. Стійкість протилежна мінливості, але діалектично пов'язана з нею. Вона забезпечується процесами самоорганізації і саморегуляції, значною мірою – регулюванням і управлінням з боку людини. Стійкість не може бути однаковою до різних видів впливу, тому вона має оцінюватися відносно певного виду природокористування та сукупності впливів. Стійкість інтегральних геоекосистем визначається не стільки стійкістю їх підсистем, скільки міцністю зв'язків між ними – їх різноманітністю і часовою організованістю, від чого залежить своєчасне виконання послідовних технологічних операцій. Визначення ступеня стійкості ГТС до різних видів впливів, тобто тих меж, до яких зняття навантаження повертає геоекосистему в попередній або близький до нього стан, є одним з головних практичних завдань проектування.

Важливою особливістю інтегральних геоекосистем є нерівнозначність основних блоків (підсистем) «природа» і «суспільство». Провідна роль належить суспільству, здатному проектувати шляхи розвитку ГТС у цілому та впливати на її функціонування і динаміку шляхом управління. У блоці «суспільство» виділяють три підсистеми другого порядку:

- господарсько-територіальні виробничі комплекси;
- населення – групи людей, організованих за територіальною і професійною ознаками;
- органи управління.

Кожна з цих підсистем, своєю чергою, має набір взаємопов'язаних компонентів. Інтегральні геоекосистеми, як і природні, мають *територіальну диференціацію та інтеграцію*, внаслідок чого їх склад і співвідношення підсистем змінюються від місця до місця. Тому територіальна диференціація ГТС доволі складна. Інтегральні геоекосистеми різняться за типом призначення (функції) або видом перетворення природи. Наприклад, до сільськогосподарських ГТС належать поля, сінокоси і пасовища, меліоративна інфраструктура. У той же час меліоративні системи разом з водосховищами і каналами є різновидом водогосподарських геотехсистем.

Крім просторової, інтегральні геоекосистеми як гетерогенні утворення мають також *часову організацію*. Різна тривалість та невідповідність ритмів функціонування природних і технічних підсистем створюють певні проблеми їх взаємодії у межах цілісних ГТС. Природні підсистеми завжди первинні, техногенні – вторинні, тому перші завжди «доросліше» за других. До того ж, тривалість функціонування природних підсистем набагато більша, ніж технічних.

Вторинність технічних підсистем визначає і вторинність часової організації – циклів їх функціонування і динаміки. Саме тому для нормального функціонування геотехсистеми необхідно узгодження часової організованості технічної підсистеми з природною організацією, оскільки зламати природні ритми практично неможливо – до них можна лише пристосуватися.

Часова організованість технічної підсистеми, на відміну від природної, повністю залежить від людини, вона керована, проте не відрізняється стійкістю. Цикли розвитку суспільства взагалі, а отже і техніки, нерівномірні. До того ж, сучасною тенденцією є скорочення тривалості цих циклів – перевороти у науці й техніці спочатку відбувалися протягом століть, нині це трапляється у межах десятиліть, а покоління техніки змінюються кожні 5-7 років. Специфіку часової організованості необхідно враховувати у проектуванні ГТС будь-якого типу і рангу, оскільки йдеться не лише про їх часову мінливість, але й про спосіб збереження стійкості інтегральних геоекосистем протягом тривалого часу. Тобто ритмічна мінливість геотехсистем значною мірою забезпечує їхню стійкість.

#### ***10.1.1 Зміни геотехсистем під впливом антропогенних факторів***

Зміни геоекосистем обумовлюються впливом антропогенно-техногенних і природних факторів, а також їх властивостями. Техногенні фактори зазвичай аритмічні й можуть досягати такої сили впливу, яка викликає незворотні зміни ГТС. Вплив техногенних факторів на геоекосистеми може бути пасивним і активним. *Пасивний вплив* проявляється «ефектом присутності», коли технічні споруди, займаючи певну територію, значно пригнічують обмін речовин та енергії між спорудами і природним оточенням. У деяких випадках пасивний вплив може перейти у активний, якщо проявиться т. зв. «ефект поштовху». Наприклад, якщо збудувати будинки на схилі, порушивши цим нестійку рівновагу схилу, можна очікувати ймовірної активізації зсувних явищ.

*Активний вплив* на геоекосистеми проявляється у безпосередньому вилученні з природного середовища або привнесенні до нього значної кількості речовини та енергії. Наприклад, внесення у ґрунт вологи за допомогою дощувальних пристроїв призводить до істотних змін ґрунтових процесів і умов зростання рослин. Порушення водно-болотних угідь під час добування торфу гідродинамічними установками під великим тиском, тобто вилучення речовини та енергії одночасно, спричинює неминучу деградацію екосистем ВБУ.

Реакції геотехсистем на різні техногенні впливи визначаються, з одного боку, їхніми властивостями (стійкістю, мінливістю тощо), з іншого – масштабом і тривалістю цих впливів. Якщо впливи короткочасні або навіть тривалі, а техногенні навантаження далекі від критичних величин, ГТС можуть відновлювати свій вихідний стан, залишаючись досить стійкими після припинення навантаження. При цьому зберігаються їх структура і функціонування, а незначні кількісні зміни мають зворотний характер.

Якщо техногенні навантаження наближуються до критичних, не перевищуючи їх, порушується функціонування, змінюються інтенсивність природних процесів і деякі характеристики компонентів. У разі припинення впливу можливе повернення модифікацій у попередній або близький до нього стан. Якщо ж навантаження перевищують критичні величини, відбувається руйнування вихідної структури геоекосистем, що призводить до глибокої трансформації усіх взаємопов'язаних компонентів. Перебудова носить не лише кількісний, але й якісний характер та обумовлює незворотні зміни, по суті – *техногенну еволюцію* геотехсистем.

Найпомітніші зміни в ГТС відбуваються у перші роки експлуатації інженерних споруд, коли природні компоненти адаптуються до нових умов функціонування. Наприклад, у зоні впливу гідротехнічних споруд відбуваються такі послідовні стадії формування техногенних змін геоекосистем:

- різке порушення вихідного стану;
- прискорена трансформація і найшвидші зміни;
- уповільнення змін;
- встановлення нового стійкого стану.

Поряд із часовою структурою, істотно змінюється і просторова структура геотехсистем. У прилеглих до господарських об'єктів природних комплексах активізуються горизонтальні й вертикальні зв'язки, що призводить до формування т. зв. зони впливу і характеризує зональність антропогенно-техногенних змін геотехсистем. Така зональність чітко простежується у сфері впливу водосховищ, меліоративних систем, каналів, металургійних підприємств, теплоелектростанцій, великих кар'єрів та інших інженерних споруд. Наприклад, на пологих берегах рівнинних водосховищ можна виділити зони періодичного затоплення, підтоплення і кліматичного впливу. Залежно від ступеня зміни природних компонентів, у зоні підтоплення можна виділити підзони – сильного, помірного і слабого підтоплення. Під впливом діяльності людини геотехсистеми

зазнають істотних, а часто і докорінних, змін (Рис. 146). Коли трансформація компонентів ГТС досягає певної критичної межі, їхній подальший розвиток за зональним типом стає неможливим.



Рис. 146. Загальна схема порушення геотехсистеми від зовнішніх впливів

У межах однієї території часто поєднуються декілька видів впливу, що супроводжується виснаженням природно-ресурсного потенціалу, забрудненням природних компонентів і порушенням структури геоекосистем. Антропогенні навантаження, які багатократно перевищують допустимі межі, призводять до виникнення гострих геоекологічних ситуацій. Як наслідок нераціонального природокористування, такі ситуації формуються в межах ГТС різного функціонального призначення – сільськогосподарських, урбанізованих, гірничопромислових тощо. Залежно від ступеня «критичності» стану геотехсистем, рівні гострих геоекологічних ситуацій можуть бути різними.

Якщо прийняті екологічні нормативи не перевищуються, порушення структури геотехсистем зазвичай не відбувається. У разі зменшення чи припинення антропогенного навантаження з наступним проведенням природоохоронних заходів можлива нормалізація і відновлення геоекологічної обстановки. Перевищення нормативів спричинює порушення структури геотехсистем, а також істотні зміни природних компонентів. Стабілізувати геоекологічну обста-

новку можливо лише за умови конструктивного розв'язання конфліктів природокористування. Найгостріша геоекологічна ситуація виникає тоді, коли під антропогенним тиском руйнується структура ГТС, що зазвичай супроводжується відповідним руйнуванням всієї системи природокористування. Тож, внаслідок незворотності змін природних компонентів, необхідні екстрені заходи для зупинення негативних процесів.

### ***10.1.2 Поділ природно-технічних геоекосистем***

Критеріями (основними ознаками) поділу геотехсистем на групи можуть бути їхні властивості, найголовнішими серед яких є такі:

- особливості будови та функціонування ГТС;
- роль природної складової (провідна чи підлегла);
- глибина перетворення природної складової під впливом технічного блоку геотехсистеми.

За цими ознаками всі геотехсистеми можна поділити на три великі групи (Табл. 24). *Першу групу* утворюють промислові, транспортні й урбанізовані ГТС, оскільки вони більше за інших насичені технічними елементами. Найвищою інтенсивністю впливу відрізняються технічні елементи ГТС промислового призначення. ГТС транспортного призначення – автомобільні дороги, залізниці, трубопроводи – інтенсивно змінюють природу на невеликих площах. Їхня специфіка проявляється переважно у впливах лінійного характеру: з одного боку, вони відіграють роль екологічних бар'єрів, що перешкоджають розповсюдженню тварин і деяких видів рослин, порушуючи структуру природних екосистем; з іншого – біологічних коридорів, що сприяють просуванню деяких комах, бур'янистих рослин тощо.

Специфіка урбанізованих ГТС, особливо великих міст, полягає у співіснуванні та взаємодії різних функціональних типів геотехсистем. Тому кожне місто є своєрідною інтегральною комплексною геотехсистемою. Відмінність полягає ще і у тому, що одним з рівноправних елементів міських ГТС є населення, людина. Особливості їх функціонування найбільшою мірою обумовлені соціальними факторами, тому міста точніше називати соціально-природно-технічними геоекосистемами. Спільною проблемою урбанізованих і промислових ГТС є утворення і нагромадження значної кількості побутових і промислових відходів, що призводить до забруднення всіх компонентів природного середовища.

Табл. 24. Поділ ГТС за основними критеріями

Група ГТС	Функціональне призначення ГТС
1. Найвища насиченість технічними елементами та відповідна сила впливу на природу	Промислове
	Транспортне
	Урбанізоване
2. Функціонування значною мірою визначається природними процесами саморозвитку і саморегуляції	Сільськогосподарське
	Водогосподарське
	Поводження з відходами
	Лісогосподарське
3. Найнижча інтенсивність антропогенного навантаження	Рекреаційне
	Природоохоронне

До *другої групи* входять усі геотехсистеми, у створенні яких роль людини і технічних засобів дуже значна, проте функціонування цих ГТС значною мірою визначається природними процесами саморозвитку і саморегуляції, хоч і залежить від керівної підсистеми. До них належать геотехсистеми сільськогосподарського, водогосподарського, лісогосподарського призначення, а також територіальні рекреаційні системи. Останнім притаманна певна специфіка, обумовлена рівноправністю людини (соціуму) та інших складових елементів. Це вимагає в процесі проектування враховувати соціальний фактор набагато більшою мірою, ніж для всіх інших геотехсистем цієї групи.

До *третьої групи* належать геотехсистеми з найнижчою інтенсивністю антропогенного навантаження, найменш насичені технічними елементами – ГТС природоохоронного призначення. І хоча значення господарської підсистеми в них другорядна, роль людини як блока управління є достатньо відчутною. Наприклад, керувати необхідно доглядом за лісом, інтродукцією видів рослин і тварин, біотехнічними заходами тощо. Тому ПОТ також є повноцінними природно-технічними геоекосистемами.

Оскільки на порівняно невеликих територіях взаємодіють ГТС різного функціонального призначення, проектувальники зазвичай стикаються з цілим комплексом природно-технічних геоекосистем. Геоекологічне обґрунтування схем і проектів природокористування передбачає визначення найбільш раціональних параметрів технічних споруд та співвідношення між ними і природними підсистемами, що необхідно для підтримки цих споруд у бажаному для людини стані. Оптимізація структурно-функціональної організації території базується на результатах її ландшафтознавчого аналізу, функціональної оцінки при-

родно-територіальних комплексів та їхньої класифікації залежно від можливості виконання різних соціально-економічних функцій.

У практиці геоecологічного проектування часто виникають проблеми, обумовлені функціональною невідповідністю ландшафтної структури проектованої території соціально-необхідному виду природокористування. Тому головним завданням передпроектних геоecологічних досліджень є така організація території, яка забезпечить збереження природних властивостей геоecосистем у процесі природокористування, а не руйнування чи деградацію.

### ***10.1.3 Геоecологічні принципи проектування геотехсистем***

Зважаючи на розглянуті властивості інтегральних геоecосистем та з урахуванням особливостей територіального проектування, *геоecологічні принципи* – це вказівки, які орієнтують проектувальників на певні дії задля забезпечення раціонального використання природних ресурсів, збереження та відновлення властивостей середовища, що оточує людину.

Базовий принцип можна сформулювати таким чином: *«Геоecологічне проектування – це проектування просторово-часової природно-технічної геоecосистеми, а не просто вписування певної технології, об'єкта або технічної системи у природу»*. Цей принцип відображає системний підхід до проектування та збереження функцій ГТС.

За традиційного «вписування» технології у природу переслідувалися переважно цілі отримання максимального економічного ефекту з мінімальними витратами та захисту технічної системи від впливу періодичних і неперіодичних змін природи. Тому проектувалися тільки технічні системи, а природа зазвичай сприймалася як змінний фон. При проектуванні ж природно-технічних геосистем завдання ускладнюється: необхідність урахування взаємозв'язку природи і техніки визначає забезпечення шляхом проектування стійкого високоякісного стану і природної, і технічної складових системи.

Системний характер проєктованих об'єктів визначає неможливість збереження властивостей будь-якого з компонентів ландшафту незалежно від збереження властивостей інших компонентів у процесі створення і реалізації проєкту. Наприклад, поверхневі й ґрунтові води здатні залишатися чистими лише за умови збереження чистоти повітря і ґрунтів. Забруднення ж ґрунтів внаслідок змиву призводить до потрапляння забруднювальних речовин у поверхневі водойми і підземні води. Поступове накопичення змін окремих компонентів у ре-

зультаті багатьох ланцюгових реакцій може призвести до порушення всієї структури геоекосистеми і втрати її здатності до самовідновлення. Базовий геоecологічний принцип проектування доповнюють такі положення:

- У Цілісність елементів ГТС визначає необхідність дослідження впливу будь-якого проєктованого об'єкта на природне середовище у взаємозв'язку зі зворотним впливом зміненої природи на стан господарства і здоров'я людей.
- У У проєкті має бути відображено галузевий і територіальний підходи з використанням комплексу природоохоронних заходів: технологічних, просторово-планувальних, економічних, юридичних.
- У Комплекс проєктованих природоохоронних заходів має охоплювати, з одного боку, всі компоненти природи (повітря, воду, надра, ґрунти, рослинність, тваринний світ) та геоекосистеми у цілому; з іншого – усі галузі людської діяльності (від виробничої до рекреаційної). Пріоритетними мають бути профілактичні заходи, які запобігають забрудненню довкілля відходами виробництва, захищають ґрунти від ерозії та рослинність – від знищення.
- У Стан окремих компонентів довкілля враховується не тільки на стадії проектування геотехсистеми, але й під час її будівництва і функціонування.

Наприклад, реалізація цього геоecологічного принципу в проєктуванні геотехсистем аграрного призначення передбачає створення складної системи з різнорідних природних і технічних елементів: орних угідь, меліоративної інфраструктури, населених пунктів, водойм, лісових та інших ділянок несільськогосподарської рослинності. Найважливішим завданням є оптимізація територіальної структури аграрних ГТС шляхом підтримання їх оптимальної геоecологічної різноманітності з урахуванням розмірів і контрастності ландшафтів, а також розташування агрогеотехсистем відносно сусідніх.

Якщо проєктуються водогосподарські ГТС комплексного типу, то для забезпечення їхньої цілісності водосховище досліджується з декількох позицій. Тобто водосховище – це не лише акумулятор води для задоволення потреб різних галузей господарства, але й техногенний об'єкт, що істотно змінює річковий режим, джерело гідроелектроенергії, споживач земельних ресурсів тощо. Стійкість таких об'єктів забезпечується підтриманням надійного і тривалого функціонування всіх елементів геотехсистеми – як технічних, так і природних. Технічним елементам має постійно надаватися необхідний запас тривкості. Для підвищення стійкості природних елементів застосовуються природоохоронні заходи, найбільш доцільні у даних конкретних умовах. Наприклад, боротьба з



евтрофікацією водойм полягає у зменшенні надходження до них біогенних речовин з водозборів, збільшенні проточності водойм, періодичному вилученні біогенів, накопичених в донних відкладах, водоростях, вищій рослинності.

Проектування лісогосподарських геотехсистем передбачає реалізацію так званого правила «постійного користування лісом». Дотримання цього правила потребує проведення таких заходів, як збереження продуктивності лісових ґрунтів, безперебійне заміщення запасів деревини та лісовідновлення переважно на тих ділянках, де добування деревини найбільш доступне та не загрожує сусіднім лісовим біоценозам.

Базовий геоecологічний принцип проектування природно-технічних геоекосистем підпорядковує собі окремі принципи, спрямовані на урахування просторових і часових аспектів проектування, управління і контролю. Всі геоecологічні принципи має бути враховано у процесі проектування, а саме:

- ☞ Повсюдності природоохоронних заходів.
- ☞ Профілактичності природоохоронних заходів.
- ☞ Територіальної диференціації.
- ☞ Управління і контролю.

**Принцип повсюдності природоохоронних заходів** у загальному сенсі можна сформулювати так: *«Проектування природно-технічних геоекосистем передбачає повсюдність природоохоронних заходів»*. Важливість його дотримання пов'язана передусім із тим, що в процесі свого функціонування ГТС впливають на стан сусідніх геоекосистем, і порушення їх середовище- і ресурсозберігаючих функцій може мати серйозні негативні наслідки. Наприклад, заміна природних відносно стійких біоценозів простішими і тому менш стійкими агрофітоценозами призводить до збільшення чутливості прилеглих геоекосистем до впливу погоди і стихійних явищ.

Реалізація принципу повсюдності природоохоронних заходів має свою специфіку проектування геотехсистем різного функціонального призначення. Наприклад, специфіка створення водосховищ визначається значною активністю горизонтальних зв'язків геоекосистем внаслідок водообміну. За наявності такої активності наслідки локальних змін природи часто проявляються і за межами водогосподарської ГТС. Тому чистота води водосховища забезпечується одночасним здійсненням заходів на багатьох ділянках: у річищі, крайових зонах чаші водосховища, на прибережній смузі, прилеглих орних угіддях і лісових ма-

сивах. Повсюдність охорони природи є найважливішою умовою нормального функціонування водогосподарських геотехсистем.

**Принцип профілактичності природоохоронних заходів** сформулюємо так: «Проектування природно-технічних геоекосистем потребує проведення комплексу превентивних природоохоронних заходів». Реалізація цього принципу передбачає завчасне обґрунтування заходів щодо недопущення впливів, здатних викликати негативні наслідки для природного середовища і населення. Коротко це означає: *легше запобігти, ніж потім лікувати*. Принципом профілактичності також передбачено контроль за реалізацією проекту і, у разі необхідності, коригування управління функціонуванням уже створеної геотехсистеми. Реалізація цього принципу значною мірою спирається на нормування різних видів впливів на природну складову ГТС.

Своєрідним «стабілізатором» та індикатором стану геоекосистем є біота, бо саме живі організми регулюють мікроклімат, водний режим ґрунтів, міграцію хімічних елементів тощо. Не менш важливим, ніж біота, важелем організації профілактичних природоохоронних заходів є водні об'єкти. Їх зміни обумовлюються перерозподілом водних ресурсів у разі створення водосховищ, каналів, меліоративних систем, а також вилученням водних ресурсів і забрудненням води у разі їх використання для потреб різних галузей господарства.

Для збереження регулювальних функцій біотичного і водного компонентів у проектуванні геотехсистем необхідно враховувати усі можливі параметри впливів – їхні види, масштаби, тривалість і розповсюдженість. Для оцінки впливу визначають масштаб (інтенсивність) разового навантаження (наприклад, добових викидів у атмосферу) і тривалість впливу. Враховують також часові коливання впливу, який може збільшуватися (упродовж дня, року, декількох років) або затухати. Урахування динамічних коливань у часі дозволяє визначити сумарне навантаження на геоекосистеми. Крім інтенсивності, важливо враховувати та аналізувати просторове розповсюдження впливів.

Одним з важливих напрямів реалізації принципу профілактичності є обмеження вилучення природної речовини (сировини, ресурсів). Допустимо вилучення тільки такої маси речовини та енергії, яка не підриває здатність природи до саморегулювання. У процесі проектування розміщення промислових підприємств реалізація принципу профілактичності неможлива без урахування природних і соціально-економічних факторів. На Рис. 147 наведено можливі

точки застосування попереджувальних заходів відносно основних елементів «вплив – зміна природи – наслідки для населення та господарства».

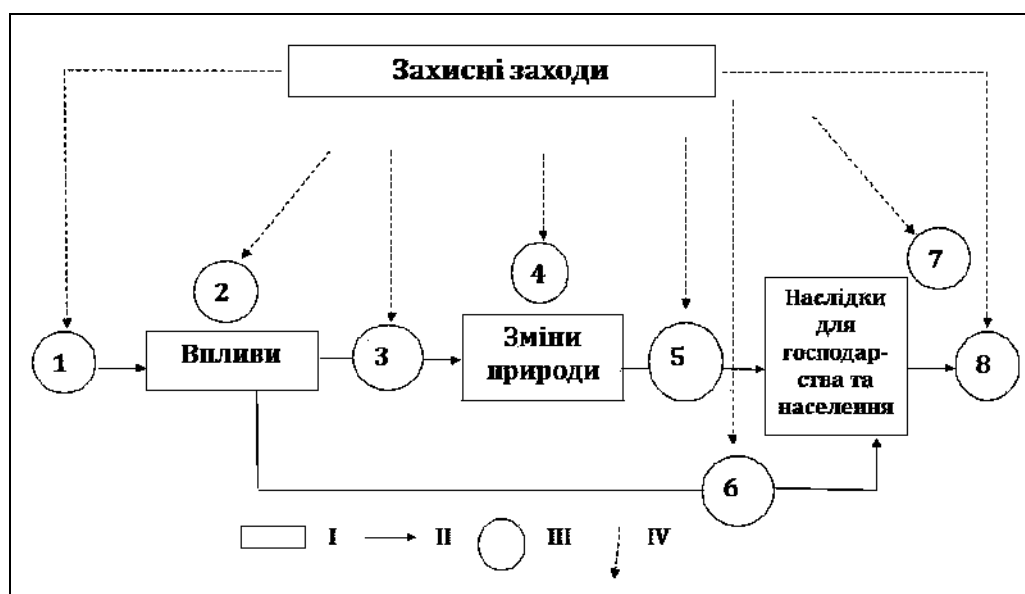


Рис. 147. Місця можливого застосування профілактичних заходів (I – основні ланки взаємодії суспільства і природи; II – зв'язки між ланками; III – місця застосування захисних заходів; IV – шляхи застосування профілактичних заходів)

Найоптимальнішим є здійснення захисних заходів ще *на стадії проектування* (точка 1). Проведення профілактичних заходів також можливе під час функціонування геотехсистеми. Одним зі шляхів реалізації заходів є зміна характеру впливу (точка 2), наприклад, введенням іншого режиму функціонування ГТС без зміни технології (скорочення норм поливу для запобігання засоленню ґрунтів) або ж зі зміною технології (заміна способу зрошення, що ефективніше запобігає засоленню).

Запобіжні заходи може бути передбачено і після того, як *негативний вплив вже здійснено* (точки 3, 6), але поки що без істотних трансформацій природних компонентів ГТС. Сутність таких заходів зазвичай зводиться до можливості надання «оперативної допомоги». Наприклад, у разі потрапляння токсичних речовин у водойми полегшити стан гідробіоценозів допоможуть екстрені заходи щодо прискорення проточності або розведення води, нейтралізації токсинів нешкідливими для гідробіонтів хімічними реагентами.

Ефективними можуть бути заходи, спрямовані на *пом'якшення наслідків, які вже відбулися* у результаті техногенного впливу (точки 4, 7). Прикладом може бути заселення риб-фітофагів у водойми, що інтенсивно заростають вна-

слідок евтрофікації або скидання теплих стоків. І, нарешті, ще один шляхом є проведення *рекультиваційних* чи *компенсаційних заходів* (точки 5, 8), які можуть запобігти подальшому розповсюдженню небажаних наслідків. З цією метою здійснюється лісовідновлення на вирубках, на річках з втраченими нерестовищами споруджуються рибницькі господарства тощо.

Принцип профілактичності проведення природоохоронних заходів є провідним у проектуванні промислових об'єктів. Він реалізується шляхом упровадження мало- і безвідходних технологій, комбінування виробництв для комплексного використання води і багатоконпонентної сировини, сумісного очищення стічних вод тощо. Наприклад, комбінування металургійних підприємств з переробленням відходів скорочує потреби у свіжій воді та зменшує обсяги відходів.

У проектуванні агрогеотехсистем принцип профілактичності реалізується шляхом попередження забруднень власними хімічними засобами, паливом, відходами тваринництва. При цьому важливо правильно застосовувати хімікати відносно місця і часу внесення, у комплексі з органічними добривами; підтримувати оптимальну ґрунтову вологість; підбирати культури, стійкі до розповсюджених шкідників і хвороб. Реалізація геоecологічного принципу профілактичності щодо своєчасного недопущення виникнення негативних для довкілля і суспільства наслідків з наступним контролюванням реалізації проекту є однаково важливою для ГТС різного функціонального призначення.

Наступний геоecологічний принцип передбачає *територіальну диференціацію проектування*: *природно-технічні геоecосистеми мають проектуватися з урахуванням природних і соціально-економічних умов кожного конкретного регіону та його внутрішніх відмінностей*. Цей принцип реалізується через територіально диференційовані норми для різних видів діяльності, що відрізняються природними умовами і ресурсами.

Відмінності геоecосистем визначаються їх різною стійкістю до зовнішніх впливів, різною здатністю до саморегулювання і звідси – різними можливостями відновлення функціональних властивостей. Відрізняються також антропогенне навантаження і соціально-економічні функції, які виконує дана геоecосистема. Чим складніше функції і більше навантаження, тим скоріше може відбутися зрив саморегуляції системи, що неодмінно призведе до негативних наслідків для господарства і життєдіяльності населення. Іноді однотипний вплив на сусідні геоecосистеми може викликати різні зміни і призвести до різних наслід-

ків. Можливий також інший варіант – за різних впливів можуть виникати приблизно однакові зміни.

З реалізацією принципу територіальної диференціації пов'язано чітке визначення меж ГТС, наприклад, для виявлення земель, що потребують меліорації або захисту від очікуваних негативних наслідків, які спричинять погіршення функціонування геотехсистем. Важливо розрізнити межі безпосередньо ГТС та зон їхнього впливу, зокрема:

- межі геотехсистем співпадають з розташуванням технічних споруд і робочих майданчиків;
- межі зон впливу ГТС залежать від характеру впливу та реакції природних складових інтегральної геоекосистеми на цей вплив.

Тобто межа геотехсистеми визначається зовнішньою границею площі, зайнятої сукупністю зон впливу техніки на природу і природи на техніку. Наприклад, для водосховища *зона впливу техніки на природу* охоплює чашу водосховища разом з територією, що зазнає гідрогеологічного і кліматичного впливу, а також ділянки річкової долини нижче і трохи вище водосховища. До *зони впливу природи на техніку* належить увесь водозбірний басейн річки вище водосховища, де формується стік річки, від якого залежить робота шлюзів греблі, ГЕС та іншої техніки.

У проектуванні агрогеотехсистем принцип територіальної диференціації реалізується шляхом їх раціонального розміщення, з урахуванням біопродуктивності ландшафтів, що передбачає отримання максимальної кількості біомаси. Окрім природної неоднорідності, слід враховувати розташування агрогеотехсистем відносно сусідніх, оскільки від цього залежить забруднення сільськогосподарських угідь викидами промисловості, транспорту тощо. Навіть такі «нейтральні» ГТС, як лісогосподарські, можуть стати джерелом забруднення, якщо там застосовуються хімікати.

У процесі проектування природоохоронних ГТС принцип територіальної диференціації реалізується шляхом вибору для них місця та їх правильного функціонального зонування. Місце обирається відповідно до цілей створення ПОТ, наприклад, збереження біорізноманіття, унікальних ландшафтів чи конкретного виду. Кількість і призначення функціональних зон також може бути різним залежно від природних умов та режиму заповідання.

***Геоекологічний принцип управління і контролю*** сформулюємо таким чином: «*Геоекологічне проектування має на меті не тільки створення природ-*

но-технічної геоекосистеми, але й розроблення режиму її функціонування, контролю та управління». Управління ГТС передбачає організацію оптимальної взаємодії господарства, техніки, людської діяльності та природних складових, а також регулювання функціонування геотехсистем у ході виконання ними соціально-економічних функцій. Процес управління включає такі дії:

- вибір території, придатної для задоволення потреб суспільства;
- визначення функцій, які має виконувати ландшафт;
- вирішення питань про зміни існуючих функцій геоекосистем;
- узгодження просторово-часових потреб суспільства з можливостями ландшафту;
- запобігання кризовим ситуаціям і захист природної складової від надзвичайних подій.

Управління необхідне на стадії проектування природно-технічних геоекосистем та у процесі їх наступного функціонування. Процеси саморегуляції геоекосистем можна використовувати в інтересах управління. Наприклад: стійкість берегів водосховищ формується у тому числі за рахунок природних процесів; боротьба з евтрофікацією водойм стає ефективнішою у разі використання рослиноїдних риб. Послідовність управління включається у такий ланцюг дій: *проектування системи – її створення – вивчення стану і функціонування системи – дослідження змін природи – виявлення негативних наслідків – їх оцінювання – вибір принципових заходів подолання цих наслідків – проектування конкретних заходів – їхнє здійснення – дослідження системи після проведення відновлювальних заходів – визначення їх ефективності – внесення змін у режим функціонування геотехсистеми.*

Реалізація геоекологічного принципу управління і контролю на прикладі ГТС природоохоронного призначення передбачає *три типи участі людини* у їх функціонуванні, а саме:

- ☞ *Невтручання* (або мінімальне втручання у хід природних процесів) можливе лише у тих випадках, якщо охоронювані ландшафти практично не займані господарською діяльністю і розташовані у слабо освоєних районах, тобто зовнішні техногенні впливи зведено до мінімуму.
- ☞ *Надання допомоги* охоронюваним ландшафтам щодо збереження їх структури і режиму функціонування застосовується в умовах інтенсивного ведення господарства на територіях, прилеглих до ПОТ, а також у тих випадках, коли основною метою є збереження певних біологічних видів. Крім прямої

охорони, допомога передбачає створення буферних зон для запобігання поширенню негативних впливів. Підсилюється така допомога проведенням підтримувальних заходів (наприклад, виловлювання або відстріл окремих видів тварин, підгодівля взимку, прочищення лісів тощо).

☞ *Активне управління* застосовується у тих випадках, коли метою створення ПОТ є збереження антропогенних модифікацій ландшафтів, за умов збереження за ними певних функцій, наприклад, у національних парках і біосферних резерватах. Планується система регулярних підтримувальних заходів – обмеження випасу, рубки догляду тощо.

Контроль стану і поведінки геотехсистем є складовою *моніторингу* – системи спостереження за станом навколишнього середовища та його окремими компонентами. Контроль здійснюється за допомогою управління функціонуванням ГТС. Як інструмент управління, геоекологічний моніторинг забезпечує органи управління оперативною інформацією про стан природних і техногенних компонентів. Геоекологічний принцип управління і контролю реалізується з урахуванням певних настанов, зокрема:

- особливу увагу слід приділяти біоті – компоненту, з яким тісно пов'язані процеси саморегулювання в геотехсистемах;
- недопустимою є поява нових джерел негативного впливу на природу, насамперед внесення токсичних та інших шкідливих речовин;
- важлива роль належить удосконаленню технічних і технологічних процесів, комплексному використанню ресурсів і сировини.

Отже, геоекологічні принципи проектування сформульовані на основі знань про властивості природних та інтегральних геоекосистем з урахуванням особливостей територіального проектування. Вони є вказівками, які орієнтують проектувальників на раціональніше використання природних ресурсів, збереження та відновлення властивостей навколишнього природного середовища. Цих принципів слід дотримуватися не тільки у територіальному проектуванні, але й в усіх інших видах діяльності у сфері природокористування.

## **10.2 Реалізація геоекологічних принципів у проектуванні геотехсистем різного функціонального призначення**

Особливості геоекологічного обґрунтування проектування різних геотехсистем пов'язані з відмінностями технологічних впливів на природну складову і наслідками, до яких ці впливи призводять. Найсильнішими і найнебезпечнішими джерелами впливу на природу є промислові ГТС, специфіка впливу на

природу яких обумовлена насамперед галузевим видом виробництва. Специфіка урбогеотехсистем визначається взаємодією функцій, які вони виконують, та комплексним характером впливу міської інфраструктури на природні осередки, зокрема наземного транспорту і звалищ побутових відходів.

Оскільки основу функціонування водогосподарських ГТС становить взаємодія керованої техніки з водними ресурсами, вони відрізняються тісними зв'язані з гідроенергетикою, промисловим і комунальним водопостачанням, водно-меліоративним і рибним господарством, а також водним транспортом. Особливістю агрогеотехсистем є їх формування на природній основі, яка одночасно є засобом сільськогосподарського виробництва. Специфіка лісогосподарських ГТС полягає у виконанні лісовими ресурсами не лише сировинної функції, але й низки найважливіших середовищевірних і природоохоронних функцій. Проектуючи різні типи геотехсистем у межах однієї або суміжних територій, дослідник має враховувати складні системоутворюючі зв'язки, які забезпечують функціонування окремих ГТС як підсистем або елементів.

### ***10.2.1 Передпроектні дослідження промислових геотехсистем***

Стадії проектування промислових геотехсистем залежать від складності об'єкта проектування. Початковою стадією завжди є аналіз та оцінювання потенційної ділянки під будівництво промислового об'єкту; кінцевою – отримання дозволу на те чи інше виробництво (Рис. 148). Будівництво промислових об'єктів здійснюється на підставі затвердженої проектної документації, яка зазвичай включає ТЕО проекту і робочу документацію. Практика організації проектування у розвинутих країнах включає такі дві стадії проектування:

- розробка форпроєкту, або ескізного проєкту – попередній проєкт;
- розробка залишкового (технічного) проєкту, який називають робочими кресленнями та специфікаціями.

Найвідповідальнішим етапом вважається *розроблення форпроєкту* (концепції). У випадку проектування складних промислових об'єктів на нього відводиться до одного року. Розробка форпроєкту передбачає наступні види робіт:

- формулювання функціональної мети будівництва;
- вибір будівельного майданчику;
- визначення потужностей об'єкта і технологічних процесів;
- розробка варіантів підключення об'єкта до транспортних та інженерних комунікацій;



- визначення і порівняння вартості будівельних витрат запланованого об'єкта та об'єктів-аналогів;
- розробка принципових конструктивних рішень будівель і споруд.



Рис. 148. Основні етапи проектування промислових геотехсистем

Друга стадія проектування – *розроблення робочих креслень і специфікацій* – починається після узгодження форпроекту із замовником. У специфікаціях наводиться опис видів робіт та інженерних систем, перелік матеріалів і конструкцій, вказівки щодо виконання робіт та їхньої якості. Остаточний (технічний) проект включає наступні розділи:

- архітектурно-планувальний;
- будівельний;
- інженерних систем (сантехнічних, електромеханічних).

Техніко-економічні обґрунтування мають включати дані щодо виробничої потужності проєктованого об'єкта; доцільності нового будівництва у зіставленні з можливістю розширення або реконструкції діючих аналогічних підприємств; можливого кооперування основних і допоміжних виробництв, енергопостачання, теплопостачання, каналізації і транспорту з іншими чинними і проєктованими підприємствами; можливого об'єднання об'єкта, що проєктується, у єдиний промисловий вузол з іншими підприємствами.

Оптимальною вважається така виробнича потужність підприємства, за якої у процесі його експлуатації найповніше використовується сучасне устатку-

вання і виділені виробничі площі, тобто можуть бути досягнуті найкращі техніко-економічні показники виробництва. Не зовсім правильним є висновок, що чим вище потужність проєктованого підприємства, тим більшою стає і ефективність капітальних вкладень у його будівництво. Для великого підприємства терміни будівництва і освоєння виробництва зазвичай значно більші, ніж для заводу з невеликою потужністю. Тому оптимальна потужність проєктованого підприємства має встановлюватися з урахуванням забезпечення її раціональності та вигідності для господарства у певних конкретних умовах.

Спеціалізація і кооперування, а також доцільне комбінування споріднених підприємств є однією з найважливіших умов технічного прогресу. Спеціалізація скорочує номенклатуру та збільшує технологічну однорідність продукції, що сприяє підвищенню її якості й спрощенню виробничої структури підприємств; створює умови для розвитку механізації і автоматизації технологічних процесів, підвищення продуктивності й полегшення умов праці. Форми кооперованих зв'язків відповідають видам спеціалізації і проявляються у вигляді постачання заготовок і напівфабрикатів (технологічна кооперація), окремих деталей (детальна), вузлів (предметна і агрегатів (наочна). Можливе кооперування з допоміжними і обслуговуючими підприємствами: ремонтним та інструментальним, джерелами постачання електроенергії, тепла, води, під'їзними шляхами, житловим будівництвом тощо.

*Проектне завдання* встановлює технічну можливість і економічну доцільність пропонованого планового завдання будівництва у даному місці на підставі економічних, технічних і екологічних досліджень у їх співвідношенні з техніко-економічними показниками. Проектне завдання включає такі складові:

- ☞ виробнича програма підприємства з уточненою номенклатурою пропонованих до випуску виробів;
- ☞ орієнтовний підрахунок потреб виробництва у матеріалах, сировині, напівфабрикатах, робочій силі, паливі, електроенергії, воді, газі;
- ☞ відомості про місцеві сировину, паливо, електроенергію, джерела водопостачання, транспортні шляхи, кліматичні умови, населені пункти, житловий фонд;
- ☞ дані про місцеві умови спуску стічних, господарських, промислових, атмосферних і ґрунтових вод;

- ☞ географічна карта району, план місцевості із зазначенням на них всіх транспортних, енергетичних, промислових та інших споруд, рельєфу, характеристики ґрунтів, відомостей про рівень ґрунтових вод, напрямок і силу вітрів;
- ☞ орієнтовний генеральний план промислового підприємства;
- ☞ обґрунтування вибору даного району для розміщення підприємства на основі виявлених відомостей про наявні ресурси;
- ☞ уточнення обсягів виробництва відповідно до виявлених місцевих ресурсів на основі визначеної вартості продукції у місцях споживання.

Складання *схем районних планів* промислових об'єктів передбачає такі етапи робіт:

- вибір території для промислового будівництва;
- урахування можливості реконструкції великих промислових підприємств;
- планування транспортної мережі;
- установа санітарно-захисних зон;
- інженерна підготовка та обладнання території;
- проектування промислового району.

Економічно обґрунтоване визначення перспектив розвитку промислового району дає змогу встановити розміри необхідної території для промислового будівництва, кількість зайнятих у промисловості для розрахунку проектної чисельності населення і його розселення, виявити придатні для нового будівництва ділянки. При розміщенні нового промислового будівництва у межах району необхідно розглянути питання комплексного використання його природних ресурсів. Раціональне розміщення нового промислового будівництва дає змогу знизити витрати на будівництво, передусім транспортні.

Реалізація базового принципу щодо проектування просторово-часової природно-технічної геоекосистеми у процесі створення і оптимального функціонування промислових ГТС відбувається у тісній взаємодії з усіма іншими геоекологічними принципами: профілактичності, територіальної диференційованості, управління і контролю (Рис. 149). Зважаючи на специфіку впливу промислових ГТС на довкілля, провідним принципом їх проектування є **принцип профілактичності** – пріоритет мають заходи попередження негативного впливу на природну складову. Реалізація цього принципу передбачає застосування низки технологічних заходів, зокрема:

- ✓ упровадження мало- та безвідходних технологій на основі частково або повністю замкнутих циклів (сировинних, водних);

- ✓ очищення і уловлювання промислових викидів;
- ✓ комбінування виробництв з метою комплексного використання води і багатокomпонентної сировини, сумісного очищення стічних вод тощо.



Рис. 149. Взаємозв'язок геоекологічних принципів та шляхи їх реалізації у проектуванні промислових геотехсистем

Можливості розширення ресурсного потенціалу людства завдяки упровадженню безвідходних технологій детально розглянуто у главі 3.2. Йдеться, зокрема, про упровадження геотехнологічних засобів добування корисних копалин, мікробіологічні технології вилучення корисних компонентів з руд, освоєння морської води і розсолів для вилучення з них металів і солей тощо. Безвідходна технологія як найважливіший шлях реалізації геоекологічного принципу профілактичності у проектуванні промислових ГТС – це сполучення організаційно-технічних заходів, технологічних процесів і таких засобів підготовки сировини і матеріалів, що забезпечує максимальне і комплексне їх використання та дозволяє виключити або звести до мінімуму негативний вплив на природне середовище. Зважаючи на певну умовність концепції безвідходності, іншим шляхом реалізації профілактичних заходів є підвищення ефективності методів очищення промислових викидів.

**Принцип територіальної диференційованості** передбачає урахування регіональної специфіки території у виборі місця для промислових об'єктів, що потребує всебічного аналізу варіантів їх розміщення. Внаслідок зростання концентрації виробничих потужностей на окремих територіях, пріоритетними стають геоecологічні фактори розміщення промислових ГТС, зокрема такі:

- наявність простору для розміщення виробничого об'єкту та його інфраструктури;
- наявність експлуатаційних мінерально-сировинних і лісових ресурсів;
- водозабезпеченість території і дотримання належної якості води;
- забезпечення охорони потрібної якості атмосферного повітря;
- виключення негативного впливу на рекреаційні та природоохоронні ландшафти, забезпечення охорони надр і відновлення лісових ресурсів.

Важливим геоecологічним фактором проектування розміщення промислових геотехсистем є здатність атмосфери розсіювати шкідливі домішки виробничих викидів. Ймовірність забруднення повітря зростає у регіонах з переважанням слабких вітрів та недостатньою кількістю опадів, тому розміщувати там промислові об'єкти, які переважно впливають на повітря (металургійні комбінати, теплоелектростанції), вкрай небезпечно.

**Принцип управління і контролю** передбачає забезпечення оптимального функціонування промислових ГТС. Розширення діапазону природоохоронних заходів дозволяє своєчасно вирішувати складні управлінські завдання. Залежно від галузі промислового природокористування, регулювання режиму функціонування геотехсистеми здійснюється такими шляхами:

- ✓ оперативне упровадження інноваційних технологій виробництва;
- ✓ удосконалення способів очищення і уловлювання промислових викидів та їх утилізації;
- ✓ комбінування виробництв на основі комплексного використання сировини.

За надмірної територіальної концентрації промислових об'єктів у несприятливих умовах (наприклад, за наявності дефіциту водних ресурсів) одним зі шляхів оптимізації функціонування промислових ГТС є також територіальне розосередження (виведення) деяких виробництв та їх перенесення у комфортніші умови. Розміри проєктованих санітарно-захисних зон мають відповідати перспективній потужності підприємств, технології виробництва, виду, кількості й дальності розповсюдження викидів, а також реальній можливості їх очищення від шкідливих речовин.

У системі контролю і управління якістю навколишнього середовища провідну роль відіграють *екологічні нормативи чистоти* повітря, води та інших компонентів природи, як своєрідні засоби обмеження негативного впливу на природу. Нормативи якості природного середовища характеризують не оптимальний стан природних об'єктів, а верхній гранично допустимий рівень вмісту в них шкідливих компонентів. Отже, кожен різновид промислових геотехсистем має свою специфіку впливу на природне середовище. Специфічною особливістю промислових ГТС є значна територіальна концентрація і локалізація шкідливих токсичних викидів на відносно невеликих площах. Саме тому провідним геоекологічним принципом проектування промислових об'єктів є принцип профілактичності природоохоронних заходів, який реалізується через надання пріоритету запобіжним заходам щодо негативного впливу на природну складову геотехсистем.

### ***10.2.2 Шляхи реалізації геоекологічних принципів у проектуванні транспортних геотехсистем***

Лінійні транспортні ГТС відіграють у ландшафті роль гідрологічних та екологічних бар'єрів. Полотно автомобільних доріг і залізниць, а іноді й трубопроводи, є штучними перешкодами для поверхневого і підземного стоку. Відбувається його вимушений перерозподіл або застій води через ефект полотна тощо. Особливо сильно змінюється гідрологічний режим внаслідок створення великих земляних споруд. Підвищення рівня ґрунтових вод перед насипом та його зниження поруч з виїмками призводить до дестабілізації лісових ландшафтів – хвороб, а то і загибелі дерев.

Значення лінійних транспортних ГТС як екологічних бар'єрів зростає зі збільшенням ширини інженерної споруди та інтенсивності руху на дорогах. Збільшення густоти мережі екологічних бар'єрів порушує каркас екологічної стабільності території і загрожує збереженню екологічної стабільності ландшафту. Крім цього, транспортні ГТС сприяють активізації несприятливих екзогенних процесів – ерозійних і зсувних, особливо у разі спорудження доріг з високими насипами і глибокими виїмками (Рис. 150). Навіть дороги низьких категорій, прокладені уздовж схилів, внаслідок знищення рослинності стають осередками бурхливого розвитку промоїн, ярів та інших ерозійних форм.



Рис. 150. Руйнування дороги внаслідок активізації ерозійно-зсувних процесів (Індія)

Лінійні транспортні ГТС можуть бути каналами техногенних геохімічних міграцій та розповсюдження синантропних (супутніх людині) видів рослин. Різними видами транспорту перевозиться величезна маса речовин, які частково розсіюються у придорожній смузі. Акумуляція цих речовин призводить до виникнення *техногенних геохімічних аномалій*. У аграрних регіонах придорожні смуги часто перетворюються на місця мешкання дрібних тварин, витиснутих з території сільськогосподарських угідь. Мережа доріг, що розділяє лісові масиви, обмежує вільне переміщення не лише крупних тварин, але й дрібних ссавців і комах. Таке обмеження життєвого простору може спричинювати зникнення деяких видів. Вплив транспортних споруд на геоекосистеми через гідрологічну складову проявляється шляхом забруднення поверхневих і підземних вод стоками з дороги, які містять нафтопродукти. Забруднення повітря і ґрунту токсичними речовинами з відпрацьованих автомобільних газів пригнічує придорожню рослинність.

Геоекологічні принципи реалізуються у проектуванні автодоріг та виборі варіанту їх прокладання з урахуванням впливу майбутньої дороги на природне середовище. Реалізація *принципу повсюдності природоохоронних заходів* припускає різний ступінь захисту природних об'єктів залежно від важливості їх збереження. Зокрема, застосовуються три підходи, а саме:

- максимальний захист, тобто збереження найважливіших природоохоронних об'єктів у незайманому вигляді шляхом трасування дороги в обхід;
- рекультивація ландшафтів, порушених будівництвом;
- благоустрій придорожньої смуги – озеленення та інші заходи у геоекосистемах, зачеплених будівництвом дороги (комплексно-упорядкований підхід).



**Принцип профілактичності природоохоронних заходів** передбачає початкове виявлення *коридору*, в якому траса перебуватиме у найменшому конфлікті з навколишньою природою. Пошук найменш цінного коридору потребує детального аналізу природних компонентів, за результатами якого складається карта. Накладання шарів різних карт показує розташування територій безумовного збереження та ділянок, придатних для прокладання дороги. Картографування конфліктів дозволяє передбачити декілька варіантів трас, оптимальних за геоекологічними критеріями.

Особливої уваги потребують такі компоненти геоекосистем, як біота і вода. Для зменшення негативних змін у лісових спільнотах, викликаних порушенням водного режиму в результаті будівництва доріг, слід споруджувати якомога менше насипів та виїмок або зменшувати їх висоту і глибину. Можлива заміна високих насипів віадукми. Збереженню придорожніх лісових біоценозів також сприяє установа водопропускних труб.

Якщо не вдається уникнути розчленування дорогою цілісних природних комплексів, важливо *мінімізувати ефект дороги як екологічного бар'єру*. Досягти цього можна шляхом збереження міграційних потреб тварин у процесі проектування залізничних, шосейних, трубопровідних та інших транспортних магістралей, ліній електропередач, судноплавних каналів. Коли немає можливості уникнути дорожньо-транспортного будівництва, необхідно створювати конструкції для перетину тваринами доріг. Йдеться про спеціальні переходи і зелені віадукми (Рис. 151), кульверти<sup>40</sup>, тунелі (Рис. 152) тощо. Жодна з конструкцій не дозволяє забезпечити перетин всіх видів тварин, які мають намір перебратися на інший бік дороги. Втім, орієнтуючись на потреби одного або декількох видів великих ссавців, можна забезпечити зв'язність території для більшості наземних видів. Деякі ссавці уникають перетину дороги з рухом незначної інтенсивності, тому відповідні конструкції необхідні навіть на дорогах низьких категорій.

Переходи над дорогами найчастіше призначені для поліпшення можливостей перетину великими ссавцями завантажених магістралей. Переходи мають ширину від 30 до 50 м, але можуть досягати 200 м. Копитні, наприклад, віддають перевагу високим і широким мостам. Оскільки дрібні ссавці, амфібії, рептилії і комахи для своєї безпеки потребують рослинного покриву, проходи під

---

<sup>40</sup> *Кульверти* – округлі або прямокутні труби під насипом чи дорогою.



дорогою мають бути розташовані достатньо високо, щоб забезпечити рослинність сонячним світлом, аби вона могла зростати під ними. Привабливість тунелів можна підвищити, якщо їхнє дно вкрити натуральним субстратом, а у місцях, де дно вкрите водою, встановити над рівнем води полички, аби сухопутні види отримали сухий шлях крізь конструкцію. Важливо, щоб низ тунелю був на одному рівні з прилеглою землею поверхнею.



Рис. 151. Віадук у штаті Вашингтон (США)



Рис. 152. Тунель у національному парку Банф (Канада)

У Європі з 1996 року функціонує Infra Eco Network Europe (IENE) – мережа експертів та установ, що займаються феноменами фрагментації природного середовища, спричиненої розвитком мереж транспортної інфраструктури (доріг, водних шляхів, залізниць). IENE має на меті створення безпечної та екологічно стійкої загальноєвропейської транспортної інфраструктури, що сприятиме збереженню і відновленню фрагментарних місць проживання і призведе до кращої інтеграції транспортної мережі у природний ландшафт. Тільки у Нідерландах збудовано більше 600 тунелів під головними і другорядними дорогами, у тому числі найдовший у світі екодук протяжністю 800 м (Рис. 153).

Необхідно уникати прокладання доріг у водоохоронних зонах або забезпечувати відведення стоків з проїжджої частини за межі водоохоронних зон. Укріплення берегів бетоном у разі прокладання дороги близько до водних об'єктів сприяє зниженню здатності водойм до самоочищення. Концентрація забруднювальних речовин зазвичай вища у водотоках, розташованих паралельно трасі дороги. У акваторіях морів, які забруднюються переважно з нафтових танкерів, провідні профілактичні заходи полягають у застосуванні екологічно безпечних технологій перевезення вантажів, упровадженні технологічних засобів захисту від забруднення повітря у зоні морських портів і судноремонтних

підприємств, а також регенерації, знешкодження й утилізації відходів на підприємствах морського транспорту.



Рис. 153. Міст для червоних крабів, Австралія (ліворуч) і екодук (Нідерланди)

Профілактичні заходи для протидії розвитку *небажаних екзогенних процесів* переважно зводяться до вирішення таких завдань:

- ✓ збереження динамічної рівноваги елементів рельєфу в зоні будівництва;
- ✓ запобігання порушенню елементів рельєфу, не задіяним у будівництві;
- ✓ оптимальна послідовність проведення земляних робіт з урахуванням потенційної активізації екзогенних процесів;
- ✓ штучне відновлення динамічної рівноваги порушених будівництвом природних і створених техногенних форм рельєфу;
- ✓ забезпечення стійкості елементів рельєфу в період експлуатації споруд.

Важливе значення для реалізації принципу профілактичності у проектуванні дорожньо-транспортних ГТС має *формування придорожньої смуги* як перехідної зони від технічної споруди до природної складової геотехсистеми. У поперечному профілі полотна дороги і придорожньої смуги схили насипів і виїмок повинні мати якомога менший ухил та відповідно випуклу або увігнуту форму, що наближає насипи і виїмки до природних форм рельєфу. Іншим важливим завданням формування придорожньої смуги є її вдале озеленіння і створення спеціальних буферних смуг, виключених з будь-якого використання. Траву, скошену в їх межах, через накопичення токсичних речовин не можна використовувати для годівлі домашніх тварин.

Для попередження негативного впливу *залізничного транспорту* на природне середовище передусім необхідно упроваджувати новітні технології утилізації залишків нафтопродуктів та інших відходів, а також очищення забруд-

нених вод після миття вагонів і локомотивів. Модернізація залізничного транспорту передбачає перехід на екологічно чисту електричну тягу, контейнерні перевезення та інші види прогресивних методів доставки продукції. Залізниці потребують реконструкції очисних споруд, реконструкції локальних каналізаційних мереж тощо.

Геоecологічне проектування транспортних ГТС вимагає урахування **принципу територіальної диференціації** на всіх рівнях – від кожної конкретної місцевості до країни у цілому. Будівництво доріг і трубопроводів неможливе без детального аналізу стійкості геоекосистем до зовнішніх навантажень. На спеціальних картах виділяють стійкі та нестійкі ландшафти, тобто найбільш сприятливі для трасування та цінні, що потребують особливої охорони. Виявлення відносної цінності геоекосистем для підтримання екологічної рівноваги завжди має територіально диференційований характер.

**Принцип управління і контролю** реалізується шляхом підтримання на належному технічному рівні полотна і проїжджої частини дороги, які перебувають під постійним руйнівним впливом транспортних засобів. Крім цього, до управлінських заходів належать прибирання снігу, боротьба з ожеледдю тощо. Важливою функцією управління транспортними ГТС є утримання водопропускних споруд, особливо труб невеликого діаметру. Їх несвоєчасне очищення від наносів може стати причиною закупорки труб, що спричинить порушення гідрологічного режиму придорожньої території, а також заболочування, загибель лісу тощо.

Управління також стикається з проблемами зимового утримання доріг, однією з яких є запобігання розповсюдженню сольових розчинів у придорожній смузі. Слід контролювати застосування хімікатів, особливо восени, коли вегетаційний період ще не завершено, та навесні, коли його вже розпочато. Оскільки головним завданням геоecологічного проектування транспортних ГТС є гармонійне поєднання траси, трубопроводу, залізниці тощо з навколишнім ландшафтом, величезної ваги набуває естетична оцінка проектів, у результаті якої шляхопроводи стають пам'ятками будівництва.

### **10.2.3 Геоecологічне обтрунтування проектування урбогеотехсистем**

Урбанізовані геотехсистеми є територіально і функціонально цілісними ареалами населених пунктів, сформованими під впливом різних факторів: соціально-економічних, історико-політичних, етнічних, демографічних і геоecоло-

гічних. *Урбогеотехсистеми* – гетерогенні, поліфункціональні, відкриті, динамічні, керовані інтегральні геоекосистеми. Їх називають стаціонарними «нішами» життєдіяльності людини, «каркасами» територіальної організації суспільства, «вулканами» антропогенних збурень та «ядрами» поляризації ландшафтів.

Розвиток міста як штучного середовища тісно пов'язаний зі споживанням енергії, що, своєю чергою, збільшує антропогенне навантаження на довкілля: підвищується щільність населення, зростає щільність забудови та насиченість міської території інженерною інфраструктурою, зростають обсяги промислового виробництва і рівень автомобілізації. Міста займають не більше 2% земної поверхні, однак споживають близько 75% ресурсів планети та понад 70% світової енергії. Взаємодія природи і господарства у межах міст відрізняється величезними обсягами надходження у природу відходів, які утворюються в процесі реалізації кінцевих ланок ресурсних циклів – перероблення і споживання продукції (Рис. 154).



Рис. 154. Середні значення основних вхідних і вихідних потоків, типових для міста з мільйонним населенням

Більшість речовинно-енергетичних потоків, що надходять до міських поселень вхідними каналами, зазвичай формуються поза містом, а у великих містах – і у їх межах. Вихідні потоки, спрямовані із міських поселень у навколишнє середовище, містять переважно стічні води, тверді відходи, викиди в атмосферу. Упорядкування балансу цих потоків, а також розроблення шляхів охорони природних складових урбогеотехсистем базується на реалізації геоекологічних принципів проектування.

**Проектування міста як просторово-часової природно-технічної системи** потребує попереднього створення складної моделі, обов'язковим елементом якої є природні комплекси – не тільки як умови надійного функціонування технічних споруд, але й середовища проживання населення.

В сучасних містах зв'язки між технічними об'єктами і природними компонентами є основою всіх ланцюгових реакцій змін міського середовища. Тому в проектуванні урбогеотехсистеми важливо заздалегідь передбачити шляхи – від джерела впливу до завершення переміщення і перетворення речовини та енергії. Просторово-часову структуру міста здебільшого формує транспортна інфраструктура, оскільки для великого міста вирішальним фактором стає не відстань (скажімо, від помешкання до місця роботи), а той час, який витрачається на її подолання. Відкрита і гнучка міська планувальна структура міст реалізується у їх генеральних планах з урахуванням базового принципу геоекологічного проектування.

**Принцип повсюдності природоохоронних заходів** базується на тісних горизонтальних зв'язках між функціональними зонами міста, коли збереження природних осередків у окремих зонах стає неможливим без організації аналогічної діяльності у кожній з них. Тому повсюдність таких заходів означає формування цілісної урбанізованої ГТС з жорстким контролем впливу господарських підсистем та охороною найменш стійких елементів міського середовища. Іншим шляхом реалізації принципу повсюдності є рівномірний розподіл природоохоронних заходів, а не їх концентрація виключно у великих містах з потужною матеріальною базою. Тобто перерозподіл коштів на організацію природоохоронної діяльності має бути рівномірним, незважаючи на статус міста.

Реалізація повсюдної охорони міського середовища здійснюється за такими основними напрямками:

- узгодження господарського планування з містобудівним проектуванням задля формування здорового міського середовища;

- координація галузевого і територіального підходів до планування міської охорони природи;
- виключення відомчого розподілу коштів на природоохоронні цілі;
- координація регіональних, галузевих і місцевих завдань оздоровлення міського середовища.

Принцип повсюдності природоохоронної діяльності в урбогеотехсистемах тісно пов'язаний із **принципом територіальної диференціації**. Одним зі шляхів його реалізації є функціональне зонування та моделювання просторової структури міського середовища. В сучасному місті стираються просторово-часові межі між його функціональними зонами, і за умов замкнутої структури міста зростають навантаження на природні складові. Одним з нових шляхів формування просторової організації міських поселень, з урахуванням їх відкритості та динамічності, може бути перехід від замкнених концентричних планувальних систем до відкритих, що вільно розвиваються. Такі підходи реалізуються, зокрема, в проектах розвитку таких міст, як Токіо, Париж, Лондон, Копенгаген.

До шляхів реалізації принципу територіальної диференціації належить створення несуперечливих міських структур та підвищення стійкості природних складових до урбаністичних впливів. Наприклад, важливим фактором благоустрою є зелена зона міста, для належного виконання природоохоронних функцій якої питома вага озелених просторів у загальній площі міста має становити 40-50%. Розширювати існуючі зелені зони можна за рахунок потенційних резервів, зокрема пустирів, несанкціонованих звалищ, нераціонально забудованих житлових районів тощо. Іншим шляхом організації територіально диференційованих природоохоронних заходів є районування території міст відповідно до характеру і напруженості геоecологічних проблем. Такий підхід сприяє узгодженню природоохоронних рішень, попередженню негативних змін міського середовища, мінімізації перебування населення у дискомфортних умовах.

Реалізація геоecологічного **принципу профілактичності природоохоронних заходів** у проектуванні урбогеотехсистем передбачає оцінку природних умов за їх придатністю для містобудівництва. Обираючи територію для розміщення міста, слід керуватися такими основними критеріями:

- ☞ Відповідність рельєфу місцевості вимогам забудови, організації міського транспорту і водовідведення.
- ☞ Відсутність передумов для затоплення і підтоплення території.
- ☞ Відповідність розрахункового опору ґрунтів запланованому типу забудови.

- ☞ Розташування житлових районів з навітряного боку відносно джерел забруднення повітря, а за наявності річки – вище за течією відносно підприємств – джерел забруднення.
- ☞ Забезпеченість території якісними і достатніми джерелами водопостачання.
- ☞ Розміри території, що забезпечують можливість перспективного розвитку міста.
- ☞ Наявність зовнішньої транспортної інфраструктури, а у разі відсутності – сприятливих умов для її створення без особливих ускладнень.
- ☞ Відсутність родовищ корисних копалин промислового значення, крім будівельних матеріалів.

Реалізація геоecологічних принципів у передпроектних дослідженнях території майбутнього міста передбачає аналіз геоecологічної ситуації з антропоцентричної та натуроцентричної позицій. Оцінюються екологічні ризики, визначається екологічна цінність ландшафтно-архітектурних систем. Вона буде тим вищою, чим більше видів ландшафтів фрагментарно представлено у складі природних складових цих систем. Попередження виникнення кризових ситуацій потребує ретельного вивчення умов «стиків» природних і антропогенних утворень, з використанням прийомів «поступових переходів» (буферних зон) між напівприродними і урбанізованими ландшафтами.

Оскільки урбогеотехсистеми відрізняються складними структурою і взаємозв'язками, вони потребують створення системи несуперечливих важелів **управління і контролю**. Концентрація природоохоронних організацій, а також трудових, фінансових, матеріально-технічних ресурсів і наукового потенціалу сприяють ефективному управлінню діяльністю з охорони природи в містах. Перешкоджає цій діяльності відомча роз'єднаність державних установ, різною мірою присутня у багатьох країнах. Тому одним з найважливіших завдань є створення єдиного органу управління в межах геотехсистеми, основними функціями якого має бути:

- ✓ контроль за змінами навколишнього середовища та їх оцінка;
- ✓ проектування здорового міського середовища;
- ✓ регулювання балансу речовини, енергії та інформації, що надходять до урбогеотехсистем;
- ✓ забезпечення міста якісною водою, енергією, інформацією, утилізацією відходів тощо.



Отже, проектування міста як просторово-часової природно-технічної геоекосистеми передбачає територіально диференційований підхід до реалізації повсюдної природоохоронної діяльності у кожній функціональній зоні. Для запобігання виникненню кризових ситуацій слід враховувати антропоцентричну спрямованість профілактичних природоохоронних заходів. З метою подолання відомчої роз'єднаності у прийнятті управлінських рішень, доцільно створити єдиний координаційний орган управління природоохоронною діяльністю у великих, середніх і малих містах.

#### **10.2.4 Шляхи реалізації геоекологічних принципів у проектуванні агрогеотехсистем**

Оскільки ГТС сільськогосподарського призначення є складними ієрархічними системами (Рис. 155), значення різних геоекологічних принципів проектування відповідно різняться на кожному ієрархічному рівні (Табл. 25). Для нижчих рівнів (сільськогосподарські угіддя, ділянка) найважливішою є реалізація принципу профілактичності природоохоронних заходів, що безпосередньо підтримує функціонування геотехсистем. На вищих рівнях провідним стає принцип повсюдності, який передбачає урахування можливих наслідків не тільки у межах самих геотехсистем, але й за їх межами, що витікає із всебічного зв'язку явищ і процесів у географічній оболонці.



Рис. 155. Ієрархічна структура агрогеотехсистем

У тих випадках, коли агрогеотехсистеми домінують на значних територіях, вони можуть набувати нехарактерних функцій, зокрема рекреаційних, естетичних, природоохоронних тощо. Наприклад, у разі використання деяких угідь для формування захисних чи водоохоронних зон, ділянки агрогеотехсистем виконують санітарно-гігієнічну функцію. Геоекологічне проектування передбачає



«вписування» сільськогосподарського виробництва у природне середовище. Тому принцип створення *просторово-часової природно-технічної геоєкосистеми* реалізується трьома основними шляхами, а саме:

- ☞ оптимізацією територіальної структури агрогеотехсистем;
- ☞ підтриманням їх оптимального геоєкологічного різноманіття;
- ☞ збереженням здорового середовища існування людини.

Табл. 25. Роль геоєкологічних принципів проектування агрогеотехсистем різних ієрархічних рівнів

Геоєкологічні принципи	Завдання проектування	Ієрархічний рівень
Повсюдності природоохоронних заходів	Раціональне землекористування	Країна в цілому
Проектування просторово-часової інтегральної геоєкосистеми	Оптимізація територіальної структури агрогеотехсистем	Агропромисловий комплекс
	Підтримання оптимального геоєкологічного різноманіття	Агropідприємство, ділянка
	Збереження здорового середовища існування людини	Агропромисловий комплекс
Профілактичності природоохоронних заходів	Попередження забруднення агрогеотехсистем сторонніми токсичними речовинами	Сільськогосподарське угіддя
	Запобігання розповсюдженню забруднень від власних джерел	Аграрна ділянка
Територіальної диференціації природоохоронних заходів	Ефективне використання природних властивостей ландшафтів	На всіх рівнях
	Запобігання негативним впливам від сусідніх ГТС	Агropідприємство, ділянка
Розроблення режиму функціонування геотехсистеми	Відновлення і поліпшення природних властивостей ландшафту	Сільськогосподарське угіддя
	Обмеження і запобігання негативним антропогенно обумовленим процесам	Аграрна ділянка
Створення блоку управління геотехсистемою	Створення керівних підсистем	На всіх рівнях
	Оперативний контроль та інформація щодо стану навколишнього середовища	Аграрний регіон, агропромисловий комплекс, підприємство

Оскільки агрогеотехсистеми відрізняються значно меншим геоєкологічним різноманіттям, ніж природні геоєкосистеми, їх стійкість до зовнішніх впливів знижується. Монокультурність сприяє розповсюдженню шкідників і хвороб рослин, що часто призводить до втрати врожаю та виснаження ґрунтів. Для підтримання оптимального геоєкологічного різноманіття геотехсистеми «ускладнюють», зокрема шляхом введення сівозмін з різними ротаційними циклами, формування мозаїчної структури угідь, вирощування декількох ярусів

культур у межах одного угіддя. Такі заходи перешкоджають руйнуванню структури ґрунту, поширенню бур'янів, шкідників, хвороб. Принципово важливо включати до складу агрогеотехсистем ділянки лісових, лучних, водних, болотних та інших ландшафтів, забезпечуючи їх оптимальне співвідношення.

Реалізація *принципу превентивності (профілактичності) природоохоронних заходів* у проектуванні агрогеотехсистем передбачає запобігання негативним впливам від сусідніх геотехсистем, а також підвищення стійкості до зовнішніх впливів у конкретних природних умовах. Важливе значення має попередження забруднення агрогеотехсистем їх власними забруднювачами – залишками добрив і пестицидів, паливом, мастильними оливами, відходами тваринницьких ферм. Особливо небезпечними є хімікати, здатні мігрувати і акумулюватися у кожній ланці ланцюга: ґрунт – вода – рослини – тварини – продукти харчування – людина.

*Принцип територіальної диференціації* реалізується шляхом ефективного використання природних умов і раціонального розміщення агрогеотехсистем відносно сусідніх геотехсистем. Ефективне використання природних умов базується на урахуванні речовинно-енергетичних потоків, що дає можливість отримання максимальної кількості біомаси. Це потребує інвентаризації природно-ресурсного потенціалу, оцінки і прогнозування можливої врожайності. Для диференціації сільськогосподарських ГТС можна використовувати багатоступінчасті класифікації природних ландшафтів за різними ознаками. Це дозволить досить чітко визначити послідовність етапів проектування агрогеотехсистем. Крім природної неоднорідності, необхідно враховувати також техногенну неоднорідність території, тобто розташування аграрних ГТС відносно сусідніх – промислових, транспортних, урбанізованих. Ефективним способом попередження негативного впливу сусідніх геотехсистем на угіддя є усунення причин виникнення цього впливу, а саме:

- ✓ будівництво очисних споруд;
- ✓ упровадження інноваційних технологій виробництва;
- ✓ накладання обмежень на певні потенційно небезпечні процеси (наприклад, обмеження на розширення міст за рахунок цінних сільськогосподарських угідь або на внесення хімікатів з повітря для окремих ділянок лісу);
- ✓ створення санітарно-захисних зон навколо джерел забруднення.

Реалізація *принципу управління і контролю* полягає у розробленні режиму функціонування на етапах проектування та функціонування вже створе-

ної агрогеотехсистеми. Це означає, що недостатньо розорати поля, насадити сади, засіяти пасовища. Без управління і контролю за цими підсистемами поступово втрачаються властивості, які обумовлюють сільськогосподарську цінність території. Відновлення і поліпшення природних властивостей ландшафтів досягається механічною обробкою ґрунту, використанням органічних добрив, обґрунтованими меліораціями, відповідним підбором культур, визначенням допустимого пасовищного навантаження, оптимальними розмірами угідь.

Ефективний режим функціонування агрогеотехсистем покликаний, з одного боку, поліпшити природні властивості ландшафтів, а з іншого – запобігти активізації ерозійних процесів, погіршенню гідрологічного режиму, мікрокліматичних умов, втрати біотичного різноманіття тощо. Коригування типових режимів функціонування необхідне на всіх рівнях проектування, враховуючи ієрархічність агрогеотехсистем та різну значущість їх окремих підсистем. Блоки управління агрогеотехсистем різняться у різних країнах і можуть бути представлені щонайменше трьома типами, зокрема:

- ☞ повна централізація управління з єдиною керівною підсистемою на вищому рівні;
- ☞ повна децентралізація з керівними підсистемами на нижчому ієрархічному рівні;
- ☞ розгалужена керівна підсистема, складена з окремих самостійних блоків на всіх ієрархічних рівнях.

Як показує практика успішного ведення сільського господарства, перший і другий типи управління є малоефективними. Перший – через диференціацію агрогеотехсистем на нижчих ієрархічних рівнях, оскільки керівництво цілого аграрного району не зможе повноцінно урахувати неоднорідність природної складової в межах конкретного угіддя та визначити, наприклад, оптимальні агротехнічні заходи в тих конкретних умовах. В другому типі керівних підсистем зазвичай виникають проблеми з урахуванням територіальної диференціації на вищих рівнях, оскільки органи управління не пов'язані між собою. Найбільш прийнятним є третій тип управлінської підсистеми, що дозволяє на кожному ієрархічному рівні оперативно змінювати режим функціонування геотехсистеми залежно від просторово-часової неоднорідності природних процесів. Ієрархія керівних підсистем дозволяє здійснювати самостійний контроль і збір інформації на кожному рівні. Наприклад, зміни вологості ґрунту контролюються на

нижчому рівні, розповсюдження шкідників – на одному із середніх рівнів, а метеорологічне забезпечення надається на вищому рівні.

Реалізація геоекологічних принципів проектування агрогеотехсистем здійснюється на основі максимально можливого «вписування» сільськогосподарського виробництва у природне середовище. Тобто гармонізація взаємодії геотехсистеми і природного оточення потребує створення оптимального геоекологічного різноманіття з одночасним збереженням комфортного середовища для людини. Через це особливої актуальності набуває реалізація принципу профілактичності, що передбачає запобігання негативним впливам сусідніх з угіддями геотехсистем, а також підвищення стійкості угідь до зовнішніх впливів. Виходячи з ієрархічності агрогеотехсистем, управління ними потребує оперативного коригування режимів функціонування на всіх рівнях проектування.

#### ***10.2.5 Передпроектні дослідження геотехсистем іншого призначення***

**Водогосподарські ГТС.** Проектування водогосподарських об'єктів як просторово-часових природно-технічних геоекосистем має найповніше задовольняти вимогам, що висуваються до будь-якої системи. Цих вимог зазвичай чотири: цілісність, стійкість, ієрархічність і високий рівень керованості. Забезпечення *цілісності* потребує зміцнення зв'язків, які формуються між технічними і природними елементами геотехсистеми у процесі їх взаємодії. Якщо зв'язки нерозривні, техніка не викликає будь-яких серйозних порушень природи, а природні процеси, не завдаючи збитків техніці, сприяють виконанню покладених на геотехсистему соціально-економічних функцій.

Виявлення найважливіших зв'язків створюваної геотехсистеми потребує всебічного аналізу. Наприклад, проектування водогосподарської ГТС комплексного типу супроводжується аналізом водосховища з різних позицій, а саме:

- ✓ як сховище для задоволення потреб у воді багатьох галузей господарства;
- ✓ як об'єкт, що істотно змінює якість річкової води;
- ✓ як регулятор стоку, що перетворює режим річки з метою використання її водних ресурсів різними галузями господарства;
- ✓ як джерело і акумулятор гідроелектроенергії;
- ✓ як акваторія для водного транспорту, рибного господарства і рекреації;
- ✓ як споживач земельних ресурсів за рахунок затоплення, підтоплення і перероблення берегів;

- ✓ як об'єкт, що дозволяє розширювати використання земельних ресурсів (за рахунок боротьби з повенями, територіального перерозподілу стоку тощо);
- ✓ як об'єкт, що змінює природу і господарство річкових долин і басейнів.

*Стійкість* водогосподарських ГТС забезпечується підтриманням довготривалого функціонування технічних і природних елементів. У багатьох випадках для розв'язання однієї проблеми існує декілька шляхів. Наприклад, боротися з евтрофікацією водойм можна застосуванням таких різних заходів:

- ✪ обмеження надходження у водойми біогенних речовин з водозборів;
- ✪ збільшення проточності водойм;
- ✪ вилучення біогенних речовин разом з донними відкладами;
- ✪ періодичне вилучення біогенних речовин разом з водоростями, вищою водною рослинністю і рибою.

Порівняно з більшістю інших геотехсистем, водогосподарські відрізняються значною активністю горизонтальних зв'язків між елементами, що визначає актуальність реалізації **принципу повсюдності природоохоронних заходів**. Це обумовлено властивістю води швидко пересуватися у просторі, виконуючи при цьому роль переносника забруднень, тепла, біоти, а також постійною потребою у воді з боку всіх елементів природи, господарства і населення. За значної активності горизонтальних зв'язків наслідки багатьох локальних порушень природи часто проявляються на інших ділянках даної геотехсистеми і за її межами, тому повсюдність охорони природи є найважливішою умовою нормального функціонування водогосподарських ГТС. Наприклад, проектування рівнинного водосховища передбачає низку заходів на його різних ділянках (Рис. 156). *Чистота води* водосховища забезпечується заходами, які проводяться:

- у ложі водосховища (попередня очистка від бруду);
- у крайових зонах чаші водосховища;
- у прибережній смузі (організація водоохоронної зони);
- на прилеглих орних угіддях (скорочення змиву добрив і отрутохімкатів);
- на інших ділянках, де накопичуються забруднювачі.

*Захист іхтіофауни* водосховища так само здійснюються на різних ділянках геотехсистеми, а саме:

- у межах греблі та навкологреблевого простору (створення рибопідйомників і рибоходів, які дозволяють риbam долати греблю в процесі міграції);
- у акваторії (спорудження загороджувальних пристроїв перед водозаборами для захисту від них молоді риб);

- шлюзів греблі й турбіни ГЕС (регулювання рівня водосховища і річки нижче греблі для сприяння нересту).



Рис. 156. Проектування повсюдних природоохоронних заходів у водосховищі

Кожен етап проектування і наступної експлуатації водогосподарських ГТС потребує реалізації особливих *природоохоронних профілактичних заходів*. Досвід, накопичений у практиці гідротехнічного будівництва, свідчить про те, що економія на профілактичних заходах у кінцевому результаті завжди обходиться дорожче, ніж їх своєчасне проведення. Перша група заходів пов'язана з *періодом проектування* – це закриття тих варіантів проекту, які отримують негативну експертну оцінку з геоecологічного погляду. Наприклад, відмова від спорудження водосховища для збереження у річці колонії бобрів або відмова від підвищення рівня водосховища з метою уникнення затоплення цінних лісових масивів тощо.

До другої групи належать заходи, пов'язані з *відчуженням земель* під гідротехнічні об'єкти та зони їхнього впливу. Головною метою є попередження негативного впливу на природну підсистему під час закриття підприємств та відселення місцевих жителів. Це, наприклад, запобігання забрудненню залишками добрив і пестицидів, уникнення пожеж, збереження лісової рослинності на

незатоплюваних ділянках тощо. Третя група заходів пов'язана з етапом *будівництва технічних елементів ГТС*, зокрема:

- запобігання забрудненню поверхневих і підземних вод будівельним сміттям, бензином тощо; захист лісів від вирубок і пожеж; захист тваринного світу від браконьєрів;
- будівництво очисних споруд, огороження цінних ділянок узбережжя дамбами тощо.

До четвертої групи належать заходи, які застосовуються з *початку функціонування* водогосподарських об'єктів. Наприклад, збільшення подачі води шлюзами греблі навесні сприяє розвитку заплавних фітоценозів у долинах річок нижче водосховища. Також проблемні ситуації розв'язуються запровадженням нових технологій або безпосереднім захистом природних компонентів без зміни технологій.

Через постійне зростання цінності земель збільшується значення реалізації *принципу територіальної диференційованості* у проектуванні водогосподарських об'єктів. Завдяки сучасній диверсифікації способів отримання електроенергії, а також розвитку різних видів транспорту, відпала необхідність «будь-якою ціною» перетворювати річки на могутні джерела енергії й транспортні шляхи. Отже, річкові системи тепер мають набагато більше шансів зберегти свою природну специфіку. В основу реалізації принципу територіальної диференціації має бути покладено тенденції у практиці гідротехнічного проектування різних країн. Це, наприклад, недоцільність створення великих водосховищ на рівнинних річках або у гирлах цих річок тощо.

Для запобігання численним негативним наслідкам недостатньо фахового проектування водогосподарських ГТС, реалізація *принципу управління і контролю* має спиратися на такі основні положення:

- обов'язкове залучення до створення проекту фахівців геоекологічного профілю;
- суворий контроль за своєчасним здійсненням природоохоронних заходів у ході створення та експлуатації водогосподарських геотехсистем;
- дотримання жорстких вимог введення гідротехнічних об'єктів у експлуатацію.

Навіть найдосконаліше управління природоохоронною діяльністю у кожній окремо взятій водогосподарській ГТС не може забезпечити її успішного функціонування. До непередбачуваних наслідків можуть призводити синхронні

впливи декількох різних геотехсистем, що накладаються один на одного. За таких умов координаційну діяльність з охорони природи мають здійснювати єдині управлінські органи, діяльність яких доцільно обмежувати площею річкових басейнів. Тільки інтегрований підхід до управління водними ресурсами вимагає координації різних видів економічної діяльності, які визначають попит на воду, режими землекористування та об'єми стічних вод. Відповідно до цього підходу, основною одиницею управління водними ресурсами стає водозбірний басейн водного об'єкта. Інтегрований підхід до управління водними ресурсами потребує встановлення геоекологічних, соціальних і економічних взаємозв'язків у кожному басейні (див. §7.5.3).

Отже, у проектуванні водогосподарських ГТС провідне місце посідає реалізація принципу повсюдності природоохоронних заходів – через наявність водних потоків, які транспортують забруднення на значні відстані, та постійну потребу у воді з боку природи, господарства і населення. Активність горизонтальних зв'язків посилює наслідки локальних порушень природи, які часто проявляються і за межами геотехсистеми, тому нормальне функціонування водогосподарських ГТС може бути забезпечено повсюдною охороною природних складових на їх території.

**Лісогосподарські ГТС.** Вирубання деревної сировини, особливо проведення суцільних рубок, супроводжується такими геоекологічними наслідками, як захаращення територія вирубки порубковими залишками і продуктами гниття деревини, добирання деревини за рахунок збільшення площі вирубок тощо. Для уникнення цих та інших негативних наслідків лісогосподарські геотехсистеми мають проектуватися як *просторово-часові природно-технічні геоекосистеми*. Тобто проблеми розв'язуються на основі комплексного підходу до усього ресурсного циклу – від заготівлі деревини до її перетворення на готовий продукт. Якщо після суцільних рубок лісосіки повністю звільняти від залишків, посадки нових лісових культур стають зручними і вигідними (Рис. 157).

Лісогосподарські об'єкти набувають властивостей просторово-часових систем шляхом реалізації «правила постійного користування лісом», якого давно дотримуються у багатьох європейських країнах. Основними вимогами є безперервність, стабільність, рівномірність і ритмічність діяльності лісових господарств, що передбачає виконання таких дій:

- забезпечення безперервного заміщення запасів деревини;





Рис. 157. Проектовані природоохоронні заходи для лісогосподарської ГТС

- розміщення нових запасів лісу на тих ділянках, де вони не загрожують безпеці прилеглих біогеоценозів;
- збереження продуктивності лісових ґрунтів, у т. ч. їх структури, запасів поживних речовин і водного режиму.

Урахування фізико-географічних відмінностей лісових ландшафтів відображається у проведенні основних лісогосподарських операцій відповідно до **принципу територіальної диференціації**. Прикладом є доцільність лісовідновлення залежно від розташування і площі ділянок, зайнятих під лісові культури. Зважаючи на порівняну одноманітність лісових культур порівняно з корінними спільнотами, що знижує їхню стійкість до несприятливих зовнішніх впливів, розміщення лісових насаджень у кожному конкретному випадку має визначатися специфікою місцевих умов. Іншим шляхом реалізації принципу територіальної диференціації є проектування лісогосподарських ГТС на основі оптимальної лісистості, тобто встановлення такого співвідношення заліснених і безлісних площ, за якого максимально проявляються захисні й регулювальні властивості лісу. У різних природних умовах (залежно від природної зони, характеру рельєфу, типу ґрунтів тощо) оптимальна лісистість може істотно змінюватися.

Реалізація *принципу управління і контролю* передбачає проектування режиму функціонування геотехсистеми, включаючи управління спеціально створеною підсистемою контролю. Об'єктами обґрунтованого управління є усі складові лісогосподарської діяльності – посадка лісу, сприяння його природному відновленню, догляд за лісовими культурами, боротьба з лісовими пожежами, захист від шкідників і хвороб тощо.

На блок управління лісогосподарських ГТС рекреаційного профілю покладено ширші завдання – наприклад, забезпечення стійкості лісових біогеоценозів до рекреаційних навантажень. Для цього проводиться зонування території та визначається допустима норма навантаження для кожної лісо-рекреаційної зони. Необхідною умовою підтримання сприятливого стану лісогосподарських ГТС є регулярний контроль за лісогосподарськими заходами і станом природного середовища. Найбільш ефективним є контроль, здійснюваний різними органами, наприклад, керівництвом лісогосподарської геотехсистеми та позавідомчої природоохоронної служби.

Отже, лісогосподарські геотехсистеми потребують різних шляхів реалізації геоecологічних принципів їх проектування. Створення продуктивних лісових насаджень як просторово-часових природно-технічних геоекосистем реалізується з дотриманням «правила постійного користування лісом». Принципом територіальної диференціації передбачено визначення основних лісогосподарських операцій з урахуванням місцевих особливостей лісових ландшафтів. Територіальна диференціація рекреаційних лісів сприяє підвищенню стійкості лісових ландшафтів до рекреаційних навантажень.

**Природоохоронні геотехсистеми.** Для ГТС природоохоронного призначення важко визначити, який принцип проектування є провідним. Тому лише повне урахування всіх геоecологічних принципів може забезпечити оптимальне виконання ними своїх функцій. Урахування принципу проектування *просторово-часової природно-технічної геосистеми* на перший погляд здається нескладним, оскільки виконання природоохоронних завдань досягається насамперед обмеженням будь-якої господарської діяльності. Проте це можливо лише за умови великих ПОТ. Наприклад, у вологому тропічному лісі для збереження максимально повного видового складу біоти необхідна площа не менше 200 тис га, в умовах помірного клімату – не менше 250 тис га, а в арктичній зоні – 7,2 млн га. Якщо охороняються види тварин, які мігрують на великі відстані, доводиться проектувати геотехсистеми з розірваними ареалами. Наприклад, якщо

місця гніздування перелітних птахів виділено у резервати суворого режиму, то ефективно збереження цих видів потребує введення спеціального охоронного режиму і у місцях їхньої зимівлі та зупинок під час міграцій.

Ефективним шляхом реалізації *принципу повсюдності природоохоронних заходів* у проектуванні ГТС природоохоронного призначення є створення екологічної мережі з охопленням достатньо великої території (в ідеалі це має бути глобальна екомережа). Головною умовою створення екомережі є урахування речовинно-енергетичних зв'язків ландшафтів, які визначаються здебільшого водно-повітряними потоками. Геоекологічні функції і критерії створення екологічних мереж детально розглянуто у главі 9.3.

В умовах обмеженого втручання людини у хід природних процесів геоекологічний *принцип територіальної диференціації* для ГТС природоохоронного призначення реалізується насамперед шляхом правильного вибору для них місця. Критеріями правильного вибору зазвичай є такі:

- *Географічна різноманітність території.* Це дозволить забезпечити збереження еталонних природних ландшафтів та їх видового розмаїття.
- *Збереженість природних ландшафтів.* Територія має бути максимально наближена до природного стану, що забезпечує репрезентативність створюваної ПОТ. Втім, це можуть бути антропогенні модифікації ландшафтів, якщо вони є об'єктом охорони.
- *Розташування території відносно джерел забруднення.* Передусім йдеться про урахування напрямків речовинно-енергетичних потоків – переносників забруднювальних речовин.

Іншим шляхом реалізації принципу територіальної диференціації є обґрунтоване визначення мінімально необхідної для ГТС площі. Вона має бути максимально можливою у кожному регіоні, враховуючи вищеозначені критерії вибору місця для ПОТ. Ідеально це мають бути десятки тисяч гектарів для національних парків, сотні-тисячі гектарів – для резерватів суворого режиму, гектари або трошки менше – для пам'яток природи.

Ще одним шляхом реалізації принципу територіальної диференціації є функціональне зонування. Для монофункціональних ПОТ воно не є актуальним, оскільки їх функції важко суміщати з іншими типами господарського використання. Цей шлях дуже важливий для поліфункціональних ПОТ. Наприклад, у національних парках доводиться виконувати різні, часто суперечливі, завдання – збереження цінних ландшафтів та їх використання у рекреаційних

цілях. Тому заповідна зона має бути оточена концентричними зонами із поступовим послабленням обмежень на рекреаційне чи будь-яке інше користування. Неприпустимим є сусідство заповідних зон із зонами інтенсивного господарського використання, їх розташування на периферії парку або навіть окремо від основного масиву ПОТ. Загалом функціональне зонування ПОТ базується на таких положеннях:

- ☞ Зонування ефективно у тих випадках, коли ПОТ, які охоплюють значні ділянки незмінених територій, мають перехідні зони (екотони) і узгоджуються з природними процесами (наприклад, із сезонними міграціями).
- ☞ Зонування може включати основні території, буферні зони, території використання ресурсів і місця культурного призначення. Стратегію зонування має бути спрямовано на охорону уразливих видів і процесів.
- ☞ Використання прилеглих до ПОТ земель має сприяти їх ефективному управлінню. Наприклад, це можуть бути ліси, сільськогосподарські землі, приватні захищені території.

**Блок управління** природоохоронних ГТС потребує створення підсистеми контролю за впливами, змінами і можливими наслідками. Належний вибір засобів контролю забезпечує найбільшу ефективність виконання ПОТ своїх функцій. В цих геотехсистемах найбільш розповсюджені три типи управління. Перший тип передбачає наявність у складі ПОТ єдиного керівного органу, відповідального за всі процеси функціонування геотехсистеми. Така підсистема є ефективною, але потребує виділення ПОТ у окремий тип землекористування, що в умовах інтенсивного господарського освоєння не завжди можливо.

Другий тип управління властивий ПОТ, які не виділяються у окремий тип землекористування: керівна підсистема складається з двох блоків – контрольного і управлінського. Двоступенева керівна підсистема є складнішою і менш ефективною, ніж попередня, але дає змогу запроваджувати природоохоронний режим у освоєних регіонах. Контрольний блок (наприклад, керівництво національного парку) виконує функцію контролю і спрямовує діяльність блоку управління; при цьому ПОТ не є землекористувачем і не володіє будь-якими об'єктами. Управлінський блок складається з множини самостійних керуючих одиниць, які є безпосередніми землекористувачами з певними виробничими функціями (лісові господарства, аграрні підприємства, населені пункти). Інтереси двох блоків – керуючого і контролюючого – часто не співпадають, що є найбільшим недоліком цього типу управління. Ефективність управління у та-

ких випадках визначається здатністю керівництва парку спрямовувати діяльність окремих землекористувачів у потрібному напрямі.

Третій тип управління властивий пам'яткам природи та іншим ПОТ з менш суворим режимом охорони, які зазвичай займають невелику площу. Гео-техсистема не має власної керівної підсистеми, а її функції виконує відповідна підсистема будь-якої іншої природно-технічної геоекосистеми (наприклад, лісо- чи сільськогосподарської), у межах якої створена ПОТ. Цей тип керівних підсистем ефективний для тих невеликих ПОТ, де створення самостійного керівного блоку недоцільне.

Для оцінки ефективності управління ПОТ Всесвітнім фондом охорони дикої природи розроблено стандартизовану методику RAPPAM (Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management). Критерії оцінки встановлено Світовою комісією з питань природоохоронних територій (WCPA). Методика базується на інтерпретації управління як циклу планування, який часто повторюється і складається з таких основних фаз (Рис. 158):

- визначення мети, цілей і завдань;



Рис. 158. Загальна схема управління ПОТ згідно критеріїв WCPA

- окреслення зовнішніх впливів або збурень;
- планування і моделювання;

- мобілізація ресурсів;
- процес і етапи управління;
- отримання результатів;
- виявлення наслідків;
- аналіз наслідків, оцінка дій, виявлення недоліків;
- висновки щодо встановлених цілей, завдань та способу їх реалізації.

Застосування цієї методики дає можливість визначити сильні й слабкі сторони управління, негативні фактори і загрози, пріоритети природоохоронної діяльності, а також опрацювати стратегічні етапи вдосконалення управління. Методика RAPPAM пройшла апробацію в Алжирі, Франції, Китаї, Грузії, Непалі, Індії, Бразилії, Чехії, Румунії та інших країнах.

Отже, фахове проектування ГТС природоохоронного призначення потребує урахування і реалізації всіх геоекологічних принципів проектування, але цього недостатньо. Забезпечити ефективне виконання покладених на них функцій може обґрунтована організація раціонального невиснажливого природокористування. Природоохоронні території постійно стикаються із загрозами кліматичних змін, інвазією видів, браконьєрством, забрудненням, екстремальними стихійними явищами тощо. Реагувати на ці загрози потрібно на рівні урядової політики. Соціальні, економічні й геоекологічні результати активного управління охоронюваною територією приносять надзвичайну користь відвідувачам, дослідникам, місцевим громадам, бізнесу, урядам і майбутнім поколінням.

### **Запитання та завдання для самоконтролю**

1. Охарактеризуйте геотехсистеми як об'єкти геоекологічного проектування.
2. Розкрийте сутність геоекологічних принципів проектування.
3. У чому полягає специфіка реалізації геоекологічних принципів у проектуванні промислових геотехсистем? Обґрунтуйте.
4. Проаналізуйте шляхи реалізації геоекологічних принципів у проектуванні транспортних геотехсистем.
5. З яких позицій враховуються геоекологічні принципи у передпроектних дослідженнях урбогеотехсистем? Поясніть.
6. Як змінюється роль геоекологічних принципів проектування на різних ієрархічних рівнях агрогеотехсистем? Наведіть приклади.
7. Проаналізуйте шляхи реалізації геоекологічних принципів у проектуванні водогосподарських та інших геотехсистем.

## ПІСЛЯМОВА

Становлення геоecологічної парадигми було логічним завершенням об'єктивного процесу екологізації географії, підвищення її ролі у вирішенні завдань раціонального природокористування для оптимізації довкілля людини. Завдяки фундаторам геоecології – П. Тутковському, К. Троллю, І. Герасимову та іншим – ця наука здатна прогнозувати розвиток географічного середовища людського суспільства і просторових систем продуктивних сил в умовах різкого зростання негативного техногенного впливу на природу.

Сутність геоecосистемної концепції полягає у сприйнятті природного середовища як організованої цілісності, складеної з геоecосистем – об'єктів науково обґрунтованої оптимізації. Для виявлення ймовірних напрямків розвитку геоecологічної ситуації у найближчій і віддаленій перспективі геоecологія не лише фіксує поточний геоecологічний стан, але й досліджує, як він формувався і що підтримує його рівень. На основі конструктивних геоecологічних досліджень формуються планувально-проектні рішення. Повноцінне геоecологічне дослідження орієнтовано на обґрунтування різних проектів природокористування для створення оптимальної структурно-функціональної організації території і контролю за практичним упровадженням результатів з подальшою їхньою підтримкою. При цьому методика досліджень базується на взаємопов'язаних методах – оцінних, прогнозних, управлінських.

Практична діяльність, яка здійснюється інструментами і методами геоecології, має забезпечувати тривале використання природно-ресурсного потенціалу і отримання максимально можливої вигоди без порушення екологічної рівноваги при збереженні нормального функціонування природних ландшафтів. Йдеться, зокрема, про упровадження геоecологічного підходу до управління природними ресурсами, визначення пріоритетних функцій компонентів ландшафтів, встановлення обмежень на використання конкретних природних ресурсів, нормування антропогенних навантажень на геоecосистеми тощо.

Геоecологічна культура визначається володінням навичками побутової і професійної діяльності, що не руйнує довкілля. Ці знання доповнюються усвідомленням навколишнього середовища як природно-техногенного цілого, що змінюється під впливом природних і антропогенних факторів, та розумінням сутності геоecологічних наслідків цього впливу. Геоecологічна культура передбачає свідомі уявлення про глобальні й регіональні геоecологічні проблеми та механізми управління якістю оточуючого людину середовища.

Сучасні темпи споживання природних ресурсів супроводжується прогресуючим забрудненням навколишнього середовища. Нинішню глобальну екологічну кризу породжено системою нераціонального, марнотратного природокористування, що призводить до виникнення низки соціально-економічних, політичних, культурних та інших проблем. Наслідками незбалансованої експлуатації природних ресурсів є виснаження ресурсного потенціалу, погіршення якості довкілля і зростання витрат на відновлення природної рівноваги.

Завданням фахівців геоекологічного профілю є пошук ефективних шляхів раціоналізації промислового та інших видів природокористування та розроблення конструктивних пропозицій господарювання, яке не призводить до несприятливих змін природно-ресурсного потенціалу і навколишнього середовища. Прикладна геоекологія дає відповіді на питання про сутність екологізації природокористування та ресурсозбереження, що є не лише необхідним, але й єдино можливим шляхом подальшого розвитку людської цивілізації, оскільки альтернативи йому немає.

Метою прикладної геоекології у найширшому розумінні є оптимізація природокористування на основі дослідження геоекосистемних зв'язків та інтегрування здобутих знань у практику територіального планування і менеджменту. Геоекосистемна концепція передбачає гармонійне поєднання двох наукових підходів – географічного та екологічного. У рамках такого поєднання здійснюється планування і проектування оптимального режиму природокористування, який виключає перевищення гранично допустимих навантажень на геоекосистеми. Практичному впровадженню результатів прикладних геоекологічних досліджень слугує обґрунтування проектів природокористування, що полягає в оптимізації структурно-функціональної організації території.

Головним аспектом передпроектних геоекологічних досліджень є створення прототипу просторово-часової функціональної організації проекрованої території з досконалішою структурою природокористування відповідно до природного потенціалу і суспільних потреб. Це потребує, серед іншого, удосконалення навчально-методичної бази геоекологічної освіти, зокрема якісного оновлення змісту навчальних програм майбутніх фахівців даної сфери. Реальний перехід до сталого збалансованого природокористування є нині головною умовою подальшого існування і розвитку людства.



## ГЛОСАРІЙ

- Абразія** – процес механічного руйнування берегів морів, озер, річок чи великих водосховищ під дією хвиль і прибою.
- Агроекологічний потенціал ґрунтів** – здатність ґрунтів виконувати функцію сільськогосподарських угідь, створювати оптимальні умови для росту і розвитку сільськогосподарських рослин, а також підтримувати екологічну рівновагу в агроландшафтах і природному середовищі.
- Агрохімікати** – органічні, мінеральні й бактеріальні добрива, хімічні меліоранти, хімічні засоби захисту рослин, регулятори росту рослин та інші речовини, що застосовуються для підвищення родючості ґрунтів, урожайності сільськогосподарських культур і поліпшення якості рослинницької продукції.
- Акліматизація** – пристосування організмів до нових умов, у які вони потрапили природним шляхом або перенесені людиною з метою збагачення флори і фауни цінними видами; частковий випадок адаптації організмів до комплексу зовнішніх природно-кліматичних чинників.
- Акумуляція** – процес накопичення твердого матеріалу і органічних решток у водному чи наземному об'єкті під дією екзогенних та ендегенних чинників; процес накопичення на земній поверхні, на дні природних і штучних водойм продуктів ерозії чи абразії, води, солей і різноманітних забруднювачів.
- Антропогенне навантаження на ландшафт** – ступінь прямого і опосередкованого впливу господарської діяльності людини на ландшафт та його окремі компоненти, коли відбувається зміна властивостей і функцій ландшафту.
- Біогаз** («каналізаційний газ», «шахтний газ», «болотний газ», «газ-метан») – газ, який утворюється в результаті анаеробного розкладу органічних залишків на дні водойм, у шлунково-кишковому тракті жуйних тварин, гної. Б. складається з метану, пропану, вуглекислого газу, аміаку та інших газів; навіть без очищення можна використовувати як паливо.
- Біорізноманіття** – різноманіття живих організмів Землі на всіх рівнях організації живого і в усіх просторово обмежених оселищах (наземних, прісноводних, морських), що складається з видового, популяційного, ценотичного, генетичного різноманіття.
- Біосфера** – загальнопланетна оболонка, до складу якої належать нижні шари атмосфери, ціла гідросфера і верхні шари літосфери; склад і будова біосфери зумовлені сучасною та минулою життєдіяльністю всієї сукупності живих організмів (живої речовини).
- Біосферний резерват** – категорія ІХ ПОТ (Biosphere Reserve) згідно з класифікацією МСОП, яка призначається Міжнародною координаційною радою Програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера» на прохання зацікавленої держави.

Створюється на базі національних парків для сприяння і демонстрації збалансованих взаємовідносин людини і біосфери.

**Біотичні ресурси** – ресурси рослинного і тваринного світу: генетичні ресурси, організми або їхні частини, популяції і будь-які інші біотичні компоненти геоекосистем, які мають фактичну чи потенційну користь, а також цінність для людства.

**Біошлам** – продукт біоконверсії органічних відходів шляхом анаеробного бродиння у біогазових установках, у якому міститься багато цінних речовин, зокрема амінокислоти, амонійний азот і фосфор, а також вироблені мікроорганізмами вітаміни групи В.

**Болото** – надмірно зволожена ділянка земної поверхні, де зростає специфічна вологолюбна рослинність, розвивається болотний тип ґрунтоутворення, і, як правило, присутній шар торфу потужністю понад 30 см.

**Буферна зона** – район, облаштування якого має на меті збереження двох або більше інших районів на відстані один від одного, з тієї чи іншої причини. В екомережі – місцевість навколо її найцінніших ділянок, яка захищає їх від дії зовнішніх негативних чинників природного чи антропогенного походження.

**Висушування земель** – процес появи у літологічному профілі повітряно-сухих ґрунтів і зниження їхньої природної вологості до показника менше 60% повної вологоємності, що призводить до зниження родючості ґрунту, сприяє розвитку ерозійних процесів.

**Відновлювані джерела енергії** – джерела, що постійно поновлюються за рахунок природного надходження енергії: енергія Сонця; енергія вітру; гідроенергія води, хвиль, припливів; теплова енергія навколишнього середовища (Землі, повітря, морів і океанів); енергія біомаси; геотермальна енергія.

**Відходи** – речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності й не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та негативно впливають на природні об'єкти і тому потребують видалення чи знешкодження.

**Вітроенергетика** – галузь відновлюваної енергетики, яка спеціалізується на використанні кінетичної енергії вітру. Енергію виробляють вітротурбіни, які об'єднують у вітроелектростанції. У механізмах для перетворення вітру на електричну енергію основним елементом є вітроколесо.

**Води стічні** – будь-які води (включаючи атмосферні опади), що відводяться у водні об'єкти з територій промислових підприємств і поселень через систему каналізації або самопливом, властивості яких виявилися погіршеними внаслідок діяльності людини; також рідкі відходи, утворені в результаті побутової, сільськогосподарської чи промислової діяльності людини.

**Водна ерозія** – руйнування ґрунту або гірських порід водними потоками, що проявляється у змиванні верхнього шару ґрунту або розмиванні його у глибину під впливом талих, дощових і поливних (іригаційних) вод, внаслідок чого утворюються яри, балки, річкові долини тощо..

**Водні ресурси** – усі води гідросфери, тобто води річок, озер, каналів, водосховищ, морів і океанів, підземні води, ґрунтова волога, вода гірських і полярних льодовиків, водяна пара атмосфери, які використовуються або можуть бути використані для потреб населення і галузей господарства і оцінюються обсягом середньорічного стоку річок.

**Водно-болотні угіддя** – райони маршів, боліт, драговин, торфовищ, природних або штучних водойм, постійних чи тимчасових, стоячих або проточних, прісних, солонкуватих або солоних, глибина яких під час відпливу не перевищує 6 м і станом яких у глобальному масштабі опікується міжнародна організація «Wetlands International».

**Водосховище** – штучна водойма місткістю понад 1 млн м<sup>3</sup>, створена водопідпійною спорудою на водотоці для зберігання води та регулювання стоку, що дозволяє використовувати водні ресурси для гідроенергетики, водного транспорту, промислового і комунального водопостачання, зрошення сільськогосподарських земель, розведення риби та качок, рекреації тощо.

**Вторинна сировина** – матеріали і вироби, які після первісного повного використання (зношування) можна використовувати у виробництві повторно як сировину. Наприклад, лом, відходи чорних, кольорових і благородних металів, різні машини, устаткування та їхні деталі, які вийшли з ужитку, спрацьовані мастила, зношені автопокришки, макулатура тощо.

**Вторинне засолення ґрунтів** – процес накопичення солей у ґрунті внаслідок штучних змін водного режиму, що зазвичай відбувається внаслідок переміщення до земної поверхні водно-розчинених солей з глибинних шарів підстильних порід або за умови притоку мінералізованих зрошувальних вод.

**Геліоенергетика** – галузь енергетики, що вивчає і застосовує методи експлуатації енергії сонячного проміння для промислових і побутових потреб.

**Генеральний план міста** – основний документ, що визначає планувальну структуру населеного пункту, функціональне зонування його території, розміщення центрів обслуговування, організацію транспортних зв'язків та інженерного забезпечення.

**Географічна оболонка** – цілісна і безперервна оболонка Землі, що утворилася внаслідок взаємопроникнення і взаємодії окремих речовин геосфер – літосфери, гідросфери, атмосфери і біосфери.

**Географічне положення** – геопросторове відношення певного об'єкта до зовнішнього середовища, елементи якого мають або можуть мати на нього істотний вплив.

**Географічне середовище** – освоєна людиною частина ландшафтної оболонки; частина географічної оболонки Землі, безпосередньо пов'язана з життям і діяльністю людини, що є необхідною і постійно діючою матеріальною основою розвитку суспільства.

**Геоекологічна експертиза** – науково-практична діяльність, яка передбачає аналіз змісту проектних матеріалів та їхню оцінку з позицій вимог охорони природи і раціонального природокористування.

**Геоекологічна ситуація** – сукупність станів екологічних об'єктів в межах певної території (ландшафту, річкового басейну, адміністративного району, міста, адміністративної області або країни в цілому) у певний проміжок часу.

**Геоекологічне обґрунтування проекту** – етап проектування, в ході якого на основі експериментальних і прогнозних побудов доводиться, що несприятливі екологічні наслідки після реалізації проекту не перевищуватимуть існуючі екологічні норми або що проект відповідає екологічним вимогам, узаконеним у нормативних документах.

**Геоекологічне прогнозування** – наукова розробка уявлень про геоекосистеми майбутнього, про їхні докорінні властивості й різноманітні змінні стани, у тому числі обумовлені діяльністю людини.

**Геоекологічне районування** – метод виділення структурних одиниць, які характеризуються цілісністю та єдністю геоекологічних характеристик.

**Геоекологічний моніторинг** – система спостереження і контролю стану навколишнього середовища для визначення тенденцій його змін та попередження небажаних явищ відповідними регулюючими засобами.

**Геоекологія** – наука про геоекосистеми, яка досліджує взаємозв'язки між природними умовами і ресурсами, людськими спільнотами та господарською діяльністю; комплексна природнича наука, яка досліджує геоекосистеми з метою оптимізації довкілля людини.

**Геоекосистеми** – ділянки ландшафтної сфери Землі, які управляються або контролюються людиною, мають характерні процеси тепло- і вологообміну, біогеохімічні кругообіги, певні види господарської діяльності й соціокультурні відносини.

**Геологічне середовище** – верхня частина літосфери (гірські породи, ґрунти, донні відклади, підземні води), на яку безпосередньо впливає господарська діяльність людей.

**Гідрогеотермальні ресурси** – термальні води, пароводяні суміші й природна пара, які доцільно застосовувати для опалення і гарячого водопостачання, а також для технологічних цілей.

**Гідротехнічні споруди** – споруди, призначені для використання водних ресурсів, а також для боротьби із шкідливим впливом вод: греблі й дамби різного призначення; водоскиди, водоспуски, споруди водовідведення (тунелі, канали, труби, лотки); регуляційні споруди, накопичувачі промислових відходів, ставки, відкриті водозабори, гідромеханічне і механічне обладнання для нормального функціонування споруд.

**Гірничопромислові ландшафти** – специфічні антропогенні утворення, які формуються у процесі добування мінеральної сировини і характеризуються величезними масштабами впливу на природу.

**Глобальне потепління** – прогресуюче поступове підвищення температури поверхні Землі, що є наслідком посилення парникового ефекту і призводить до зміни клімату в глобальних масштабах, підвищення рівня Світового океану, зміни кількості й розподілу атмосферних опадів.

**Гранично допустимі дози (ГДД)** – така кількість шкідливих речовин, дія яких не викликає згубних наслідків у організмі людини.

**Гранично допустимі концентрації (ГДК)** – максимальна кількість шкідливих речовин у одиниці об'єму чи маси водного, повітряного і ґрунтового середовища, яка практично не впливає на здоров'я людини.

**Гранично допустимі навантаження (ГДН)** – граничні значення господарського навантаження на природне середовище, які встановлюються з урахуванням ємності середовища, його рекреаційного потенціалу, здатності до відновлення.

**Гранично допустимі скиди (ГДС)** – маса забруднювальних речовин, яку дозволяється скидати у водні об'єкти зі стічними водами за одиниці часу з метою дотримання норм якості води.

**Дамба** – гідротехнічна споруда (вал) з піщано-глинистих ґрунтів або каміння, призначена для захисту низовин від затоплення і весняних паводків, огороження каналів, з'єднання напірних споруд гідровузлів з берегами, регулювання річищ річок.

**Дефляція** (видування, вітрова ерозія) – процес руйнування вітром гірських порід та розвіювання продуктів їхнього вивітрювання, що виникає за умови сильних вітрів, які видувають ґрунт.

**Дренажний комплекс** (дренажна система) – сукупність споруд (штреки, свердловини, колодязі, шурфи, канали), призначених для відводу підземних і поверхневих вод.

**Евтрофікація** – підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів у результаті накопичення у воді біогенних елементів (азоту, фосфору, кремнію у різних сполуках) під впливом антропогенних чи природних факторів.

**Екокоридор** – один з базових елементів екомережі, що пов'язує між собою природні ядра і має витягнуту конфігурацію, призначений для забезпечення взаємозв'язків між природними екосистемами: підтримання процесів розмноження, обміну генофондом, міграції видів, поширення видів на суміжні території, переживання ними несприятливих умов, переховування, підтримання екологічної рівноваги.

**Екологічна криза** – напружений стан взаємин людини і природи, що характеризується невідповідністю розвитку продуктивних сил ресурсним можливостями біосфери.

**Екологічна політика** – система дій і заходів, спрямованих на забезпечення екологічних потреб населення, підтримку екологічної безпеки та раціональне використання, охорону і відтворення природних ресурсів, запровадження безвідходних і маловідходних, екологічно чистих технологій з метою забезпечення оптимальних умов природокористування.

**Екологічна проблема** – який-небудь невивчений або слабо вивчений аспект взаємодії людини і навколишнього середовища, який потребує подальшого дослідження і вирішення.

**Екологічна сертифікація** – системна перевірка об'єкта сертифікації спеціально уповноваженим органом з метою підтвердження відповідності виробів, послуг, процесів вимогам чи технічним умовам.

**Екологічний потенціал** – здатність природного середовища відтворювати певний рівень якості помешкання протягом досить тривалого часу.

**Екологічний ризик** – імовірність виникнення негативних змін у навколишньому середовищі, або віддалених несприятливих наслідків цих змін, які виникають у результаті впливу на природне середовище.

**Енергетична криза** – значне загострення суперечностей у процесі відтворення сукупного капіталу внаслідок різкого підвищення цін на нафту на світовому ринку, переважання енерговитратного технологічного способу виробництва, панування монополій у енергетичній сфері, поступового вичерпання енергоресурсів на планеті.

**Енергоефективність** – корисна, ефективна витрата енергії для досягнення результату з використанням меншої кількості енергії; показник ефективності економіки країни – співвідношення загальних запасів основних видів енергії до ВВП.

**Енергозбереження** – зменшення споживання енергії за рахунок використання меншої кількості енергетичних послуг; діяльність, спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної і перетвореної енергії та природних енергетичних ресурсів.

**Енергозберігаюча технологія** – метод виробництва продукції з раціональним використанням енергії, що дає можливість одночасно зменшити енергетичне навантаження на природне середовище і кількість енергетичних відходів, одержуваних при виробництві й експлуатації виготовленого продукту.

**Ерозія ґрунту** – процес руйнування верхніх, найродючіших, шарів ґрунту і підстильних порід під впливом природних і антропогенних чинників; природний процес, який різко активізується через низьку культуру землеробства, використання застарілих методів обробітку ґрунту тощо.

**Забруднення** – надходження до природного середовища або утворення в ньому твердих, рідких, газоподібних речовин, мікроорганізмів або енергії у кількості, що зумовлює зміну складу і властивостей компонентів природи і є шкідливою для людини, флори і фауни; збільшення концентрації фізичних, хімічних чи біотичних агентів у навколишньому середовищі, що може спричинювати негативні наслідки.

**Забруднювальні речовини** – природні чи антропогенні фізичні агенти, хімічні речовини, які потрапляють у природне середовище або виникають у ньому в кількостях, що перевищують межі звичайних граничних коливань чи середнього природного фону за певний відрізок часу, або перебувають у ньому в кількостях, що перевищують показники, допустимі для конкретних цілей.

**Захоронення відходів** – остаточне розміщення відходів у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на природне середовище і здоров'я людини не перевищував установлених нормативів.

**Земельні ресурси** – частина земельного фонду, що використовується або може бути використана у господарстві; сукупний природний ресурс поверхні суші як просторового базису розселення і господарської діяльності, основний засіб виробництва у сільському і лісовому господарстві.

**Знеліснення** – повне знищення лісової рослинності та переведення земель у інший тип господарського використання внаслідок лісових пожеж, ураганів, повеней, кислотних дощів, зміни гідрологічного режиму територій, зниження стійкості лісових фітоценозів до шкідників і хвороб тощо.

**Знешкодження відходів** – зменшення чи усунення небезпечності відходів шляхом механічного, фізико-хімічного чи біологічного оброблення з метою

одержання речовин, що можуть увійти до природних біогеохімічних циклів або не впливатимуть шкідливо на довколишнє середовище.

**Зсув** – зміщення мас гірських порід униз схилом через порушення природної рівноваги залягання та ослаблення міцності гірських порід, які мають швидкість руху від 0,06 м/рік до 3 м/с.

**Інтродукція** – навмисне або випадкове переселення окремих видів за межі їхнього природного ареалу в місця, де вони раніше не мешкали.

**Канал** – штучне русло (водовід) з безнапірним рухом, що створюється для дренажу, іригації або навігації.

**Кар'єр** – відкрита гірничавиробка для розробки родовищ корисних копалин; гірничепідприємство з видобутку корисних копалин відкритим способом.

**Когенерація** – перспективний напрям енергозбереження, що передбачає комбінованевиробництво електричної й теплової енергії.

**Лиман** – витягнута мілководна затока, що утворюється через затоплення морем пригирлової частини річкової долини або балки внаслідок незначного опускання суходолу; бувають відкриті й закриті та використовуються для лікувальних цілей, добування кухонної солі та іншої мінеральної сировини.

**Лісистість** – частка вкритих лісовою рослинністю земель у загальній площі країни чи іншої території, виражена у відсотках.

**Лісистість оптимальна** – ступінь заліснення території, за якого найбільш ефективно використовуються земельні ресурси, формується екологічно стабільне середовище і найповніше проявляється комплекс корисних властивостей лісу.

**Меліорація земель** – комплекс гідротехнічних, культуртехнічних, хімічних, агротехнічних, агролісотехнічних, інших меліоративних заходів, що здійснюються з метою регулювання водного, теплового, повітряного і поживного режиму ґрунтів, збереження і підвищення їх родючості та формування екологічно збалансованої раціональної структури угідь.

**Меліоративна система** – технологічно цілісна інженерна інфраструктура, що включає такі окремі об'єкти, як меліоративна мережа каналів і трубопроводів з гідротехнічними спорудами і насосними станціями, захисні дамби, спостережна мережа, дороги і споруди на них, взаємодію яких забезпечує управління водним, тепловим, повітряним і поживним режимом ґрунтів на меліорованих землях.

**Методи прогнозування** – сукупність операцій і прийомів, які на основі ретроспективних даних, екзогенних і ендегенних зв'язків об'єкта прогнозування, а також їхніх змін дають можливість передбачати майбутній його розвиток.



- Мінеральні води** – підземні (іноді поверхневі) води з підвищеним вмістом деяких хімічних елементів і сполук, а також газів, зі специфічними фізико-хімічними властивостями, що мають цілющий вплив на організм людини.
- Моніторинг геоекологічний** – комплексна система спостережень, збору, обробки, систематизації та аналізу інформації про стан навколишнього середовища, яка дає оцінку і прогнозує його зміни, розробляє обґрунтовані рекомендації для прийняття управлінських рішень.
- Навантаження на геоекосистему** – величина постійного узагальненого впливу людської діяльності на зональні, гірські, океанічні та інші геоекосистеми і біосферу, які зумовлюють зміни у їх структурно-функціональній організації.
- Навантаження рекреаційне** – максимально можлива кількість осіб, які одночасно можуть перебувати на даній території, не викликаючи деградації природних геоекосистем.
- Національний парк (National Park)** – категорія II у класифікації МСОП. Це велика природоохоронна територія, яка відводиться з метою охорони цілісності екосистем, а також забезпечення можливостей для здійснення рекреаційної діяльності, але за умови, що вона буде сумісною з природним оточенням.
- Нераціональне природокористування** – система діяльності, що не забезпечує збереження природо-ресурсного потенціалу, коли суспільство і ПРП перебувають у стані негативного зворотного зв'язку.
- Нормування екологічне** – встановлення допустимих меж змін природного стану навколишнього середовища без порушення умов його саморегулювання і самоочищення на базі екологічних стандартів.
- Озеро** – природна водойма повільного водообміну, розташована у западині на поверхні суші (котловині), заповнена різнорідними водними масами і не пов'язана протоками з морями чи океанами.
- Озон** – проста речовина, алотропна модифікація кисню ( $O_3$ ), хімічно активний газ синього кольору з різким запахом, сильний окиснювач, що утворюється з кисню при електричному розряді (наприклад, під час грози).
- Озонова діра** – локальне падіння концентрації озону в стратосфері на 10-40%; явище різкого зниження зонального вмісту озону над певною територією.
- Озоновий екран** – шар озону в стратосфері на висоті близько 25 км від земної поверхні, де поглинається більша частка (99%) ультрафіолетового випромінювання Сонця.
- Озоновий шар (озоносфера)** – шар атмосфери (стратосфери), у межах якого концентрація молекул озону ( $O_3$ ) удесятеро вища, ніж біля поверхні Землі; там поглинаються майже всі ультрафіолетові промені, а метан та інші вуглеводні швидко окислюються.

- Озонування** – один з найкращих способів знезараження питної води, що забезпечує її високі органолептичні показники, відсутність високотоксичних і канцерогенних продуктів.
- Оптимізація** – отримання максимуму можливого за мінімуму витрат, зазвичай у відносно коротких інтервалах часу; прагнення до стану, найбільш наближеного до динамічної рівноваги (квазістаціонарного стану); прихід до стану, найбільш бажаному з погляду людини для збереження свого здоров'я.
- Оптимізація геоекосистем** – дії, спрямовані на переведення геоекосистем у стани, за яких вони максимально ефективно виконують задані функції, не зазнаючи при цьому небажаних змін протягом невизначено тривалого часу.
- Осушення** – комплекс організаційно-технічних, меліоративних і гідротехнічних заходів, спрямованих на усунення надлишку води з ґрунту, запобігання або зменшення несприятливого впливу води на життєдіяльність людини.
- Оцінювальні методи досліджень** – оцінка ступеня придатності ландшафту або його окремих компонентів для конкретного виду природокористування.
- Очисні споруди** – комплекс інженерних споруд у системі каналізації населеного пункту або промислового підприємства, призначений для очищення, знешкодження і знезараження стічних вод від забруднень.
- Паводок** – раптове значне підвищення водності річки у межах річного циклу, викликане випаданням сильних дощів або інтенсивним таненням снігу, яке, на відміну від повені, виникає нерегулярно, але може викликати повінь.
- Паливно-енергетичні ресурси** – сукупність всіх природних і перетворених видів палива та енергії, які використовуються у господарстві.
- Пам'ятка природи** (категорія III у класифікації МСОП) – природоохоронна територія, на якій розташований окремий унікальний природний об'єкт, що охороняється за своїм науковим, навчально-просвітницьким, історико-меморіальним або культурно-естетичним значенням.
- Парниковий ефект** – здатність атмосфери пропускати короткохвильове електромагнітне випромінювання від Сонця і затримувати (частково чи повністю) тепловий потік від земної поверхні, повертаючи його до Землі у вигляді зустрічного випромінювання.
- Парникові гази** – присутні у атмосфері гази (вуглекислий газ, метан, водяна пара, закис азоту тощо), прозорі для видимих променів, але здатні активно поглинати інфрачервоні, завдяки чому утримують в атмосфері частину тепла, яку мали б віддавати у Космос.
- Пестициди** – речовини хімічного чи біологічного походження, які використовують проти шкідників сільськогосподарських культур і лісових насаджень,

для знищення небажаної рослинності, збудників хвороб і переносників захворювань тварин чи рослин, для регулювання розвитку організмів.

**Пилова буря** – небезпечне метеорологічне явище, найактивніший і найшкідливіший вид дефляції, зумовлений перенесенням сильним вітром (понад 12-15 м/с) у період тривалого бездощів'я значної кількості пилу, частинок сухого ґрунту, піску, що спричинює значне погіршення видимості.

**Підтоплення** – підвищення рівня підземних вод внаслідок порушення водного режиму і балансу територій, який відбувається під дією природних і техногенних чинників і спричиняє небезпечні процеси (зсуви, карст, суфозію), вторинне засолення ґрунтів, заболочування територій, забруднення поверхневих і підземних вод, погіршує водно-фізичні властивості верхньої зони підстильних порід.

**Побутові відходи** – відходи, які утворюються внаслідок життєдіяльності людини у сферах житлово-комунальній, обслуговування і торгівлі, а також подібні до них за фракційним складом і структурою відходи установ, підприємств і дрібних виробництв.

**Повінь** (водопілля) – фаза водного режиму річки, яка щороку повторюється у даних кліматичних умовах в один і той самий сезон року, характеризується найбільшою водністю, високим і тривалим підйомом та спадом рівнів води у річках, озерах, водосховищах.

**Природне середовище** – частина географічної оболонки, яка оточує людину і є сукупністю абіотичних і біотичних факторів, природних та змінених у результаті діяльності людини, які впливають на живий світ планети; сфера взаємопроникнення елементів чотирьох геосфер – атмосфери, літосфери, гідросфери і біосфери – під впливом екзогенних (зокрема космічних) і ендегенних факторів та діяльності людини.

**Природні ресурси** – компоненти природного середовища, природні й природно-антропогенні об'єкти, які використовуються або можуть бути використані при здійсненні господарської та іншої діяльності як джерела енергії, продукти виробництва і предмети споживання для задоволення потреб суспільства.

**Природні умови** – сукупність об'єктів, явищ і факторів природного середовища, які визначають ті чи інші особливості життєдіяльності суспільства, мають суттєве значення для виробничої діяльності людини, проте безпосередньо в цю діяльність не залучаються.

**Природно-ресурсний потенціал** – сукупність природних ресурсів і природних умов, які знаходяться в певних географічних межах і забезпечують задоволення економічних, екологічних, соціальних та інших потреб суспільства, є

територіальною і ресурсною базою життєдіяльності суспільства та об'єктом антропогенного впливу.

**Природокористування** – людська діяльність щодо використання сил і ресурсів природи з метою виробництва матеріальних благ і різних послуг; безпосереднє освоєння, експлуатація, відтворення та охорона природних ресурсів і умов конкретної території; синтетична прикладна наука, що розробляє загальні принципи будь-якої діяльності, пов'язаної з користуванням природою.

**Природокористування раціональне** – високоефективне господарювання, що не призводить до різких змін природно-ресурсного потенціалу і не викликає глибоких змін в оточуючому людину середовищі; збалансована взаємодія суспільства і природи, що забезпечує досягнення компромісу між соціально-економічними потребами суспільства і здатністю природи задовольняти їх без суттєвої шкоди для свого нормального функціонування.

**Районування** – система принципів і методів виявлення і систематизації всіх можливих регіональних підрозділів (регіонів) поверхні суші, океанів і океанічного дна.

**Реакліматизація** – штучне повернення організмів у місцевість, де вони мешкали раніше; відновлення на певній території місцевих видів, що зникають або вже зникли внаслідок різкої зміни довколишнього середовища або діяльності людини.

**Рекультивация порушених земель** – оптимізація та відновлення техногенно порушених земель з метою створення на їхньому місці продуктивніших, раціонально організованих культурних антропогенних ландшафтів.

**Родовища техногенні** – відходи видобутку, збагачення і переробки мінеральної сировини, які містять цінні корисні компоненти і мають промислове значення.

**Ропа лікувальна** – насичена солями вода соляних озер (лиманів), морських заток, порожнин і пор донних відкладів, яка має лікувальні властивості.

**Сертифікація лісів** – маркетинговий механізм, який передбачає незалежну оцінку з метою визначення відповідності ведення лісового господарства встановленим стандартам, що засвідчується у письмовому документі – сертифікаті.

**Смарагдова мережа (Emerald network)** – рідкісні середовища існування (екотопи), які потребують спеціальних заходів збереження; є аналогом програми Євросоюзу «Natura 2000».

**Стандарти якості** – єдині нормативи, правила та вимоги до оцінки стану природного середовища і його окремих компонентів, до діяльності підприємств задля забезпечення оптимальної якості навколишнього середовища.

**Терасування схилів** – штучна зміна поверхні схилів з метою їхнього оптимального використання у аграрному виробництві (для рисосіяння, під чайні плантації, виноградники тощо); дозволяє застосовувати сільськогосподарську техніку та захищати схили від водної ерозії.

**Терикон** – конічний відвал, штучний насип з порожніх порід, витягнутих за підземної розробки корисних копалин, схильний до самозаймання.

**Техногенна аварія** – вихід з ладу машин, механізмів, пристроїв, комунікацій, споруд внаслідок порушення технології виробництва, правил експлуатації, правил безпеки, помилок, допущених при проектуванні чи будівництві, а також внаслідок стихійних лих.

**Тригенерація** – комбіноване виробництво одразу трьох видів енергії: електрики, тепла і холоду, що дає можливість ефективно використовувати утилізоване тепло не тільки взимку для опалення, але й влітку для кондиціонування приміщень чи для технологічних потреб.

**Утилізація відходів** – вторинне використання цінних речовин і ресурсів, вилучення корисних компонентів з побутових і промислових відходів, стічних вод, викидів у атмосферу; передбачає здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною фізичних, хімічних чи біологічних властивостей відходів, з метою їхньої підготовки до екологічно безпечного зберігання, перевезення чи видалення.

**Функціональна зона** – спеціалізований простір, призначений для виконання певного виду чи комплексу подібних видів діяльності.

**Хвостосховище** – комплекс гідротехнічних спеціальних споруд і обладнання, призначених для складування або захоронення радіоактивних, токсичних та інших відвальних відходів процесу збагачення корисних копалин.

**Хлорфторвуглеці** – синтетичні сполуки виключно промислового походження, що використовуються у деяких технологічних процесах, викиди яких в атмосферу призводять до руйнування озонового шару.

**Швидкотоки** – водоскидні протиерозійні споруди, призначені для скиду талих і дощових вод на дно ярів, балок, улоговин, а також для зміцнення вершин ярів.

**Шламосховище** – природний чи штучно створений резервуар для тимчасового або постійного збереження концентрованого водного осаду (шламу).

**Шлюз** – гідротехнічна споруда на судноплавних і водних шляхах для забезпечення переходу суден з одного водного басейну (б'єфа) на інший з різними рівнями води в них.

## ВИКОРИСТАНІ Й РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Адаменко О.М., Рудько Г.І. Екологічна геологія: підручник. Київ: Манускрипт, 1998. 348 с.
2. Бауэр Л., Вайничке Х. Забота о ландшафте и охрана природы. – Москва: Прогресс, 1974. 264 с.
3. Гавриленко О.П. Екогеографія України: навч. посіб. Київ: Знання, 2008. 646 с.
4. Гавриленко О.П. Геоєкологія і природокористування: монографія. Київ: Видавець Бихун В.Ю., 2018. 393 с.
5. Гавриленко О.П. Екологія з основами геоєкології: підручник. Riga: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 462 с.
6. Геоэкологические подходы к проектированию природно-технических геосистем. – Москва: Институт географии АН СССР, 1985. 235 с.
7. Геоэкологические основы территориального проектирования и планирования. Москва: Наука, 1989. 144 с.
8. Гнеушев В.О. Формування та розробка техногенних родовищ: навч. посіб. Рівне: Волинські обереги, 2013. 152 с.
9. Гречко Т.К., Лісовський С.А., Романюк С.А., Руденко Л.Г. Публічне управління в забезпеченні сталого (збалансованого) розвитку: навч. посіб. Херсон: Грінь Д.С., 2015. 264 с.
10. Гродзинський М.Д., Шищенко П.Г. Методи геоєкологічних досліджень: навч. посіб. Київ: ВПЦ «Київський університет», 1999. 243 с.
11. Гродзинський М.Д. Ландшафтна екологія: підручник. Київ: Знання, 2014. 550 с.
12. Гудзевич А.В. Просторово-часова організація сучасних ландшафтів: теорія і практика: монографія. Вінниця: Віндрук, 2012. 432 с.
13. Дмитриев В.В., Жиров А.И., Ласточкин А.Н. Прикладная экология: учебник. Москва: Академия, 2008. 608 с.
14. Дьяконов К.Н., Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза: учебник. Москва: Аспект Пресс, 2002. 384 с.
15. Екомережа степової зони України: принципи створення, структура, елементи / ред. Д.В. Дубина, Я.І. Мовчан. Київ: LAT&K, 2013. 409 с.
16. Караїм О.А. Техноєкологічні основи безвідходних виробництв: конспект лекцій. Луцьк: Вежа-Друк, 2014. 88 с.
17. Комар И.В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. Москва: Наука, 1975. 212 с.

18. Куйбіда В.С., Білоконь Ю.М. Територіальне управління в Україні: європейські засади та національний досвід. Київ: Логос, 2009. 108 с.
19. Куражковский Ю.Н. Очерки природопользования. Москва: Мысль, 1969. 268 с.
20. Ландшафтне планування в Україні / Л.Г. Руденко, Є.О. Маруняк, О.Г. Голубцов та ін.; ред. Л.Г. Руденко. Київ: Реферат, 2014. 144 с.
21. Лехмус О.О. Методи та технології переробки побутових і суднових відходів: методичні вказівки. Миколаїв: НУК, 2004. 48 с.
22. Мальчикова Д.С. Теоретико-методологічні і методичні засади геопланування сільської місцевості на регіональному рівні: монографія. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 362 с.
23. Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України: підручник. Київ: Знання, 2005. 511 с.
24. Мюррей Р. Цель – Zero Waste [пер. с англ. В.О. Горницького]. Москва: ОМНОО «Совет Гринпис», 2004. 232 с.
25. Олійник Я.Б., Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Основи екології: підручник. Київ: «Знання», 2012. 560 с.
26. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Писаренко В.В. Агроєкологія: навч. посіб. Полтава: Говоров С.В., 2008. 255 с.
27. Планування і забудова територій. ДБН – 12.2018. Видання офіційне. Київ: Мінрегіон України, 2018. 179 с.
28. Природа, техника, геотехнические системы. Москва: Наука, 1978. 152 с.
29. Проць Б.Г., Іваненко І.Б., Ямелинець Т.С., Станчу Е. Експрес-оцінка стану територій природно-заповідного фонду України та визначення пріоритетів щодо управління ними. Львів: Гриф Фонд, 2010. 92 с.
30. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. Москва: Мысль, 1990. 637 с.
31. Ресурси геологічного середовища і екологічна безпека техноприродних геосистем: монографія [за ред. Г.І. Рудька]. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2006. 480 с.
32. Рудько Г.І., Адаменко О.М. Конструктивна геоекологія: наукові основи та практичне втілення: монографія. Чернівці: Маклаут, 2008. 320 с.
33. Самойленко В.М., Корогода Н.П. Геоінформаційне моделювання екомережі. Київ: Ніка-Центр, 2006. 224 с.
34. Топчиев А.Г. Геоэкология: Географические основы природопользования. Одесса: Астропринт, 1996. 392 с.
35. Топчієв О.Г. Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методики: навч. посіб. Одеса: Астропринт, 2005. 631 с.

- 36.Топчієв О.Г., Мальчикова Д.С. Планування територій: навч. посіб. Стереотип. вид. Херсон: Грінь Д.С., 2017. 268 с.
- 37.Топчієв О.Г., Мальчикова Д.С., Пилипенко І.О., Яворська В.В. Методологічні основи географії: Ландшафтна оболонка Землі. Довкілля: навч. посіб. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2018. 348 с.
- 38.Чалая И.П., Кукотенко М.В., Черкасова Л.М. Исследование природных условий для архитектурно-планировочного проектирования. Москва: Стройиздат, 1973. 156 с.
- 39.Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Геоекологічне обґрунтування проектів природокористування: підручник. Київ: Альтерпрес, 2014. 414 с.
- 40.Шищенко П.Г., Гавриленко О.П., Муніч Н.В. Геоекологія: теоретичні та практичні аспекти: монографія. Київ: Альтерпрес, 2014. 468 с.
- 41.Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Конструктивно-географічні основи раціонального природокористування: підручник. Київ: ДП «Прінт Сервіс», 2015. 395 с.
- 42.Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Основи екології: підручник. Київ: ДП «Прінт Сервіс», 2015. 517 с.
- 43.Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Геоекологія: Термінологічно-тлумачний словник. Київ: ПП «ДІРЕКТ ЛАЙН», 2016. 412 с.
- 44.Шищенко П.Г., Гавриленко О.П. Геоекологія України: підручник. Київ: ДП «Прінт Сервіс», 2017. 494 с.
- 45.Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. Киев: Генеза, 1997. 640 с.



## ПЕРЕЛІК УЖИВАНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС	Атомна електростанція
БГУ	Біогазова установка
БР	Біосферний резерват
ВДЕ	Відновлювані джерела енергії
ВЕС	Вітроелектростанція
ВЕУ	Вітроенергетична установка (вітряк)
ВМО	Всесвітня метеорологічна організація
ВООЗ	Всесвітня Організація Охорони Здоров'я
ВРХ	Велика рогата худоба
ГГ	Горючий газ
ГДВ	Гранично допустимий викид
ГДЗК	Гранично допустимі залишкові кількості
ГДЕН	Граничнодопустиме екологічне навантаження
ГДК	Гранично допустима концентрація
ГДН	Гранично допустиме навантаження
ГДС	гранично допустимий скид
ГЕС	Гідроелектростанція
ГеоТЕС	Геотермальна електростанція
КРЗ	Критичний рівень забруднення
КРЧ	Критичний рівень чистоти
МАБ	«Людина і біосфера» (Man and Biosphere)
МЕА	Міжнародне енергетичне агентство
МСОП	Міжнародний союз охорони природи
НПС	Навколишнє природне середовище
ОРР	Озоноруйнуючі речовини
ПАР	Поверхнево-активні речовини
ПГ	Парникові гази
ПЄЕМ	Паневропейська екологічна мережа
ПК	Природокористування
ПОТ	Природоохоронна територія
ПРП	Природно-ресурсний потенціал
ПРООН	Програма розвитку ООН
РКЗК ООН	Рамкова конвенція ООН про зміну клімату
СДОР	Сильнодіючі отруйні речовини
СЕС	Сонячна електростанція
СЕО	Протокол про стратегічну екологічну оцінку
СПАР	Синтетичні поверхнево-активні речовини
ТЕС	Теплоелектростанція
ТБР	Транскордонний біосферний резерват
ТР	Токсичні речовини
ЮНЕП	Програма ООН з проблем навколишнього середовища
ЮНЕСКО	Програма ООН з питань освіти, науки та культури
FSC	Forest Stewardship Council®
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification
TACIS	Technical Assistance for the Commonwealth of Independent States

Навчальне видання

*ШИЩЕНКО Петро Григорович*

*ГАВРИЛЕНКО Олена Петрівна*

# **ПРИКЛАДНА ГЕОЕКОЛОГІЯ**

Підручник

Видавництво «ЛАТ & К»  
Приватне виробничо-торгове підприємство «ЛАТ & К / LAT & K»  
вул. Леонтовича, 9, к. 18, м. Київ, 01601  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 181 від 15.09.2000 р.  
тел./ факс: +38 044 235 000 9  
моб.: +38 050 3102204  
e-mail: lk@ukr.net

Віддруковано у поліграфії «VRM».  
Підп. до друку 23.01.2020 р. Формат 297x210/10  
Друк цифровий. Наклад 300 прим.