

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Т.А. САФРАНОВ, А.В. КОЛІСНИК

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Навчальний посібник

Одеса
Одеський державний екологічний університет
2024

УДК 503.2

С 22

Сафранов Т.А., Колісник А.В.

С 22 Оптимізація природокористування: навчальний посібник. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2024, 116 с.

ISBN 978-966-186-299-8

В навчальному посібнику розглянуті базові положення природокористування, принципи класифікації природних ресурсів та можливості їх використання, теоретичні основи природокористування, принципи природокористування в контексті стратегії сталого розвитку, основні шляхи ресурсозберігання та екологізації природокористування, екосистемні послуги природних систем. Може бути використаний здобувачами всіх рівнів вищої освіти за спеціальністю 101-Екологія при вивченні дисциплін «Оптимізація природокористування», «Екологізація антропогенної діяльності», «Системний аналіз якості навколишнього середовища» тощо.

УДК 503.2

Рецензенти:

Завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища ДВНЗ «Ужгородський національний університет», доктор хімічних наук, професор, Сухарев С.М.

Доцент кафедри екології та менеджменту довкілля Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, кандидат географічних наук, доцент, Ричак Н.Л.

*Затверджено вченою радою Одеського державного екологічного університету
Міністерства освіти і науки України як навчальний посібник для здобувачів вищої
освіти за спеціальністю "Екологія" (протокол №3 від 25.04. 2024 р.)*

ISBN 978-966-186-299-8

© Сафранов Т.А., Колісник А.В., 2024
© Одеський державний екологічний університет, 2024

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
1 БАЗОВІ ПОЛОЖЕННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	7
2 ПРИРОДНІ РЕСУРСИ І ПРИНЦИПИ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ....	18
3 ПРИРОДНІ РЕСУРСИ І МОЖЛИВОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ.....	26
3.1 Енергетичні ресурси.....	26
3.2 Газово-атмосферні ресурси.....	57
3.3 Водні ресурси.....	58
3.4 Ґрунтово-геологічні ресурси.....	60
3.5 Біологічні ресурси.....	63
3.6 Комплексна ресурсна група.....	66
4 ОСНОВНІ ЗАКОНИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	69
5 ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНИМИ СИСТЕМАМИ	77
6 ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....	82
7 ОСНОВНІ ШЛЯХИ РЕСУРСОЗБЕРІГАННЯ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ.....	95
8 ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ ПРИРОДНИХ СИСТЕМ.....	106
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	112
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	114
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК.....	115

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС – атомна електростанція
ВВ – вуглеводні
ВВС – вуглеводнева сировина
ВЕУ – вітрова енергоустановка
ВМР – вторинний матеріальний ресурс
ГЕС – гідроелектростанція
ЕЕП – еколого-економічний потенціал
ЕС – екосистема
ЕСП – екосистемні послуги
ЕФ – екологічний фактор
ЗПК – збалансоване природокористування
ЗР – забруднювальна речовина
НПС – навколишнє природне середовище
НС – навколишнє середовище
ПЕР – паливно-енергетичні ресурси
ПЕК – паливно-енергетичний комплекс
ПВ – підземна вода
ПГ – парникові гази
ПЗФ – природно-заповідний фонд
ПК – природокористування
ПР – природні ресурси
ПРП – природно-ресурсний потенціал
ПС – природна система
ПУ – природні умови
ПФ – природні фактори
СР – сталий розвиток
ТЕС – теплова електростанція
ТЕЦ – теплоелектроцентрально
ТПВ – тверді побутові відходи

ВСТУП

Сучасну екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, яка формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Відбувалися структурні деформації народного господарства, за яких перевага надавалася розвитку в Україні сировинно-видобувних, найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості. Економіці України притаманна висока питома вага ресурсоемних та енергоємних технологій, впровадження та нарощування яких здійснювалося найбільш «дешевим» способом – без будівництва відповідних очисних споруд. Це було можливим за відсутності ефективно діючих правових, адміністративних та економічних механізмів природокористування та без урахування вимог охорони довкілля. Ці та інші чинники, зокрема низький рівень екологічної свідомості суспільства, призвели до значної деградації довкілля України, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря і земель, нагромадження у дуже великих кількостях шкідливих, у тому числі високотоксичних, відходів виробництва. Такі процеси призвели до різкого погіршення стану здоров'я людей, зменшення народжуваності та збільшення смертності, а це загрожує вимиранням і біологічно-генетичною деградацією народу України. Ситуація ускладнилася з 24 лютого 2022 року тому, що природні системи значної частини регіонів України випробували жорсткий негативний вплив військової діяльності та бойових дій. В цих умовах особливо актуально проблеми оптимізації природокористування.

З часу видання навчального посібнику *Т.А. Сафранова* «Екологічні основи природокористування» (Львів: Новий Світ -2000, 2003. 348 с.), де були наведені основні уявлення щодо природокористування та принципів її оптимізації з'явилося не тільки багато нової інформації, але опубліковано багато підручників та начальних посібників, присвячених різним аспектам оптимізації природокористування (*О.П. Гавриленко*. Геоекологічне обґрунтування проектів природокористування: підручник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2008. 304 с.; *П.Г. Шищенко, О.П. Гавриленко*. Конструктивно-географічні основи раціонального природокористування: електронний підручник. Київ: ДП «Прінт Сервіс», 2015. 395 с.; *П.І. Коренюк, С.О. Федулова*. Економіка природокористування: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Акцент ПП, 2014. 274 с.; *С.П. Сонько, Н.В. Максименко, Г.В. Біньковська* та ін. Екологічні основи збалансованого природокористування в агросфері: навчальний посібник Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015. 572 с.; *П. Войтків*. Збалансоване

природокористування: навчально-методичний посібник / Петро Войтків, Євген Іванов. Львів: ЛНУ імені І. Франка, 2021. 182 с.; та ін.).

Це далеко неповний перелік підручників, навчальних посібників та навчально-методичних посібників, у яких розглядатимуться різні аспекти оптимізації природокористування.

У зв'язку з цим, виникла необхідність доповнення існуючих даних щодо оптимізації природокористування для вивчення однойменної дисципліни, яка є складовою освітніх програм здобувачів вищої освіти всіх рівнів підготовки за спеціальністю 101-Екологія.

У навчальному посібнику розглянуті базові положення природокористування, принципи класифікації природних ресурсів та можливості їх використання, теоретичні основи природокористування, принципи природокористування в контексті стратегії сталого розвитку, основні шляхи ресурсозберігання та екологізації природокористування, екосистемні послуги природних систем.

1 БАЗОВІ ПОЛОЖЕННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Термін «природокористування» (ПК), введений у науковий *обіг* Ю.М. Куражковським (1969), на даний час має велике використання, популярність і досить широкий спектр трактувань і інтерпретацій, тобто ПК – об'єктивний процес, який відбувається між суспільством і природою і відображає освоєння, використання, відтворення природних ресурсів (ПР), а також вплив на природу в процесі господарського і інших видів діяльності людини, перетворення і охорона природи в інтересах суспільства. У формулюванні автором терміну «природокористування», «задачі природокористування, як науки, зводяться до розробки загальних принципів здійснення усякої діяльності, що пов'язана або з безпосереднім користуванням природою і її ресурсами, або зі змінюючими її впливами». Кінцевою метою цієї розробки є забезпечення єдиного підходу до природи як до загальної основи праці.

Об'єктом ПК як науки служить комплекс взаємовідносин між природними ресурсами, природними умовами життя суспільства і його соціально-економічним розвитком.

Предметом ПК можна вважати оптимізацію цих відносин, прагнення до збереження і відтворювання середовища життя.

Природокористування, як наукова дисципліна, включає компоненти природних, соціально-економічних і технічних наук і в організаційному відношенні може вважатися таким же самостійним розділом знання, як біологія, географія, економіка, екологія тощо. Найчастіше ПК розглядається у зв'язку з розв'язанням екологічних проблем і питань охорони навколишнього середовища. ПК найтісніше пов'язане з екологією, енвайронментологією, енвайронменталістикою, ресурсознавством (вченням про інтегральний ресурс і його складові - природні, матеріальні і трудові), екологією (наукою про гармонізацію економіки і екології), економікою природокористування та іншими науковими дисциплінами. Оскільки основним теоретичним базисом були і продовжують залишатися географія і екологія, то ПК поки що потрібно відносити до природничих наук (М.Ф. Реймерс, 1990), хоча напевно чи без урахування власне соціально-економічних аспектів можна розглядати ПК як цілісну науку.

У словнику-довіднику М.Ф. Реймерса (1990) зазначено, що ПК – це сукупність впливів людства на географічну оболонку Землі, що розглядаються в комплексі (на відміну від галузевих понять водокористування, землекористування, лісокористування та ін.), а також наводяться інші визначення ПК: 1) сукупність продуктивних сил, виробничих відносин і відповідних організаційно-економічних форм і установ, пов'язаних з первинним привласненням, використанням і відтворюванням людиною об'єктів оточуючого природного середовища

для задоволення її потреб; 2) використання природних ресурсів в процесі суспільного виробництва з метою задоволення матеріальних і культурних потреб суспільства; 3) сукупність всіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу; 4) комплексна наукова дисципліна, що досліджує загальні принципи раціонального (для даного історичного моменту) використання природних ресурсів людським суспільством. Звичайно, під ПК розуміють сукупність усіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу (М. Ф. Реймерс, 1990) і заходів з його збереження, вирізняючи в цьому процесі три аспекти: видобуток і переробку ПР, їх відновлення чи відтворення; використання та охорону природних умов середовища проживання; збереження, відтворення (відновлення) екологічної рівноваги природних систем (ПС), що служить основою збереження ПРП розвитку суспільства.

Отже, під ПК розуміють діяльність людського суспільства, спрямовану задоволення своїх потреб шляхом використання ПР, або сукупність усіх форм експлуатації природно-ресурсного потенціалу (ПРП).

Виділяють нераціональне та раціональне природокористування.

Нераціональне природокористування – це система ПК, за якої у великих кількостях і зазвичай не повністю використовуються найлегше доступні ПР, що призводить до швидкого їх виснаження р. У цьому випадку виробляється велика кількість відходів виробництва і сильно забруднюється довкілля.

Раціональне природокористування – це система ПК, за якої досить повно використовуються ПР, що видобуваються, забезпечується їх відновлення, повно і багаторазово використовуються відходи виробництва, що дозволяє значно знизити забруднення довкілля. Раціональне ПК характерне для інтенсивного господарства, яке розвивається на основі науково-технічного прогресу та кращої організації праці за високої продуктивності праці. Прикладом раціонального ПК може бути маловідходне і безвідходне виробництво, у якому максимально повністю використовуються відходи, у результаті знижується витрата природної сировини і зводиться до мінімуму забруднення довкілля.

Раціональне використання ПР пропонує: забезпечення та подальше покращення існування людського суспільства; максимальне використання всіх необхідних ПР; запобігання, зниження чи знищення негативних наслідків процесів виробництва; підтримання та підвищення продуктивності та привабливості ПС; забезпечення, регулювання ощадливого, науково обґрунтованого використання ПР; урахування законів природи та її компонентів у їх взаємодії.

Умовами раціонального ПК є: відповідність обсягу природно-ресурсного потенціалу та антропогенного навантаження на ПС конкретного регіону; збереження цілісності та нормального функціонування ПС у процесі їх виробничого використання;

пріоритетність екологічного чинника перед економічною вигодою на довгострокову перспективу; узгодження господарських циклів із природними.

До загальних (універсальних) принципів раціонального ПК можна віднести (С.Н. Кириллов, 2017):

1. *Принцип системності*, тобто системний погляд на природу та суспільство як єдину систему. Принцип передбачає комплексну всебічну оцінку можливих впливів на навколишнє та соціальне середовище, пов'язаних з використанням того чи іншого ресурсу, та реакцій у відповідь останніх. У цьому обліку підлягають як прямі, а й опосередковані і віддалені наслідки екологічного і соціального характеру.

2. *Принцип взаємодії*. Суть цього принципу полягає в тому, що кожен природний процес є взаємодія між протилежними сторонами та тенденціями у розвитку, що виступає у формі виникнення, становлення та руйнування протиріч .

3. *Принцип стійкості*, що орієнтує процес ПК на збалансованість темпів вилучення ПР та забруднення довкілля з темпами самовідновлення природного середовища, жорстке дотримання встановлених екологічних обмежень у процесі виробничої діяльності, максимально можливе збереження екологічної рівноваги.

4. *Принцип оптимізації* ПК, що полягає у виборі найкращого з можливих напрямів застосування ПР на основі визначення цінності даного напрямку використання, яка повинна бути не нижчою за альтернативні витрати. Обов'язковою щодо цінності у разі є орієнтація на багатокритеріальність (соціальні, екологічні та економічні критерії).

5. *Принцип ефективності*. У суспільстві відбувається процес пошуку нових та ефективніших способів отримання більшого результату з найменшими витратами з урахуванням принципів раціонального природокористування, ресурсної та енергетичної ефективності, максимального збереження всіх типів ресурсів, екологічної безпеки виробництва.

До спеціальних (галузевих) принципів раціонального ПК відносять:

1. Найбільш повний видобуток ПР, наприклад, корисних копалин, з метою зменшення негативного впливу на довкілля.

2. Найбільш повне вилучення корисних компонентів із ПР для підвищення ефективності виробництва.

3. Забезпечення відновлення відновлюваних ПР, наприклад, лісопосадки після вирубування лісів. Прагнення до «нульового рівня» споживання ПР людиною.

4. Вторинне використання та зменшення кількості відходів виробництва та споживання.

5. Зменшення забруднення навколишнього середовища за допомогою застосування нових технологій.

6. Принцип пріоритетності вимог екологічної безпеки на довготривалу перспективу.

Під *оптимізацією* (від лат. *optimum* - найкраще) розуміється: 1) отримання максимуму можливого при мінімумі зусиль (витрат), звичайно у відносно коротких інтервалах часу (оптимізація економічна); 2) прагнення до стану, найбільш близького до динамічної рівноваги (квазістаціонарного стану); 3) отримання співвідношення, найбільш бажаного в господарському значенні; 4) прихід до стану, найбільш бажаного з точки зору людини для збереження її здоров'я (*М.Ф. Реймерс*, 1990).

Оптимізація природокористування – це найкраще науково-технічне вирішення екологічних проблем, що забезпечує вихід із екологічно кризових ситуацій та нормалізацію взаємодії суспільства та природи.

Оптимізація ПК включає низку заходів щодо раціонального використання ПР: розвиток ресурсозберігаючих та екологічних технологій; цілеспрямоване регулювання структури ПС та охорону частини з них. Поняття оптимізація ПК включає прийняття найбільш доцільних – оптимальних рішень у використанні ПР та ПС у загальнодержавному стратегічному підході та прогнозу з урахуванням інтересів різних галузей економіки, як у поточний момент часу, так і з урахуванням найближчого та віддаленого майбутнього. При цьому оптимум знаходиться у позиції еколого-економічного підходу та стратегії сталого розвитку. Найважливішим напрямом оптимізації ПК є розвиток ресурсозберігаючих, маловідходних та безвідходних технологій, випуск екологічно безпечної продукції, що може бути реалізовано у різний спосіб. Найоптимальнішим способом підвищення ефективності використання сировинних ресурсів та захисту навколишнього середовища є створення безвідходних та маловідходних виробництв. Виробництво може використовувати відходи як власного виробничого процесу, так і відходи інших виробництв; таким чином, до безвідходного циклу може бути включено кілька підприємств однієї чи різних галузей економіки. Одним з прикладів безвідходного виробництва є багаторазове використання в технологічному процесі води, взятої з поверхневих водних об'єктів; використана вода очищується і знову повертається у виробничий процес. Як приклад, можна розглянути також *оптимізацію ландшафту*, тобто систему заходів, які направлені на досягнення максимально можливої продуктивності ландшафту, найбільш раціональної екологічної рівноваги за допомогою сприятливого поєднання компонентів і ЕС з різним ступенем перетворення людиною. Ця оптимізація у застосуванні до певних потреб людини носить еколого-економічний характер, використовуючи комплекс спеціальних технічних (агротехнічних, агрохімічних, агроеліоративних і ін.) прийомів (*Б. Небел*, 1993).

Принцип оптимізації ПК полягає у прийнятті найбільш доцільних, економічно та екологічно обґрунтованих рішень у використанні ПР на основі прогнозу розвитку різних галузей та регіонів.

Відповідно до принципу оптимізації ПК техногенна система повинна характеризуватися широким набором різних видів життєзабезпечення. Наприклад, енергетична система має спиратися на монополізм одного виду палива, а мати різноманітні джерела отримання електроенергії, тобто у регіонах України поряд із традиційним вугіллям та нафтою повинні ширше використовуватися природний газ, гідроресурси, сонячні та вітроенергетичні ресурси, енергія морських хвиль та підземного тепла, біоенергетичні ресурси тощо. Чим різноманітніша технічна система за своїми джерелами отримання енергії, тим вона стійкіша, тобто. краще протистоїть негативним впливам (стихійним лихам, кон'юктурі ринку, санкціям і т. д.). Принцип оптимізації ПК передбачає також приріст продукції поза рахунок екстенсивного, тобто. зростаючого залучення у виробництво великих обсягів ПР, а за рахунок більш інтенсивного використання сировини, заснованого на принципах енерго- та ресурсозбереження, удосконалення технологічних процесів, зниження відходів, що утворюються, та їх використання в процесі виробництва.

В основу оптимального ПК необхідно покласти наступні принципи: 1) поєднання соціальних, екологічних і економічних критеріїв ПК; 2) превентивна, а не виправляюча система заходів; 3) урахування реалій, що склалися, тобто аналіз всіх можливих наслідків ліквідації екологічно небезпечного об'єкту; 4) комплексний аналіз наукових рекомендацій; 5) економічну вигоду природоохоронних заходів; 6) узгодженість природоохоронних заходів між суміжними регіонами (країнами). Оптимізація ПК повинна сприяти збереженню основних характеристик природних систем при досить високій соціально-економічній ефективності їх використання.

Оптимальне ПК має забезпечити повноцінне існування і розвиток сучасного суспільства, але при цьому зберегти високу якість середовища проживання людини. Це досягається завдяки економічній експлуатації ПР і ПУ та найефективнішому режимі їх відтворення з урахуванням перспективних інтересів розвитку господарства і збереження здоров'я людей.

Оптимізація природного середовища – система заходів, спрямованих на охорону й поліпшення природних умов життя людей, збереження і відтворення ПР. Складається з політичних, юридичних, економічних, технологічних, екологічних, географічних та інших аспектів. Оптимізація природного середовища передбачає раціональне ПК, меліорацію, формування культурних територій; є одним із засобів охорони природи. Наукова основа оптимізації природного середовища полягає у

всесторонньому дослідженні природно-територіальних комплексів, їх виробничій та екологічній оцінці і географічному прогнозуванні.

Принцип *гармонізації відносин природи та виробництва* вирішується при створенні та експлуатації природно-технічних та еколого-економічних систем, що являють собою сукупність будь-якого виробництва та взаємодіючих з ним компонентів природного середовища та забезпечують, з одного боку, високі виробничі показники, а з іншого – підтримання у зоні свого впливу сприятливої екологічної обстановки, максимально можливе збереження та відтворення ПР. У таких системах є структура, завданням якої є своєчасне виявлення можливих шкідливих впливів та внесення необхідних корективів у той чи інший компонент системи (виробництво чи довкілля).

Згідно *принципу комплексного використання ПР та концентрації виробництва*, на базі всебічного, раціонального використання ПР у конкретному регіоні створюються територіально-виробничі комплекси, які мають можливість оптимізувати та гармонізувати техногенні процеси, знизивши техногенний вплив на навколишнє середовище. Ігнорування цього принципу призводить до негативних наслідків, наприклад, нарощуванню масштабів освоєння ПР, поглибленню диспропорції у розміщенні видобувних та переробних галузей, збільшенню навантажень на транспорт, загостренню екологічної обстановки і т. д.

У загальному вигляді *принципи раціонального (оптимального) ПК* можуть бути сформульовані так [4]:

– *Принцип «нульового рівня» споживання ПР.* Цей принцип використовується в багатьох економічно розвинених країнах для регулювання споживання первинних переробних ресурсів у державному масштабі. Називається він так через те, що за нульовий рівень береться обсяг первинних ПР, використаних підприємством за попередній рік, а на наступний – перевищення цього рівня споживання обмежується в 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.

– *Принцип відповідності антропогенного навантаження природно-ресурсному потенціалу регіону.* Дотримання цього принципу дозволить уникнути порушень природної рівноваги завдяки чітко визначеному збалансованому циклові використання і відновлення. Таке порушення законів функціонування природних систем (ПС) відбувається у двох випадках: за перевищення рівня антропогенного навантаження; за невідповідності спеціалізації виробництва специфіці ПРП.

– *Принцип збереження просторової цілісності природних систем у процесі їх господарського використання.* Цей принцип впливає з найважливіших закономірностей взаємозв'язку змін компонентів природи

під впливом антропогенної діяльності. Вплив людини на окремі компоненти природи та окремі види ПР не обмежується змінами лише в них. Зміни одного з компонентів ПС призводять до змін в інших, а іноді – до зміни якості екосистеми в цілому.

– *Принцип збереження природо-обумовленого кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності.* ПР, що видобуваються людиною з ПС, пройшовши, врешті-решт, цикл «ресурс-виробництво-споживання» знову повертаються у вигляді відходів в ПС. Якщо це повернення наближається до природного кругообігу, воно не завдає шкоди природі, природна речовина поступово асимілюється. Сутність принципу зводиться не тільки до того, щоб технологічні процеси конкретних виробництв обмежувались циклічністю, а й щоб циклічні процеси представляли послідовний ряд стадій виробництва, пов'язаних між собою чи комплексністю переробки сировини, чи по стадійним її використанням. Порушення цього принципу призвело до утворення великої кількості відходів, які не включаються в природний кругообіг речовин і змінюють властивості багатьох ПС у регіоні. Академік Б.М. Ласкорін запропонував спеціальний термін «техногенні родовища», підкреслюючи, що у відвалах і «хвостах» збагачувальних фабрик, у стічних водах є значна кількість важливих компонентів, запаси яких можна зіставляти з природними родовищами.

– *Принцип погодження виробничого і природного ритмів.* Динаміка біосфери в часі має ритмічний характер. Принцип ритму – один із тих принципів, що властивий усьому Всесвіту. Подібне погодження дотримується в сільськогосподарському виробництві, де ритмічно функціонують сировинні й переробні ланки агропромислового комплексу. Цим принципом часто нехтували під час спорудження ГЕС на рівнинних ріках, не беручи до уваги, що періодичність падіння рівня води позначається на роботі не лише ГЕС, а й підприємств, які споживають енергію. Принцип погодження виробничого і природного ритмів впливає з того, що будь-яка ПС і кожний її компонент підпорядковується своєму часовому ритму. Щоб ПС зберігала рівновагу необхідно, аби загальна швидкість її внутрішніх процесів керувалася найповільнішою її ланкою, оскільки будь-який антропогенний вплив, що змушує котрись частину циклу працювати швидше ніж працює вся ПС, призведе до порушення стабільності екосистеми. Циклічна ритмічність природних процесів веде до їх повторюваності, що дозволяє враховувати багато процесів у перспективному плануванні, погоджуючи належним чином у часі діяльність господарських підрозділів.

– *Принцип пріоритетності екологічної оптимальності на довгострокову перспективу відносно економічної ефективності поточного природокористування.* Природні процеси, що перебігають у часі, визначаються факторами як короткочасними, так і тривалої дії. Звідси впливає необхідність їх урахування і в поточній і в перспективній

виробничій діяльності. Тому необхідним є дотримання такого принципу ПК, як а надто з огляду на те, що у сфері ПК всі негативні екологічні наслідки господарської діяльності безповоротні. Особливо чітко безповоротність життєвих процесів простежується на живих організмах, у яких В.І. Вернадський визначав асиметрію, на відміну від симетрії неживої матерії. Втрата того чи іншого генотипу невідновлювальна, еволюційний процес відбувається за своїми законами, згідно з якими кожний живий організм є кільцем в еволюційному ланцюзі.

Дотримання принципів раціонального (оптимального) ПК доцільно в усіх регіонах незалежно від ієрархічного рівня. Збереження спільної екологічної рівноваги можливе за умови збереження рівноваги ПС окремих регіонів і навпаки. Крім того, проблема раціонального (оптимального) ПК не може бути вирішена тільки в регіональних, і навіть в загальнодержавних межах. Це глобальна проблема, вона властива всій планеті.

Максимальна результативність від проведення комплексу заходів щодо забезпечення якості довкілля і раціонального (оптимального, збалансованого) використання ПР є *ефективністю охорони довкілля*. Досягнути ефективності управління якістю середовища можна тільки шляхом проведення розумної екологічної політики, тобто системи заходів, які направлені на забезпечення якості довкілля, відтворення ПР і створення належних екологічних умов для життя населення. За характером (масштабом) здійснення екологічна політика може бути глобальною, державною і локальною, а за способами здійснення – адміністративна і регульована за допомогою економічних (ринкових) методів (А.А. Мину, 1972).

При розгляді проблем ПК мимоволі доводиться протиставляти економічні спрямування людей і цілі охорони природи. Якщо кожний вид входить в певну екосистему (ЕС) або їх сукупність, «вписаний» в них, еволюціонує разом з ними і обмежений місткістю природного середовища саме цих утворень, а також внутрішніми для виду факторами, що залежать від густини його населення, то людство вписане в ЕС суші і використовує водні ресурси. Завдяки розумній діяльності людство представляє собою необмежено зростаючу систему, яка згідно з другим початком термодинаміки може розвиватися за рахунок деструкції навколишнього природного середовища (НПС). Чим інтенсивніше і швидше споживання невідновлюваних ПР і більша частка вилучення поновлювальних ПР тим значніше порушення НПС. Екологічно люди виступають в ролі безрозсудних паразитів, які руйнують середовище життя; кожна окрема людина прагне зберегти середовище мешкання, а разом вони діють винищувально і руйнівні (М.Ф. Реймерс, 1990).

У ПК основним об'єктом досліджень є *природна система* (ПС), яка часто розглядається як синонім термінів «екосистема», «геосистема»,

«ландшафт» і т. п. Нагадаємо, що ЕС – просторово обмежена взаємодія живих організмів і навколишнього середовища. Обмеження можуть бути фізико-хімічними (межа краплі води, ставка, озера, острова, біосфери загалом), або пов'язаними з кругообігом речовин, інтенсивність якого всередині ЕС вища, ніж між нею і зовнішнім світом. В останньому випадку межі ЕС розмиті, є більш або менш широка перехідна смуга (екотон).

Природна система (ПС) складається із природних структур і утворень (підсистем), що групуються в функціональні компоненти на вищих рівнях ієрархічної організації. Володіючи великою кількістю схожих елементів і зв'язків, ЕС і ПС розрізняються спрямованістю внутрішньосистемних зв'язків. Для моделі ЕС характерна спрямованість зв'язків з боку факторів «середовища» (об'єкт), насамперед на головний об'єкт – «господаря» (суб'єкт), а для моделі ПС типове визнання рівності всіх зв'язків (*Охорона ландшафтів: тлумачний словник*, 1982). При цьому акцент спрямований на їх функціонування і збереження ПС. З позицій ПК інтерес можуть представляти як біотичні, так і абіотичні компоненти ПС, але оптимізація ПК передбачає збереження сприятливих умов для існування і розвитку живих організмів і, передусім, людської популяції. Наприклад, якщо морський басейн розглядати як природну ЕС, то головним об'єктом є сукупність угруповань морських організмів (біоценоз), якщо море розглядати як ПС, то біотичні і абіотичні компоненти є рівнозначні. В ПС інтерес можуть представляти як біологічні ресурси, так мінеральні ресурси, пріоритетність яких визначається насущними потребами галузей економіки. Оптимізація ПК передбачає таку експлуатацію ПР, яка б не порушувала екологічну рівновагу морської ЕС (ПС), та зберігала сприятливі умови для біоти і людини. У багатьох випадках це не дотримується (наприклад, при гострому дефіциті вуглеводневої сировини, здійснюються пошуки, розвідування і експлуатація нафтогазових покладів в шельфовій зоні морів, а проблеми збереження біологічного різноманіття відсуваються на другий план. В окремих випадках виникає необхідність перезонування територій природно-заповідного фонду тощо.

При оптимізації ПК правильніше говорити не про використання ПР, а про використання їх певної частини, тобто про *природно-ресурсний потенціал* (ПРП). Це ключове визначення по-різному трактується в багатьох роботах. Наприклад, *М.Ф. Реймерс* (1990) під цим терміном розуміє одне з таких понять:

– здатність ПС без шкоди для себе (а, отже, і для людей) віддавати необхідну для людства продукцію або виконувати корисну роботу в рамках господарства даного історичного типу; частина ПР Землі і найближчого космосу, що може бути реально залучена в господарську діяльність при даних технічних і соціально-економічних можливостях

суспільства з умовою збереження середовища життя людства; економічно оцінений ПРП входить до складу національного багатства країни;

- в більш вузькому економічному розумінні – це доступна при даних технологіях і соціально-економічних відносинах сукупність ПР;

- система природних ресурсів, умов, явищ і процесів, яка, з одного боку, є територіальною і ресурсною базою життєдіяльності суспільства, а з іншого - протистоїть йому як об'єкт антропогенного впливу;

- теоретично гранична кількість ПР, яка може бути використана людством в умовах кінцевого цілого планети і її найближчого оточення, тобто без підриву умов, при яких може існувати і розвиватися людина як біологічний вид та соціальний організм; визначається рівнем екологічної рівноваги БС і її великих підрозділів.

За визначенням *В.П. Руденка* [1], ПРП – сукупна продуктивність ПР територій (акваторій) як засобів виробництва та споживання, що виражається в їхній суспільній споживній вартості. Величина ПРП, що є елементом національного (суспільного) багатства, кількісно може бути представлена лише через вартісні показники у так званих загальнодержавних кадастрових або світових цінах. Як правило, ПРП характеризують як суму величин основних видів ПР (мінеральних, водних, земельних, лісових, фауністичних, природних рекреаційних). У сумарному (інтегральному) ПРП України частка найважливіших мінеральних ресурсів становить 27,7%, земельних – 39,0%, природних рекреаційних – 18,5%.

Наприклад, можна визначити гідроенергетичний потенціал річки, кількість водних і гідробіологічних ресурсів та їх вартісні показники, але неможливо надати вартісну оцінку естетичності річкових ландшафтів, водоспадів та інших унікальних природних куточків. На думку *М.Ф. Реймерса* (1990), оцінювати природу за вартістю її матеріальних багатств – це все одно, що оцінювати картини великих художників за їх метражем або витратами на полотно і фарбу. На жаль, це не урахуватися при оцінці корисних властивостей (екосистемних послуг) ПС.

З відмічених вище визначень ПРП з позицій оптимізації ПК найбільш об'єктивним представляється визначення *М.Ф. Реймерса* (1990), яке відображає частину ПР Землі і найближчого космосу, що може бути реально залучена до господарської діяльності при даних технічних і соціально-економічних можливостях суспільства за умови збереження середовища життя людства.

Близьким за значенням, але менш ємкісним, є поняття *еколого-економічний потенціал* (ЕЕП), тобто потенційна здатність ПС зберігати властивості самовідтворення при антропогенному навантаженні. Включає лише ті умови та ресурси, які можуть бути потенційно використані у процесі суспільного відтворення та набувають економічного значення і розглядаються з позицій територіальної обмеженості [1].

М.Ф. Реймерс (1990) наводить декілька визначень поняття «еколого-економічний потенціал»:

– *глобальний ЕЕП* – максимально допустиме антропогенне навантаження на всю самоорганізовану сукупність ПС Землі, що не призводить до безповоротного руйнування структури цієї сукупності, до значних збоїв у прояві системних законів (правил, принципів) і різкого погіршення динамічних якостей систем і, таким чином, зберігає робочу надійність всіх ПС на локальному, регіональному та глобальному рівнях; індикатором різкого переходу за межі експлуатаційних можливостей природних систем служать різні форми їх деградації:

– *регіональний ЕЕП* – антропогенне навантаження на територію, яке ще не веде до збільшення негативного зворотного впливу ПС, що порушуються, на господарський розвиток;

– *теоретично доступні* для використання ПР і властивості ПС всієї планети і її регіонів.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке природокористування?
2. У чому суть нераціонального природокористування?
3. У чому суть раціонального природокористування?
4. Які загальні (універсальні) принципи раціонального природокористування?
5. Які спеціальні (галузеві) принципи раціонального природокористування?
6. Що таке оптимізація?
7. Що таке оптимізація природокористування?
8. Які основні принципи оптимізації природокористування?
9. Що таке оптимізація природного середовища?
10. У чому суть принципу гармонізації відносин природи та виробництва?
11. У чому суть принципу комплексного використання природних ресурсів та концентрації виробництва?
12. Які основні принципи раціонального (оптимального) природокористування?
13. У чому суть ефективності охорони довкілля?
14. Що таке природна система?
15. Що таке природно-ресурсний потенціал?
16. Що таке еколого-економічний потенціал?

2 ПРИРОДНІ РЕСУРСИ І ПРИНЦИПИ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЇ

Ресурси – це будь-які джерела й передумови для одержання необхідних людям матеріальних і духовних благ, які можна реалізувати за наявних технологій та соціально-економічних умов. Виділяють матеріальні, трудові (у т. ч. інтелектуальні, інформаційні) та природні ресурси. Поряд з поняттям «ресурси» використовується термін «антиресурси» (М.Ф. Реймерс, 1990), тобто сили природи і фактори, які заважають людині користуватися природними благами (стихійні природні процеси; фізичні, хімічні та біологічні забруднення тощо).

Термін «ресурси» є основним у трактуванні поняття «ресурсозбереження». Ресурси представляють собою сукупність елементів, які можуть бути використаними людиною для життєдіяльності та залученими в процес праці для виробництва різноманітних споживчих вартостей [2].

За походженням виділяють первинні та вторинні ресурси; до *первинних ресурсів* відносять ті, що створені природою, а до *вторинних ресурсів*, які створені працею людини.

За *вичерпністю* всі ресурси можна розподілити на вичерпні та невичерпні; *вичерпними* є такі ресурси, які при їх видобутку і використанні не відтворюються природою або відновлюються в терміни, значно більші у порівнянні із швидкістю їхнього використання; ресурси, існування яких необмежене часом, називаються *невичерпними* (при будь-якому інтенсивному споживанні їх кількість не зменшується, або зменшується настільки мало, що ця величина на практиці ігнорується).

За *рівнем вивченості* розрізняють *прогнозні, виявлені та вивчені ресурси*.

За *доступністю до використання* ресурси можна розділити на *доступні, резервні та недоступні*.

За *характером використання* виділяють ресурси *одноцільового та багатоцільового призначення*.

За *способами використання* виділяють *споживані ресурси* (повністю споживаються в ході їхнього використання, втрачаючи свою матеріально-речову форму), *застосовувані* (можуть використовуватися протягом тривалого часу, не змінюючи своєї матеріально-речової форми).

За *можливістю залучення до господарського обігу* природні ресурси можна поділити на *дійсні (реальні)* та *можливі (потенційні)*; реальні ресурси, які в даний час використовуються; потенційні ресурси хоча й наявні, але не використовуються внаслідок певних причин (недостатнього рівня розвитку техніки, недосконалості технології або економічної неефективності).

За фізичним змістом пропонуємо виділяти матеріальні, технічні, трудові, фінансові та інформаційні ресурси.

Системна сукупність всіх конкретних ПР (речовинних, енергетичних, інформаційних) як факторів життя суспільства в поєднанні з матеріальними і трудовими ресурсами *М.Ф. Реймерсом* (1990) називається *інтегральним ресурсом*. Ця інтеграція характеризується тим, що якісні і кількісні зміни одного з складових інтегрального ресурсу неминуче ведуть до більш або менш помітних змін в кількості або якості інших ресурсів (наприклад, зниження водності змінює енергетичні та інші показники місцевості, умови створення і збереження матеріальних ресурсів та відтворення трудових ресурсів). Проблеми інтегрального ресурсу докладно розглядаються в рамках *ресурсознавства*, а в ПК основна увага приділяється природним ресурсам і умовам.

До 1980-х років традиційним підходом до класифікації *природних факторів* (ПФ) був їх розподіл на *природні ресурси* (ПР) і *природні умови* (ПУ). Сукупність природних ресурсів і природних умов складають «природні фактори» життя суспільства (*А.А. Минц*, 1972). Оскільки практично всі елементи природи так чи інакше використовуються чи можуть бути використані людиною (потенційні ПР), *Л.Г. Мельник* [3] вважає, що доцільніше розглядати ПФ за їх відношенням до виконуваних функцій: якщо ПФ розглядаються при їх використанні у суспільному виробництві, доцільно застосовувати термін *природні ресурси*; якщо ПФ виконують екологічні, фізіологічні і соціальні функції – термін *природні умови*. Природне середовище в сукупності із соціальним середовищем складає навколишнє середовище людини.

Природний фактор (ПФ) – будь-який предмет чи явище, що діє поза участю людини (неантропогенний) чи пов'язаний з її біологічною сутністю, тобто безпосередній вплив природного середовища; в певних межах він може змінюватися, але цілком не знімається дією соціальних факторів, включаючи техногенний вплив (*М.Ф. Реймерс*, 1994).

Природні ресурси (ПР) – природні об'єкти і явища, що використовуються в теперішньому часі, минулому і майбутньому для прямого або опосередкованого споживання, сприяють створенню матеріальних багатств, відтворенню трудових ресурсів, підтримці умов існування людства і підвищенню якості життя (*М.Ф. Реймерс*, 1994). Під ПР традиційно розуміють тіла і сили природи, що на даному рівні розвитку продуктивних сил можуть бути використані в соціально-економічній діяльності людей. Поняття «природні ресурси» охоплює досить широке коло об'єктів. Так, *К.Г. Гофман* (1977) під ПР мав на увазі тіла і сили природи, які використовуються (або потенційно придатні для використання) в якості засобів праці, джерел енергії, сировини і матеріалів або безпосередньо в якості предметів споживання. У більшості випадків у

якості ПР розглядають природні тіла, які можуть бути використані для задоволення потреб людей [3].

Природні ресурси – це найважливіші компоненти НПС, які використовують для задоволення матеріальних і культурних потреб людини. Під потребами людини розуміють потребу або нестачу в чому-небудь необхідному для підтримання життєдіяльності організму, людської особистості, соціальних груп. *М.Ф. Реймерс* (1994) виділяє шість основних груп потреб людини: біологічні, психологічні, етнічні, трудові, економічні, соціальні. До потреб, що задовольняються ПР, належать біологічні, психологічні, трудові та економічні. До *біологічних потреб* належать ті, що забезпечують виживання людини та збереження її здоров'я; вони включають велику кількість різних факторів природного середовища: тепловий, радіаційний, магнітохвильовий комфорт; склад води й повітря, які не призводять до фізіологічних аномалій тощо. До фізіологічних потреб належать: збалансована за енергетичною цінністю та хімічним складом їжа, повітря, вода та ін. До *психологічних потреб* належать ті, що зумовлюють душевний спокій людини з урахуванням факторів зовнішнього середовища (комфортність житла, стан погоди, звуки, світло, випромінювання тощо). *Трудові потреби* людини забезпечують еколого-соціально-економічну адаптацію людини до умов природного й соціального середовищ з урахуванням її індивідуальних уподобань і сімейно-традиційних передумов. Природні умови та ресурси є одними з об'єктів і передумов прикладання праці. *Економічні потреби* – це група потреб людини для матеріального забезпечення її існування (їжею, одягом, житлом, предметами вжитку, знаряддями праці, рекреації, джерелами інформації тощо). *Соціальні потреби* – ПР, які використовують для задоволення потреб людського суспільства (ресурси рослинного й тваринного світу, земельні, водні, рекреаційні та ін.), досить різноманітні, як і можливості їх застосування в господарстві та побуті.

Природні умови (ПУ) – сукупність живих організмів, тіл і явищ природи, існуючих поза діяльністю людей (хоча в ряді випадків і перетворених ними), які впливають на інші живі організми, тіла і явища, що розглядаються як центральні в системі існуючих досліджуваних відносин. З економічних позицій ПУ – тіла і сили природи, необхідні для отримання кінцевого продукту прямого або опосередкованого споживання, але які безпосередньо не входять до його складу. Якщо ж виходити з того, що початкові блага завжди обмежені за об'ємом і служать основою суспільного виробництва, яке робить зусилля для їх освоєння, кордон між ПР і ПУ стирається, а «*антиресурси*», що утруднюють господарювання, також виявляються серед ПР, але зі знаком мінус (*М.Ф. Реймерс*, 1994). Під ПУ розуміють тіла і сили природи, які мають істотне значення для життя і діяльності людського суспільства, однак безпосередньо або

побічно не залучені до сфери виробничої чи невиробничої діяльності людей [3].

К.Г. Гофман (1997) основним критерієм віднесення до ПР вважав змінюваність після використання у продуктивній діяльності людини; відповідно, з кола ПР виключалися такі природні блага, як сонячна радіація, енергія вітру, морських течій тощо. Фактор «змінюваності» можна вважати дуже важливим моментом у формуванні економічного інструменту ПК. Основна особливість розвитку продуктивних сил на сучасному етапі – поступове стирання межі між ПР и ПУ. По-перше, зростають масштаби традиційного використання ПФ як ресурсів, у результаті чого фактор, який раніше відносився до ПУ, перетворюється в ПР. По-друге, значно зростає кількість функцій, які може виконувати той самий ПФ як ПР [3].

Крім національних ПР, які повністю знаходяться під суверенітетом тієї або іншої країни, існують багатонаціональні ПР, тобто ресурси прикордонних рік, мігруючих тварин і птахів, внутрішніх морів і озер, на берегах яких проживають народи різних країн. Існують і міжнародні ПР, що є загальним надбанням (ресурси Світового океану за межами територіальних вод, атмосферного повітря, Антарктиди і Космосу); тобто природоохоронні проблеми не знають національних кордонів.

Система владно-господарських відносин в сфері ПК повинна передбачити поєднання форм власності на складові ПРП: 1) загальнонародної – на стратегічні природні об'єкти національного значення; 2) державної – на об'єкти ПР, що мають державне значення і масове поширення на всій території України; 3) колективної (в т. ч. регіональної, територіальної і комунальної) на природні об'єкти і ресурси, що передаються у власність колективам для організації їх використання, відтворення і охорони у відносно обмежених масштабах за законами ринкових відносин; 4) індивідуальної (в т. ч. приватної) – на окремі природні об'єкти місцевого значення.

Поняття «*прокляття ресурсів*» або «*парадокс достатку*» – явище в економіці, коли країни, що мають значні ПР, економічно менш розвинені, ніж країни з обмеженими запасами ПР. Але є приклади, коли країни зі значними запасами ПР характеризуються високим рівнем економіки (США, Канада, Австралія, Норвегія, деякі країни Персидської затоки тощо).

Існує безліч класифікацій ПР. Наприклад, класифікація ПР, що ґрунтується на особливостях їх походження, економічного значення та специфіки господарського використання, передбачає: 1) *природну класифікацію* ПР за природними групами (земельні, водні, мінеральні, біологічні, кліматичні тощо) ПР; 2) *екологічну класифікацію* ПР за ознаками вичерпності і відновлюваності ПР (невичерпні і вичерпні ПР, в складі останніх – відновлювані і невідновлювані); 3) *господарську*

класифікацію ПР, що враховує можливості їх використання (реальні і потенціальні ПР); теоретично всі речовини Землі можна розглядати як потенційні корисні копалини.

Зазвичай ПР поділяються на *невичерпні* (сонячна енергія, вітер, вода, приплив) і *вичерпні*; останні в свою чергу поділяються на *поновлювані* (чисте повітря, прісна вода, родючий ґрунт, рослини і тварини) і *непоновлювані* (викопне паливо, металева і неметалева сировина) ресурси (В.А. Вронський, 1996).

Детальна класифікація ПР запропонована С.І. Дорогунцовим та ін. [4], які виділяють шість основних класифікаційних ознак.

I. Виходячи з *належності, відношення до ПС, а також розміщення*, ПР поділяються на такі групи:

1) *за ознакою належності до природних систем*: космічні (проміння, метеорити), планетарні (геліоенергія, гравітаційна енергія), ресурси Землі (атмосфера, гідросфера, літосфера);

2) *за відношенням до природних систем*: елементи ПС (мінерали, ґрунти, види рослин і тварин тощо) та результати їх функціонування (поліпшення родючості ґрунтів, приріст біологічної маси, зростання поголів'я та маси тварин тощо); проте останні важко віднести до чисто природної класифікації, оскільки вони показують результати взаємодії природи з суспільством;

3) *за видом і тривалістю кругообігу*: у довготривалому кругообігу (космічний, геологічний) і в короткотривалому (біологічний кругообіг води);

4) *за характером розміщення на поверхні землі*: відносно рівномірно розподілені (атмосфера, біосфера) та зосереджені (гідросфера, літосфера та їх елементи);

5) *за можливістю переміщення по території*: такі природні ресурси, що переміщуються природно (повітряні маси, вода, тварини), та такі, що не переміщуються (рослинні);

6) *за видами*: мінеральні, кліматичні, водні, земельні, лісові, рекреаційні тощо.

II. Виходячи з *господарського використання*, ПР поділяються на такі групи:

1) *за територіальною належністю*: світові (глобальні) та національні (зв'язані з певною територією);

2) *за вичерпністю*: всі ПР діляться на вичерпні і невичерпні.

3) *за поновленням*: поновлювальні (біологічні), частково поновлювані або ті, що залучаються у повторне використання (сировинні), непоновлювані (горючі копалини); до поновлювальних ПР відносяться біологічні ресурси, поновленість яких в часі залежить від тривалості їх життєвого циклу (злакові культури 6-12 місяців, ліси – 70-100 років тощо); до групи частково поновлювальних ПР належать торф,

самосадні солі, ґрунти, ресурси деревини, темпи поновлення яких значно відстають від темпів експлуатації; *непоновлювані* ПР – це природні ресурси, що не самовідновлюються після їх використання або відновлюються протягом дуже тривалого часу (до них належить більшість корисних копалин – рудні, нафта, природні горючі гази, вугілля, горючі сланці, ядерна енергія поділу урану та термоядерна, мінеральні та будівельні матеріали тощо).

4) *за напрямком використання*: паливно-енергетичні, мінерально-сировинні, продовольчі та ін.;

5) *за рівнем вивченості*: прогностні, виявлені, детально вивчені;

6) *за можливістю використання*: недоступні, резервні, можливі для використання й ті, що використовуються;

7) *за характером використання*: одноцільового (сировинні) та багатocільового використання (лісові, водні, земельні);

8) *за якістю*: кожний вид ПР поділяється на класи, групи, типи та інші класифікаційні одиниці;

9) *за впливом виробництва*: зазнають шкідливого впливу (біологічні), зазнають невеликого впливу (гідросфера, атмосфера, поверхня літосфери), не зазнають впливу (глибинна частина літосфери).

III. *За можливістю залучення до господарського обігу* ПР можна поділити на можливі для експлуатації (дійсні) та потенційні. До можливих для експлуатації належать ресурси верхньої оболонки Землі та енергії Сонця, а до потенційних належать ресурси космосу та морських глибин. Потенційні ресурси хоча й наявні, але не використовуються внаслідок недостатнього рівня розвитку техніки, нерозробленості технологій або економічної неефективності.

IV. *У господарському відношенні можливі для експлуатації* ПР поділяються на чотири групи:

1) *зовнішні* – енергія Сонця, гравітаційна енергія;

2) *поверхні Землі*, що в свою чергу поділяються на ресурси фізичного середовища (поверхні літосфери та гідросфери) та біологічні (наземні, водні, ґрунтові);

3) *земних глибин* – мінерально-сировинні (металічні, неметалічні);

4) *паливно-енергетичні*.

V. *За цільовим призначенням* ПР поділяються на: матеріальні, пізнавальні, естетичні, рекреаційні тощо.

VI. *За рівнем необхідності для життя людини* ПР поділяються на: вкрай необхідні (повітря, вода, їжа) і відносно байдужі.

Слід вказати на деякі недоліки цієї класифікації: в I.1 – не вказана педосфера; I.3 – навряд чи доцільно і практично можливо розрізняти ПР за видом і тривалістю кругообігу; I.4 – невдала ознака; крім того, біосфера охоплює всі перелічені оболонки Землі; I.4 – енергія штучного атомного поділу і ядерного синтезу віднесена до одного ряду з паливними

корисними копалинами та будівельними матеріалами); II.9 – під впливом виробництва: шкідливого впливу можуть зазнавати не тільки біологічні ресурси, але і всі абіотичні компоненти; IV.3 - металічні та неметалічні корисні копалини не обов'язково пов'язані з земними глибинами і т. д. Тим не менш, заслуговує на увагу спроба створення такої докладної класифікації ПР.

Найбільш докладно класифікацію ПР запропонував *М.Ф. Реймерс* (1990, 1994). Згідно з цією класифікацією ПР диференціюються за такими ознаками:

1) *за джерелом і місцеположенням*: енергетичні ресурси, газово-атмосферні ресурси, водні ресурси, ґрунтово-геологічні ресурси, ресурси продуцентів, ресурси консументів, ресурси редуцентів, комплексна ресурсна група – кліматичні, рекреаційні, антропоєкологічні, пізнавально-інформаційні, ресурси простору і часу.

2) *за швидкістю вичерпання*: швидковичерпні (наприклад, ресурси цінних видів іхтіофауни), повільновичерпні ПР (наприклад, ресурси $NaCl$ та інших солей Світового океану);

3) *за можливістю самовідновлення і культивування*: відновлювані і невідновлювані – відповідно здатні або нездатні до самовідновлення (через розмноження або інші природні цикли відновлення) за строки, порівняні з термінами їх споживання (наприклад, рослинність, вода в річці, ґрунтові води – відновлювані ПР; мінерально-сировинні корисні вкопні – невідновлювані ПР);

4) *за темпами економічного відшкодування* (за рахунок пошуку нових джерел або нових технологій вилучення): відшкодовані невідшкодовані ПР – відповідно, які можуть або не можуть відшкодувати для потреб галузей економіки (наприклад, дефіцит нафти, природного газу, заліза і марганцю на суші можна компенсувати освоєнням їх покладів або скупчень на дні океанів і морів);

5) *за можливістю заміни одних ресурсів іншими*: замінні (наприклад, метали – пластмасою або керамікою, паливно-енергетичні ресурси можна замінити гідроенергією, атомною, сонячною та вітровою енергією) і незамінні (оптимальний для дихання склад атмосферного повітря, природно-збалансований хімічний склад питної води, унікальні природні об'єкти тощо).

Нижче наводиться коротка характеристика стану, запасів, ступеню і перспектив використання ПР, виділених *М.Ф. Реймерсом* (1990) за джерелом і місцеположенням, з деякими змінами, доповненнями та коментарями.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке ресурс?
2. За якими ознаками виділяють ресурси?

3. Що таке інтегральний ресурс?
4. Що таке природний фактор?
5. Що таке природні ресурси?
6. Які основні групи потреб людини?
7. Що таке природні умови?
8. Яка різниця між поняттями «природні ресурси» і «природні умови»?
9. Які існують форми власності на складові природно-ресурсного потенціалу?
10. Що таке «прокляття ресурсів» або «парадокс достатку»?
11. Які принципи класифікації природних ресурсів, що ґрунтується на особливостях їх походження, економічного значення та специфіки господарського використання?
12. Що таке невичерпні і вичерпні природні ресурси?
13. Що таке поновлювані і непоновлювальні природні ресурси?
14. Які принципи класифікації природних ресурсів С.І. Дорогунцова та ін.?
15. Які принципи класифікації природних ресурсів М.Ф. Реймерса?

3 ПРИРОДНІ РЕСУРСИ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

3.1 Енергетичні ресурси

Енергетичні ресурси – це всі доступні для промислового і побутового використання джерела різноманітних видів енергії: механічної, теплової, хімічної, електричної, ядерної.

До *невідновлюваних енергоресурсів* відносяться в першу чергу різні види мінерального палива: нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, торф, інші горючі викопні гірські породи органічного походження нафтового та вугільного рядів, а також радіоактивні (переважно уранові) руди. Вони використовуються в сучасному світовому господарстві в якості паливно-енергетичної сировини особливо широко і, тому, нерідко називаються «*традиційними енергоресурсами*», тобто джерелами енергії для *традиційної енергетики* (теплоенергетики, гідроенергетики, ядерної енергетики). В принципі всі перелічені енергоресурси здатні до відновлення, але терміни їх відновлення вимірюються в масштабах геологічного часу.

До *відновлюваних енергоресурсів* (ресурсів «одного урожаю») належать: промениста енергія Сонця; енергія вітру; енергія течій води (переважно гідравлічна енергія річок), хвиль, припливно-відпливна енергія; тепла енергія Землі (в тому числі геотермальна), повітря, морів та океанів; енергія біомаси. Вони є джерелами енергії для *нетрадиційної енергетики* (малої гідроенергетики, вітроенергетики, геліоенергетики, геотермальної енергетики, біоенергетики тощо). Відновлювані енергоресурси постійно відновлюються за рахунок природного надходження за строки, які співрозмірні з термінами їх експлуатації, тому їх умовно можна віднести до «невичерпаних» ПР.

Енергетичні ресурси за *М.Ф. Реймерсом* (1990) поділяються на такі підтипи: 1) *підтип А* – беруть участь в постійному кругообігу речовин або потоці енергії (космічного походження – сонячна радіація, космічні випромінювання, енергія припливів і відливів; *планетарного походження*- геотермальна, земний магнетизм, енергія природного радіоактивного розпаду та спонтанних хімічних реакцій, біоенергія тощо); 2) *підтип Б* – не беруть участі в постійному кругообігу речовин або потоці енергії (*депоновані* – нафта, природний газ, вугілля, сланці, торф; *штучно одержувані* – енергія штучно викликаного атомного розпаду та ядерного синтезу).

Сонячна радіація. Випромінювання Сонця є найпотужнішим джерелом енергії. Практично невичерпні енергоресурси (в 13 тис. раз більші сучасного рівня використання енергії людством), слабо використовуються. Вельми перспективна як енергетичний ресурс в рамках

природного надходження, але мало концентрована. Використовується обмежено природним стоком енергії з біосфери. За прямим використанням геліоенергетики на душу населення перше місце займає Кіпр, де 90% котеджів і велике число готелів і будинків мають сонячні водонагрівачі. В Ізраїлі 65%, а в США тільки 0,5% гарячого водопостачання за рахунок геліоенергетики. За допомогою фотоелектричних перетворювачів сонячне випромінювання перетворюється на електричний струм. За вартістю електрична енергія, що виробляється таким чином, дешевша за енергію АЕС і може конкурувати з ТЕС. У Каліфорнії вже побудована сонячна електростанція, що забезпечує електроенергією близько 2,5 тис. жителів будинків (дзеркала на площі декілька га фокусують сонячне світло на котли, який знаходиться на вершині вежі; висока температура перетворює воду на пару, що приводить в рух турбогенератор). Перспективні сонячні ставки, тобто штучні водоймища, що заливаються розсолон, понад яким знаходиться прісна вода. Сонячні промені проходять крізь прісну воду і поглинаються більш густим розсолон, перетворюючись при цьому на тепло, а гарячий розсіл використовується для обігрівання приміщень (Б. Небел, 1993). Існують і інші способи використання сонячної енергії. У Криму (поблизу Керчі) діє експериментальна геліоелектростанція; вода нагрівається і перетворюється на пару з температурою до 300°C, обертаючи турбіну з генератором. Потужність станції 1200 кВт, але вважається, що на її принципі можна створити станцію потужністю 100 тис. кВт, яка займе набагато більшу площу земель.

Ширшому використанню цього джерела перешкоджають потреби у великих площах для розміщення оптичних систем, накопичувачів тепла і сонячних батарей, а також сильні коливання інтенсивності сонячного випромінювання залежно від географічної широти місця та кліматичних і погодних умов. Існує два способи використання цього виду енергії. Один з них – спорудження бойлерів, в яких вода нагрівається і випаровується під впливом сонячної енергії, що концентрується за допомогою системи дзеркал. При цьому водяна пара, що утворюється, приводить у рух парову турбіну, як це робиться на теплових або атомних електростанціях. Для встановлення та обслуговування таких сонячних бойлерів потрібні великі ділянки землі. Наприклад, одна така станція потужністю 80 МВт налічує 852 бойлери діаметром 100 м кожен (із системою дзеркал). Другий спосіб – використання сонячних батарей, що безпосередньо перетворюють сонячну енергію на електричну, цей метод широко використовується в космічній техніці, а також у побутових калькуляторах. Подібні панелі в період експлуатації не забруднюють довкілля, але їх виробництво вимагає величезних витрат енергії, оскільки вони складаються з очищеного високоякісного кремнію, а після виведення їх з експлуатації утворюються відходи, які важко розкладаються. Сонячні батареї можна використовувати в домашньому господарстві. Особливо ефективно їх використання в

посушливих районах, де переважає безхмарна погода і є незаселені землі.

Переваги геліоенергетики: 1) сонячне випромінювання безкоштовне і доступне кожному, для організації енергопостачання не потрібні дорогі лінії електропередач, сховища палива і багато іншого (достатньо лише розмістити обладнання на своїй ділянці – і доступ до сонячної енергії забезпечений); 2) немає ні отруйних викидів, ні шкідливих побічних ефектів, навіть шуму (на відміну від вітрогенераторів), а обладнання, пропоноване сучасними виробниками, цілком надійно і довговічне; Незважаючи на відносно велику вартість (порівнянну, втім, з вартістю інших варіантів організації автономного енергопостачання), обладнання досить швидко окупується і починає постачати абсолютно безкоштовну електрику високої якості; 3) обладнання вимагає мінімального догляду і може розміщуватися так, що майже не буде займати місця (наприклад, на даху будинку).

Недоліки геліоенергетики незначні. Сонце не світить 24 години на добу – і ночами сонячні панелі простоюють, а також не кожен день видається достатньо сонячним для того, щоб обладнання працювало на повну потужність. Дощі, снігопади, туман – все це знижує ефективність сонячних панелей. Тому доводиться використовувати акумулятори, які заряджаються в сонячні дні, і витратити цю енергію в нічний час, а також при похмурій погоді. Крім того, сонячні панелі часто поєднують з іншими видами генераторів, щоб компенсувати дощові, снігові або туманні дні. До недоліків геліоенергетики зазвичай відносять і низький ККД фотоелектричних елементів – це збільшує термін окупності обладнання. Сьогодні виробники здебільшого пропонують фотоелементи з ККД близько 16%, у кращих зразків (відповідно – найдорожчих) він досягає 25%. Але вже розроблені фотоелементи, які мають ККД 43,5%, так що в найближчому майбутньому можна очікувати зниження цін на обладнання, а також значного зростання його ефективності.

Лідером за встановленою потужністю геліоустановок є Євросоюз, серед окремих країн – Китай. У Китаї встановлено фотоелектричних установок сумарною потужністю понад 15 ГВт. В Японії на сьогоднішній день загальна встановлена потужність геліоустановок становить понад 10 ГВт, у США – понад 9,8 ГВт. У країнах Євросоюзу встановлено фотоелектричних установок загальною потужністю понад 8,5 ГВт, з яких майже половина припадає на Великобританію, на другому місці знаходиться Німеччина, для якої встановлена потужність геліоустановок становить понад 1,4 ГВт, в той же час за сукупною потужністю геліоустановок на душу населення Німеччина є світовим лідером. Не стала винятком і Україна, в якій застосування енергії сонця з кожним роком набирає все більше популярності. Загальна встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні становить 1492 МВт, з них 56% (839 МВт) – це об'єкти сонячної енергетики [5]. За даними

Держагентства з енергоефективності та енергозбереження, за чотири з половиною роки дії «зеленого тарифу» в сонячну енергетику інвестовано приблизно 2 млрд євро. Україна займає сьоме місце, серед країн Європи за темпами розвитку сонячної енергетики. Найпотужніші сонячні електростанції (СЕС) України розташовані: м. Токмак (Запорізька область); с. Терновиця, с. Залужжя (Львівська область); с. Костогризове (Херсонська область); м. Нікополь (Дніпропетровська область); с. Тийглаш, (Закарпатська область); с. Добрівляни (Тернопільська область); м. Димерка, (Київська область); с. Павлівка, с. Попельники (Івано-Франківська область). Потужність цих СЕС коливається в діапазоні 4,1-50 МВт.

Вітроенергетика. Вітрова енергія виробляється з кінетичної енергії, яка знаходиться в повітрі, походження якої пов'язано з енергією Сонця. Причина вітру – нерівномірне нагрівання атмосфери сонячними променями. Вже сотні і тисячі років тому люди почали використовувати вітер як джерело енергії, будуючи вітряки та парусні судна. Сучасні вітряні турбіни перетворюють вітрову енергію на електричну. Електроенергія, що виробляється таким чином, коштує не набагато більше тієї, що виробляється на теплових електростанціях. Вітрові енергоустановки (ВЕУ) не забруднюють повітря токсичними викидами, але створюють шумове забруднення. Концентрація великої їх кількості в одному місці є економічно вигідною, але існує думка, що це «псує пейзаж». Чим сильніший вітер, тим продуктивнішою є робота вітряних установок. Але сильні шторми та урагани можуть їх знищувати. При досить високій швидкості і стійкому режимі вітрів вважається перспективним використання ВЕУ. Чим більші лопаті, тим більша потужність ВЕУ, але тим більший ризик поломки (розмах лопатей може сягати більше 100 м), тому більш ефективним є використання невеликих за розмірами ВЕУ з розмахом лопатей до 17 м і потужністю 100 кВт.

Переваги вітроенергетики: 1) використовується повністю поновлюване джерело енергії; в результаті дії Сонця, в атмосфері постійно рухаються повітряні потоки, для створення яких не потрібно добувати, транспортувати, і спалювати ніяке паливо; джерело принципово невичерпний; 2) в процесі роботи вітряної електростанції повністю відсутні викиди шкідливих і парникових газів, а також не утворюються відходи виробництва, тобто технологія екологічно безпечна; 3) не використовується вода для роботи ВЕУ; 4) вітряна турбіна і основні робочі частини таких генераторів розташовані на значній висоті над землею, а щогла, на якій встановлена вітряна турбіна, займає невелику площу на землі, тому навколишній простір може бути з успіхом використана для господарських потреб, там можуть бути розміщені різні будівлі і споруди, наприклад, для сільського господарства; 5) застосування ВЕУ особливо виправдано для ізольованих територій, куди звичайними способами

електроенергію не доставити, і автономне забезпечення для таких територій є, мабуть, єдиним виходом; б) після введення в експлуатацію ВЕУ, вартість кіловат-години генерується таким чином електроенергії значно знижується; 7) технічне обслуговування в процесі експлуатації ВЕУ мінімально.

Недоліки вітроенергетики: 1) залежність від зовнішніх умов в конкретний момент; вітер може бути сильним, або його може не бути взагалі, а тому для забезпечення безперервної подачі електроенергії споживачу в таких непостійних умовах, необхідна система зберігання електроенергії значної ємності (крім цього, потрібно інфраструктура для передачі цієї енергії); 2) спорудження ВЕУ вимагає матеріальних витрат (у деяких випадках залучаються інвестиції в масштабах регіонів, що не завжди легко забезпечити; саме стартовий етап, саме зведення проекту є досить дорогим заходом); згадана вище інфраструктура – важлива частина проекту, яка також коштує грошей (в середньому, вартість 1 кВт встановленої потужності становить \$ 1000); 3) ВЕУ спотворюють природний ландшафт, що їх вигляд порушує природну естетику, а тому великим фірмам доводиться вдаватися до допомоги професіоналів по дизайну та ландшафтної архітектури; ВЕУ виробляють аеродинамічний шум, який може заповдіяти дискомфорт людям, а тому в деяких країнах Європи прийнято закон, за яким відстань від ВЕУ до житлових будинків не повинно бути менше 300 м, а рівень шуму не повинен перевищувати 45 дБ вдень і 35 дБ вночі; 4) є невелика вірогідність зіткнення птахів з лопатою ВЕУ, проте вона настільки мала, що навряд чи потребує серйозного розгляду, а ось кажани більш уразливі, оскільки будова їх легких, на відміну від будови легених птахів, сприяє отриманню смертельної баротравми, при попаданні ссавця в область зниженого тиску біля краю лопаті; 5) комп'ютерне моделювання, проведене в університеті Дьюка (США), показало, що великі групи ВЕУ здатні збільшувати швидкість вітру у приземному шарі на 0,6 м/с та підвищити температуру повітря на 0,7°C, тобто можуть впливати на клімат, але вважається, якщо до 2080 р. ТЕС замінити ВЕУ, то глобальне потеплення вдасться зупинити; 6) Під впливом ВЕУ підвищується температура ґрунтового покриву під ними, що зумовлює виділення ґрунтовими мікробами більше CO_2 .

За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), за два десятиліття встановлена потужність вітрової генерації у світі зростає майже в 75 разів – з 7,5 гігават ГВт у 1997 році до приблизно 564 ГВт до 2018 року. Сьогодні потужність вітрових електростанцій складає 730 ГВт і демонструє оптимістичні тенденції у майбутньому. Швидке зростання вітроенергетики відзначають в Азії, Північній Америці, продовжують розвивати потенціал такі країни ЄС як Данія, Іспанія, Ірландія та Німеччина. За даними Державного агентства з

енергоефективності та енергозбереження України, за I півріччя 2021 року загальна потужність об'єктів ВДЕ збільшилась на 278,4 МВт.

Таким чином, енергія сонця та вітру відіграватиме провідну роль у трансформації світового електроенергетичного сектору. У Звіті про глобальну енергетичну трансформацію за 2019 рік IRENA наводить можливі сценарії розвитку глобальної енергетики до 2050 року. Аналіз енергетичних сценаріїв показує, що зростає консенсус щодо зростаючої ваги вітроенергетики в енергетичному балансі протягом найближчих десятиліть. На думку фахівців IRENA, берегова та офшорна вітрова генерація може забезпечити більше однієї третини (35%) загального попиту на електроенергію до 2050 р., що чітко підкреслює важливість збільшення частки виробництва електроенергії з вітру для декарбонізації енергетичної системи. Та чи зможе Україна, яка задекларувала «зелений курс», приєднатись до країн-лідерів з розвитку відновлених джерел енергії (ВДЕ).

Космічні промені. Всі види космічних променів практично невичерпні, але дуже слабо використовуються. Вельми перспективні як енергетичний ресурс в рамках природного надходження, але мало концентровані. Використовуються обмежено природним стоком енергії з біосфери.

Енергія морських припливів і відпливів, морських хвиль та течій. Це енергія, яка виникає під дією сили тяжіння Місяця на океанічну поверхню. Значна, слабо використовується, перспективна, але з обмеженнями (перехід в теплову енергію додає тепло в тропосферу, а тому і в біосферу). Припливи і відпливи, які змінюють один одного двічі на день, створюють енергію, яка використовується поки що на декількох припливно-відпливних електростанціях (Росія, Франція). При припливі вода приводить в рух лопаті турбіни, а при відпливі нахил лопатей міняється на протилежний і генератори продовжують працювати. Вироблення електроенергії рентабельне при амплітуді коливань рівня води не менше за 6 м, а таких місць на Землі близько 15 (Б. Небел, 1993). При спорудженні таких електростанцій порушується естетична цінність ландшафту, вони затримують намули, порушують природну циркуляцію і перемішування морських і прісних вод, перешкоджають міграції деяких гідробіонтів і т. д. Потенціал їх незначний. У Світовому океані існує близько 100 придатних майданчиків для будівництва проектів великі, хоча є багато інших, де можна будувати менші проекти. Їх навіть можна використовувати для виробництва електроенергії, припливи нижче 3 метрів, хоча його рентабельність була б набагато нижчою. Проте, встановлення припливної електростанції (щоб бути ефективним) можливе лише в місцях з різницею припливів та відпливів щонайменше 5 метрів.

Енергія морських хвиль – це кінетична енергія, що її несе коливання поверхні моря під дією вітру. Належить до відновлюваних джерел енергії.

За допомогою хвильових перетворювачів енергія хвиль реалізується в електричну або іншу придатну до використання. Середня хвиля висотою 3 м несе приблизно 90 кВт енергії на 1 м² узбережжя. Фізичні фактори, що роблять можливим використання енергії морських хвиль: різниця фаз коливань у просторово рознесених точках; змінення рівня моря відносно стаціонарно розміщеного тіла; різниця фаз коливань рівня тиску води у просторово рознесених точках; періодичність коливання сумарного тиску відносно стабілізованого рівня; періодичне змінення нахилу хвильової поверхні; концентрація хвильової енергії по фронту чи глибині. В Японії з 1978 р. працює плавуча електростанція, яка використовує енергію морських хвиль, яка дозволяє отримувати і перетворювати енергію хвиль у камерах компресорного типу на енергію стиснутого повітря. Потім лопатки турбіни обертають електрогенератор. Сьогодні у світі вже близько 400 маяків і навігаційних буїв одержують живлення від хвильових енергетичних установок. В Індії від хвильової енергії працює плавучий маяк порту Мадрас. У Норвегії з 1985 р. діє перша у світі промислова хвильова станція потужністю 850 кВт. Енергоустановки такого типу економічно ефективні для малих населених пунктів на узбережжі океану. Принцип роботи: у спеціальному буї-поплавку під дією хвилі коливається рівень води, що спричинює до стискання в ньому повітря, яке рухає турбіну. Можливості цього джерела незначні навіть на ділянках сталого хвилювання, наприклад, в прибережних частинах Англії, Ірландії і т. д. Малопотужні експериментальні установки діють в різних країнах. У цей час у ряді країн, і в першу чергу в Англії, ведуться інтенсивні роботи з використання енергії морських хвиль. Британські острови мають дуже довгу берегову лінію, багатьох місцях якої море залишається бурхливим протягом тривалого часу. По попереднім оцінкам, за рахунок енергії морських хвиль в англійських водах можна було б одержати потужність до 120 ГВт, що вдвічі перевищує потужність усіх електростанцій Англії. У Чорному і Азовському морях не спостерігаються припливно-відпливні коливання необхідної амплітуди.

Невичерпними запасами кінетичної енергії мають *океанічні (морські) течії*. Цю енергію, теоретично можна перетворити в електричну енергію за допомогою турбін, занурених у воду. Перспективним представляється використання таких потужних плинів, як Гольфстрім і Куросіо, що несуть відповідно 83 і 55 млн. м³/с води зі швидкістю до 2 м/с, і Флоридського плинину (30 млн. м³/с, швидкість до 1,8 м/с). Найвідоміша морська течія – Гольфстрім. Його основна частина проходить через Флоридську протоку між півостровом Флорида й Багамськими островами. Ширина плинину становить 60 км, глибина до 800 м, а поперечний переріз 28 км². Якби людство змогло повністю використовувати цю енергію, вона була б еквівалентна сумарної енергії від 50 великих електростанцій по 1000 МВт, Але ця цифра чисто теоретична, а практично можна

розраховувати на використання лише близько 10-15% енергії течій. Програма «Кориоліс» передбачає установку у Флоридській протоці в 30 км на схід міста Майамі 242 турбін із двома робочими колесами діаметром 168 м, що обертаються в протилежних напрямках. У якості первинного двигуна таких установок передбачається використовувати прямоточні турбіни діаметром 168 м. Відстань між лопатами турбіни буде таке, щоб забезпечити безпечний прохід найбільших риб. Установка буде занурена на 30 м під рівень океану, для того, щоб не перешкоджати судноплавству. Два робочі колеса розміщуються усередині полою камери з алюмінію, що забезпечує плавучість турбіни. Для підвищення ефективності лопаті коліс передбачається зробити досить гнучкими. Уся система «Кориоліс» загальною довжиною 60 км буде орієнтована по основному потоці; ширина її при розташуванні турбін в 22 рядів по 11 турбін у кожному складе 30 км. Агрегати передбачається відбуксирувати до місця установки й заглибити на 30 м, щоб не перешкоджати судноплавству. Після того як більша частина Південної Пасатної течії проникає в Карибське море й Мексиканську затоку, вода вертається звідти в Атлантику через Флоридську затоку. Ширина течії стає мінімальною – 80 км. При цьому воно прискорює свій рух до 2 м/с. Коли ж Флоридська течія підсилюється Антильською, витрата води досягає максимуму. Розвивається сила, цілком достатня, щоб надати руху турбіні з великими лопатями, вал якої з'єднаний з електрогенератором. Вироблена електроенергія, по підводному кабелю, передається на берег. Матеріал турбіни-алюміній. Теоретичний термін служби – 80 років. Турбіна повинна постійно перебувати під водою. Підйом на поверхню води тільки для профілактичного ремонту. Робота турбіни практично не залежить від глибини занурення й температури води. Лопати обертаються повільно, і невеликі риби можуть вільно пропливати через турбіну. А от великим вхід закритий запобіжною сіткою.

Геотермальна енергія – це тепла енергія, яка виникає в глибинних шарах Землі, при виході на поверхню має значно вищу температуру, ніж температура повітря. Джерелом нагріву є процес радіоактивного розпаду урану, радіоактивного калію і торію. За оцінками фахівців, запаси геотермальної енергії в 35 мільярдів разів перевищують середньорічне споживання електроенергії в світі. Геотермальна енергія, запасені на відносно невеликому (до 10 км) земної кори, в 500 разів більше, ніж всі розвідані запаси газу, нафти, вугілля та інших традиційних джерел енергії. Головна перевага геотермальної енергії – вона практично невичерпна, тому її, як і сонячну енергію, прийнято відносити до відновлених джерел енергії. Крім того, вона надходить практично постійно і не залежить від пори року або доби, умов навколишнього середовища. Основна проблема, пов'язана з використанням геотермальної енергії – це необхідність повернення відпрацьованого теплоносія (води) назад, в підземні водоносні горизонти. Це пов'язано з тим, що термальні води містять велику кількість

солей токсичних металів (кадмію, цинку, свинцю), а також інших небезпечних елементів (феноли, аміак). Тому таку відпрацьовану воду не можна скидати в поверхневі водні об'єкти. Виділять три типи геотермальної енергії, які активно використовуються в промислових масштабах: 1) *пароводні суміші* – ідеальне сировина для використання в звичайних системах електрогенерації з турбінними генераторами, їх температура на виході на поверхню становить 200-300 °С (найбільша кількість таких джерел розташоване в зонах розлому земної кори (східне і західне узбережжя Тихого океану, Центральна Америка, Чукотка, Чилі, Камчатка, Японія, Курильські і Алеутські острови, Нова Зеландія) і в районах молодого горотворення (Мексика, Ісландія); 2) *теплоенергетичні води* – на поверхні землі їх температура становить від 80 до 120 °С. Їх використовують для генерації електроенергії в бінарних станціях з легкокип'ячими газами замкнутого типу (застосування такої технології дозволяє задіяти теплову енергію землі – спочатку для виробництва електроенергії, а потім – для гарячого водопостачання та обігріву будинків); 3) *субтермальні води* – мають температуру від 40 до 70 °С, їх використовують для гарячого водопостачання або опалення, застосовуючи при цьому тепловий насос (чим вище температура субтермальних вод, тим вище ефективність теплового насоса).

Проблемою, пов'язаною з використанням цього виду енергії, є те, що геотермальні води часто мінералізовані й агресивні, і тому є корозійно-активними, а це вимагає застосування спеціальних матеріалів і більш частого проведення профілактичних робіт. До того ж, якщо температура термальних вод є недостатньою для вироблення перегрітої пари, необхідної для функціонування турбін, доводиться використовувати проміжні теплоносії (наприклад, розплав натрію). Ці матеріали є коштовними, корозійно-активними і самі по собі представляють небезпеку для НПС.

Частка геотермальної енергетики в світовій електроенергетиці поки незначна – всього близько 0,5%, але при це щороку потужності геотермальних електростанцій ростуть на 2-3%. При цьому країни, що не розташовані в зонах з активною вулканічною діяльністю, розробляють нові технології, що дозволяють використовувати поновлювані джерела енергії у вигляді тепла Землі. Наприклад, на глибині від 3 до 5 км в товщі земної кори зосереджений такий запас енергії, використання якого забезпечить електроенергією всі населення Землі на десятки тисяч років. І існуючі технології дозволяють бурити свердловини на таку глибину, але поки собівартість одержуваного електрики не може конкурувати з іншими джерелами електрогенерації. Лідером у використанні геотермальної енергії є Ісландія, в якій за рахунок її використання покривається близько 99% всіх енерговитрат. Якщо говорити про потужність геотермальних установок, то тут першість належить США, де геотермальна енергія

щорічно дозволяє генерувати 3442 ГВт/год енергії. На другому місці розташовані Філіппіни – острова з дуже високою вулканічною активністю. У країні діє більше 20 електростанцій, що використовують теплову енергію. Землі, тут же розташована найпотужніша в світі геотермальна станція в світі – 232,5 МВт. Щорічно на Філіппінах генерується близько 2 ГВт / год електроенергії. На третьому місці – Індонезія – країна, на яку припадає близько 40% світових розвіданих запасів геотермальної енергії, тут виробляється тисячі триста тридцять дев'ять ГВт / год електроенергії щорічно. Далі слід Мексика (1 ГВт/год щорічно) і Нова Зеландія (15 геотермальних електростанцій і щорічна генерація близько 1ГВт/год електрики) [6].

Потенційна і кінетична енергія повітря, води (льоду) і гірських порід (у т. ч. енергія тиску і різниці тиску, сейсмічна енергія і т. п.). Значна, слабо використовується, перспективна, але з обмеженнями, за виключенням гідроенергетики – найстарішого напрямку енергетики в цілому, що не дивно, адже в даному випадку мова йде про отримання енергії з поновлюваного, практично нескінченного джерела. Протягом багатьох століть люди тим чи іншим чином використовували енергію води, починаючи від найпростіших водяних млинів і закінчуючи сучасними гідроелектростанціями (ГЕС). Але лише недавно з'явився напрямок, який називається малою гідроенергетикою, тобто виникли ГЕС малої потужності, за допомогою яких можна організувати автономне енергопостачання замиського будинку, фермерського господарства і т. д. Фактично для цього досить невеликого струмка. Гідроенергетика забезпечує близько 20 % світового виробітку електроенергії. Китай має найбільшу в світі потужність генерації гідроелектростанцій і має найбільшу в світі ГЕС «Three Gorges» (22,5 ГВт). Бразилія, США, Канада та Росія також мають одні з найбільших гідроелектростанцій у світі. Однак проекти гідроенергетики стали суперечливими протягом останніх років через екологічні та соціальні впливи, пов'язані з біорізноманіттям та розселенням людей. Екологічно доцільне спорудження не великих і гігантських ГЕС, що порушують рівновагу річкових екосистем, а міні-ГЕС. Частка гідроенергетики в енергетичному балансі України складає у 2021 р. складала 6.7%. території України в експлуатації знаходяться 98 малих ГЕС сумарною потужністю близько 79 МВт. Річний середньорічний обсяг виробництва електроенергії малими ГЕС складає близько 210 тис. МВт-год/рік. Найбільше станцій введено в експлуатацію у Вінницькій області, загальна встановлена потужність яких складає 22,45 МВт. Наступними за загальною встановленою потужністю є Кіровоградська, Тернопільська та Закарпатська області [7].

Атмосферна електрика. Ресурси відносно обмежені. Не використовується.

Земний магнетизм. Має велике значення. По гіпотетичним уявленням поступово ослаблюється. Вірогідна необхідність відновлення або регуляції.

Енергія природного атомного розпаду і спонтанних хімічних реакцій. Інтенсивно використовується уран. Перспективи використання проблематичні через неліквідність радіоактивних відходів і небезпеку концентрації діючого начала.

Біоенергія. Ресурси значні, надмірно експлуатуються в одних місцях і видах (лісоматеріали) і недостатньо використовуються в інших видах (органічні відходи). *Біоенергетика* – виробництво енергії із біопалива різних видів (тріска, гранули від деревини, лушпиння, соломи, брикети тощо), а також біогазу, рідкого біопалива різного походження.

Переваги біоенергетики: 1) біомаса – відновлюване джерело енергії; 2) при відповідальній переробці біомаси в енергію CO_2 не потрапляє атмосферу, оскільки нові рослини в процесі зростання поглинають весь двоокис вуглецю, що виділяється під час спалювання палива; 3) при використанні палива, отриманого з біомаси, виділяється незначна кількість оксидів сірки (SO_x), що забруднюють атмосферу, навіть у разі прямого спалювання цього палива (виділення SO_x під час використання біопалива будь-якого виду нижче, ніж із вугілля, нафти та газу); 4) великі електростанції на біопаливі здатні працювати безперервно, на відміну від сонячних та вітряних електростанцій; 5) метан можна виготовляти на невеликих компостних установках (для отримання не обов'язково використовувати виключно централізовані джерела, що сприяє забезпеченню енергобезпеки, оскільки дозволяє розосередити енергетичні ресурси, що знижує ризики від природних катастроф та впливу «людського фактору»); 6) деякі рослини – джерела деревної біомаси, зокрема прутopodobне просо і сорго, сприяють зниженню ерозії і формують придатне для проживання диких тварин середовище;

Недоліки біоенергетики: 1) спалювання біомаси все ж таки призводить до викиду деякої кількості різних (залежно від типу використовуваної біомаси) ЗР (NO_x , CO , пил тощо); 2) безконтрольна заготівля палива з біомаси для електростанцій завдає шкоди природі; 3) транспортування біомаси до компостних заводів або топок супроводжується споживанням енергії – зазвичай у формі природного палива для вантажівок та поїздів; 4) виробництво біогазу шляхом компостування може супроводжуватись неприємними запахами (існують також побоювання, що без належного контролю цей процес може призвести до розмноження та поширення хвороботворних мікроорганізмів); 5) контейнери, в яких зберігається біогаз, потребують регулярних перевірок та сертифікації, що проводиться кваліфікованим та ліцензованим персоналом. Це може бути незручно і затратно, але є

найсуворішою умовою експлуатації таких контейнерів, що забезпечує безпеку людей, що живуть і працюють поруч із сховищами біогазу.

З іншого боку, біомаса залишається найважливішим джерелом теплової енергії для опалювання та деяких виробничих процесів. Зокрема у країнах Азії понад 43%, Африки – 21% енергії для опалення отримують при спалюванні рослинної біомаси. Вирубка кущово-деревного покриву є причиною ерозії і деградації ґрунтів. Для збереження лісових екосистем необхідне використання дров і відходів переробки деревини не більше 5% в енергетичному балансі. Навіть в США більш як 5 млн. будинків опалюються повністю, а 20 млн. будинків – частково, дровами, що призводить до деградації лісів і забруднення атмосферного повітря.

Існує й інший спосіб урегулювання проблеми: розкладання органічних речовин у спеціальних установках (метантенках) з подальшим використанням метану (біогазу), що утворюється, в електроенергетиці або в побуті (для приготування їжі або для опалювання приміщень). Цей метод доцільний там, де є великі об'єми сільськогосподарських, лісових або комунальних відходів, а також відсутня вічна мерзлота. Якщо із сільськогосподарських або лісгосподарських відходів шляхом ферментації отримувати метиловий або етиловий спирти, то їх можна використовувати безпосередньо як моторне паливо або добавку до інших видів палива. Використання біомаси для отримання біогазу (метану) дуже перспективне. Гній зброджують в анаеробних ферментах, отриманий біогаз використовують для видобутку електроенергії, а збагачений біогенами (або після зброджування) гній використовується як органічне добриво. 1 Вт такої енергії обходиться приблизно у 80 центів, а на ТЕС і АЕС відповідно у \$ 3 і \$ 5. Якби всі молочні ферми США отримували таким шляхом енергію, то вони виробляли б електроенергії більше ніж на АЕС. Досвід отримання паливного спирту з цукрової тростини, з кукурудзяної рослинності мають Бразилія, США та інші країни. Спирт використовується як пальне для автомобілів або змішується для цих цілей з бензином (бензоспирт). Частка такого палива поки що складає близько 0,5% від традиційного вуглеводневого палива. При виробництві спирту використовуються рослини, що представляють продуктивний інтерес. Так, в Бразилії, кращі землі стали займати під цукрову тростину, в той час як площі посівів інших продовольчих культур скоротилися на 10-15%, що ускладнило розв'язання продовольчої проблеми в країні із зростанням народонаселення. Виробництво спеціальних сільськогосподарських культур для отримання паливного спирту здатне викликати збільшення деградації ґрунтів. Крім того, виробництво паливного спирту є «брудним» (утворюється багато кіптяви і т.д.), хоч згоряння спирту - відносно «чистий» процес (Б. Небел, 1993).

Біопаливо – альтернатива природним видам палива, таким як природний газ, нафта тощо. Існують різні погляди на поняття та

використання біопалива. Деякі вчені всіляко підтримують його виготовлення та шукають нові джерела для біопалива. Протилежний погляд на ситуацію полягає в тому, що біопаливо так само завдає шкоди навколишньому середовищу, а також негативно впливає на світову економіку. Це питання досить складне та спірне. Розглянемо основні плюси та мінуси використання біологічного палива.

Переваги біопалива: 1) у процесі горіння біопалива у навколишнє середовище не виділяється шкідливих речовин – газів, сажі, диму; 2) горіння твердого біопалива піддається регулюванню; 3) зникає необхідність використання спеціальних витяжок та вентиляції; 4) після згорання біопалива не залишається бруду та відходів; 5) біопаливо досить легко транспортується; 6) відсутні втрати тепла через димохід та витяжку, тепловіддача – максимальна; 7) розвиток біопаливної промисловості допоможе розвивати інфраструктуру деяких країн, створить нові робочі місця.

Недоліки біопалива: 1) недостатньо вивчено шкоду, яку завдає біопаливо навколишньому середовищу (існує думка, що в процесі виробництва та використання деяких видів біопалива викиди в атмосферу надто великі). Одним із напрямів використання біомаси є її переробка у рідке біопаливо: біодизель та біоетанол [7]. *Біоетанол* – це паливо для транспорту, виготовлене з біомаси або спирту етилового-сирцю. *Біодизель* – це паливо для транспорту, виготовлене із рослинних олій або тваринних жирів. Україна має необхідні умови для виробництва рідких біопалив як за земельними ресурсами і рослинним потенціалом, так і за наявністю власних виробничих потужностей. В Україні налічується близько 20 виробників біоетанолу загальною потужністю понад 300 тис. т/рік, але діють з них лише 8 підприємств загальною потужністю 128 тис. т/рік. Сировиною для виробництва біоетанолу першого покоління в Україні можуть бути такі цукровмісні культури як цукровий буряк, цукрове сорго, а також зернові культури, зокрема кукурудза, значні обсяги якої щорічно експортуються для переробки у біоетанол. Виробництво біоетанолу у 2017 р. становило 47,01 тис. т н.е., у 2016 р. – 38,4 тис. т н.е. Виробництво біодизельного палива у 2016-2017 рр. не було зафіксовано. В Україні побудовано 14 біодизельних заводів загальною потужністю 300 тис. т/рік, які фактично простоюють. Крім того, є близько 50 менших підприємств, здатних виробляти до 25 тис. т біодизелю на рік. Достовірної інформації про фактичну діяльність цих підприємств немає. Зустрічаються приклади індивідуального виробництва біодизелю для власного споживання, при цьому як сировина може використовуватися некондиційна олія або жири.

На сьогодні сектор моторних біопалив України перебуває у стані стагнації через відсутність послідовної державної політики та механізмів стимулювання. Погіршує ситуацію великий акциз на біодизель

(106 євро / 1000 л) та податковий вексель на повну ставку акцизу, необхідний при транспортуванні біоетанолу. У країні є великий потенціал лігноцелюлозної біомаси, доступної для виробництва таких видів біопалив. На сьогодні потрібно вдосконалити законодавчу базу і на державному рівні стимулювати підтримку науково-практичних робіт, спрямованих на здешевлення відповідних технологій.

Основною відмінністю та екологічною перевагою біодизельного палива є його біорозкладання, відновлювання, екологічна чистота, біологічна нешкідливість, очищення ґрунтів від радіонуклідів та ін. Відходи виробництва ріпакової олії також використовують на корми для тварин. Однією із властивостей такої культури як ріпак є те, що 1 га ріпаку у фазі росту може поглинати близько 20 т вуглецю за сезон. Хоча біодизель і має низку переваг перед традиційними енергоносіями, він має і *недоліки*: 1) для виробництва біодизелю придатні всі рослинні олії, що не висихають; 2) витратна ефіризація олії; 3) посівні площі ріпаку обмежені і продуктивність його ще не висока. Біопаливо виробляють із рослинної сировини, кількість якої обмежується зростаючими потребами харчової промисловості; 4) із-за наявності в біодизельному пальному кисню воно має гірші енергоємні характеристики порівняно з його вуглеводневим аналогом (це позначається на ефективності використання біопалива, особливо в холодну погоду); 5) використання біодизельного палива не дає гарантії зменшення викидів в атмосферу токсичних і парникових газів (викиди від згорання біопалива, виготовленого з кукурудзи або насіння ріпаку, є більш руйнівними для атмосфери планети, ніж викиди від згорання аналогічної кількості нафти і газу; біопаливо створює від 50% до 70% парникових газів, які призводять до нагрівання атмосфер); б) гомогенна технологія виробництва біодизелю має недоліки тому, що отриману суміш продуктів необхідно розділяти, нейтралізувати і ретельно промивати (технологія передбачає утворення великої кількості солей, мила і стічних вод, які необхідно утилізувати; гліцерин – побічний продукт виробництва біодизелю пропонують або закопувати в землю (як добриво) або спалювати); 7) проблеми зі збутом гліцерину (споживачів гліцерину в Україні майже немає, а західним ринкам такий гліцерин потрібний лише після очищення, а метиловий ефір, що міститься у гліцерині, може потрапити в ґрунтові води або атмосферу, що підвищує собівартість біодизелю, що зменшує конкурентоспроможність цієї технології); 8) олія з ріпаку має показник свіжості – «кислотне число», – міра згіркості, а термін зберігання біодизелю – не більше 3 місяців, що обмежує його використання; 9) біодизель не можливо транспортувати трубопроводом, і тому сировину можна транспортувати в точку продажу за допомогою залізничних вагонів або вантажних автомобілів, що підвищує вартість, а також загальний попит на транспортну систему; 10) підвищена витрата (до 9%) порівняно зі споживанням палива, виробленого з нафти; 11) біодизель

є дорожчим за звичайний бензин, а взимку, за мінусових температур, у чистому вигляді біодизельне паливо перестає текти по трубах і шлангах, може засмітити двигун, насоси і фільтри.

Термально-енергетичні, радіаційні і електромагнітні забруднення («антиресурси»). Значні, слабо використовуються, але можуть бути утилізовані (наприклад, тепло, що відходить, горючі тверді відходи та інші.).

Нафта. Згідно з оцінкою *Oil & Gas Journal*, доведені запаси нафти у світі на кінець 2022 р. становили 1757 млрд барелів (1 барель = 0,1364 т). Світові запаси сланцевої нафти оцінюються у сотні млрд барелів (345 млрд барелів в 42 країнах). Найбільші запаси технічно доступної сланцевої нафти є в Росії – 75 млрд барелів, на другому місці йдуть США – 58 млрд барелів, на третьому місці Китай з 32 млрд барелів, а тож у десятку входять Аргентина, Лівія, Венесуела, Мексика, Пакистан, Канада та Індонезія. Світових запасів сланцевої нафти достатньо для того, щоб замінювати традиційну нафту протягом більш ніж десяти років. Незважаючи на те, що технології горизонтального буріння і гідророзриву пласта для видобутку сланцевої нафти і газу були застосовані в США близько 10 років тому, сильного розвитку видобуток цих ресурсів не отримав. Зараз видобуток такої нафти і газу в промислових масштабах ведеться тільки в США і Канаді. Початкові видобувні запаси нафти родовищ України становлять 421,9 млн т, газового конденсату – 138,6 млн т. Потреба України в нафті на сьогодні становить 28 млн т. Власний видобуток покриває приблизно 15-18 % потреби в нафті.

Нафтопереробні заводи розділяють суміш сирової нафти на різні типи для газу, дизельного палива, смоли та асфальту. Для пошуку і видобутку нафти робітники повинні бурити глибоко нижче океанічного дна. Найбільший розлив нафти в США на сьогоднішній день почався в квітні 2010 року, коли на нафтовій вищці *Deepwater Horizon* стався вибух, загинуло 11 співробітників і розлив майже 200 мільйонів галонів нафти, перш ніж витік може бути зупинений. Негативно вплинули дика природа, ЕС та засоби до існування людей. Багато грошей і величезна кількість енергії і відходів були витрачені на негайні зусилля з очищення. Довгострокові наслідки досі не відомі. Національна комісія з питань розливу нафти *Deepwater Horizon* та морського буріння була створена для вивчення того, що пішло не так.

Переробка нафти є одним з головних джерел забруднення повітря в США летючими органічними вуглеводнями та токсичними викидами, а також єдиним найбільшим джерелом канцерогенного бензолу. Коли нафту спалюють як бензин або дизель, або виробляють електрику або для живлення котлів на тепло, він виробляє ряд викидів, які згубно впливають на навколишнє середовище і здоров'я людини: 1) CO_2 є парниковим газом і джерелом зміни клімату; 2) SO_2 спричиняє кислотні дощі, які

пошкоджують рослини та тварини, що живуть у воді, і збільшує або викликає респіраторні захворювання та захворювання серця, особливо у вразливих груп населення, таких як діти та люди похилого віку; 3) NO_x та летючі органічні сполуки сприяють озону на рівні землі, який є надзвичайно небезпечною ЗР; 4) тверді частинки створює туманні умови в містах та мальовничих районах, а також поєднується з озоном, щоб сприяти астмі та хронічному бронхіту, особливо у дітей та людей похилого віку, а дуже дисперсні частинки проникає в дихальну систему глибше і викликає захворювання легенів; 5) повітряні токсини відомі або ймовірні канцерогени.

Природний газ, який представляє собою суміш вуглеводневих (CH_4 та його гомологи) та неуглеводневих (N_2 , CO_2 , H_2S , He тощо) компонентів, може бути у вигляді: вільний газ в породах-колекторах (в пастках структурного і неструктурного типів); метан вугільних родовищ; попутний газ нафтових і нафтоконденсатних покладів; скупчення в щільних колекторах; газогідрати морських донних відкладів. Розвідані запаси газу в світі – понад 80 трлн m^3 . З надр видобуто близько 60 трлн m^3 при щорічному видобутку понад 2 трлн m^3 газу. Розвідані запаси газу складають (в млрд т умовного палива): світові – 180; європейські – 70; українські – 1,5. Загальні обсяги технічно видобувних ресурсів сланцевого газу на території України складають 3,6 трлн m^3 (1,75% світових запасів), на двох найбільших родовищах – Юзівському у Донецькій і Харківській областях та Олеській площі на Західній Україні – зосереджено приблизно 1,2 трлн m^3 . Фактичне споживання природного газу в Україні у 2021 році склало 26,8 млрд m^3 – це на 6,6% менше, ніж у 2020 році.

Головна перевага газу – порівняно низька його вартість. Крім того, газ має високе октанове число – 105, тому може застосовуватися у будь-яких, навіть найбільш високофорсованих двигунах. За роботи на газі ресурс двигуна підвищується у 1,5-2 рази. При цьому збільшується період між замінами оливи і свічок. Адже газ горить плавніше, ніж бензин. Тим самим зменшується навантаження на циліндро-поршневу групу. Він чистіший за домішками, тому нагар і лакові відкладення відсутні. А ще у газі немає сірки, яка руйнує оливу. І на додачу газ, на відміну від бензину, не змиває олив'яну плівку зі стінок циліндра і не розріджує оливу у картері. Нарешті, остання перевага – це екологічна чистота газового палива. Так, вміст CO у відпрацьованих газах знижується порівняно з бензином у 2-3 рази, NO – у 1,2 раза, C_nH_m – у 1,3-1,9 раза. На жаль, за все це доводиться платити під час купівлі газової апаратури. Крім того, паливна система ускладнюється, до неї додаються важкі і громіздкі балони. На легкових автомобілях вони забирають «життєвий простір», а на вантажівках «відкушують» від вантажопідйомності близько 150-1500 кг для метану і 50-200 кг для пропан-бутану. Ще під час роботи двигунів на газу їх потужність падає на 10-20% для карбюраторних моторів, на 4-10%

– для інжекторних. Питання безпеки також не скасовували, бо газ може вибухати. Втім, як і бензин. Тільки з останнім навчилися поводитися, а до «блакитного палива» все ніяк не звикнемо. Метан, він же природний газ, – найдешевший вид автомобільного пального. Зберігається у стисненому стані під тиском 150-200 бар, а тому вимагає дуже міцних, важких і дорогих балонів.

Технологія видобутку «сланцевого газу» передбачає буріння однієї вертикальної свердловини і декількох горизонтальних свердловин довжиною до 2-3-х км. У пробурені свердловини закачується суміш води, піску та хімікатів, в результаті гідророзриву руйнуються стінки газових колекторів, і весь доступний газ відкачується на поверхню. Позитивними сторонами розробки родовищ «сланцевого газу» вважалися: можливість використання глибинного гідророзриву пласта в горизонтальних свердловинах в густозаселених районах (за винятком проблеми використання важкого транспорту); знаходження родовища «сланцевого газу» в безпосередній близькості від кінцевих споживачів; видобуток «сланцевого газу» без втрати парникових газів. Однак після 10 років експлуатації свердловин на деяких родовищах «сланцевого газу» в США виникли наступні проблеми: 1) технологія гідророзриву продуктивного пласта вимагає великих запасів води поблизу родовищ (для одного гідророзриву використовується 7500 т суміші води, піску та хімікатів); в результаті поблизу родовищ скупчуються значні обсяги відпрацьованої забрудненої води; 2) свердловини мають набагато менший термін експлуатації, ніж свердловини при експлуатації газових родовищ; 3) видобуток «сланцевого газу» призводить до значного забруднення підземних вод толуолом, бензолом, диметилбензолом, етилбензолом, миш'яком і іншими поллютантами (до 85 найменувань), які входять до складу «хімічного коктейлю» (наприклад, для однієї операції гідророзриву використовується 80-300 т соляно-кислотного розчину, загущеного за допомогою полімерів); 4) є значні втрати метану, що призводить до посилення парникового ефекту; 5) видобуток «сланцевого газу» рентабельний тільки при наявності попиту і високих цін на газ.

використання великої кількості води для здійснення гідророзриву є найбільш гострою проблемою для розвитку сланцевого видобутку в густонаселених районах. Незважаючи на те, що гідророзриви проводяться набагато нижче рівня ґрунтових вод, токсичні ЗР надходять до ґрунтового рослинного покриву і земної поверхні крізь тріщини техногенного походження. Крім того, істотно зростає газонасиченість підземних вод, як наслідок цього - спонтанне виділення газів. Як правило, горючі сланці та інші осадові породи збагачені не тільки органічною речовиною, але і радіоактивними елементами, тому в районах видобутку «сланцевого газу» спостерігається підвищення радіаційного фону. В окремих випадках

(наприклад, на узбережжі Північно-Західної Англії) гідророзриви призвели до виникнення невеликих землетрусів техногенного походження.

Таким чином, є багато фактів щодо екологічної небезпеки розробки скупчень «сланцевого газу», що обумовлює необхідність подальшого удосконалення технології його видобутку, особливо в густозаселених районах. Технологія видобутку «сланцевого газу» передбачає буріння однієї вертикальної свердловини і декількох горизонтальних свердловин довжиною до 2-3-х км. У пробурені свердловини закачується суміш води, піску та хімікатів, в результаті гідророзриву руйнуються стінки газових колекторів, і весь доступний газ відкачується на поверхню.

Позитивними сторонами розробки родовищ «сланцевого газу» вважалися: можливість використання глибинного гідророзриву пласта в горизонтальних свердловинах в густозаселених районах (за винятком проблеми використання важкого транспорту); знаходження родовища «сланцевого газу» в безпосередній близькості від кінцевих споживачів; видобуток «сланцевого газу» без втрати парникових газів.

Однак після 10 років експлуатації свердловин на деяких родовищах «сланцевого газу» в США виникли наступні проблеми: 1) технологія гідророзриву продуктивного пласта вимагає великих запасів води поблизу родовищ (для одного гідророзриву використовується 7500т суміші води, піску та хімікатів); в результаті поблизу родовищ скупчуються значні обсяги відпрацьованої забрудненої води; 2) свердловини мають набагато менший термін експлуатації, ніж свердловини при експлуатації газових родовищ; 3) видобуток «сланцевого газу» призводить до значного забруднення підземних вод толуолом, бензолом, диметилбензолом, етилбензолом, миш'яком і іншими поллютантами (до 85 найменувань), які входять до складу «хімічного коктейлю» (наприклад, для однієї операції гідророзриву використовується 80-300 т соляно-кислотного розчину, загущеного за допомогою полімерів); 4) є значні втрати метану, що призводить до посилення парникового ефекту; 5) видобуток «сланцевого газу» рентабельний тільки при наявності попиту і високих цін на газ.

Використання великої кількості води для здійснення гідророзриву є найбільш гострою проблемою для розвитку сланцевого видобутку в густонаселених районах. Незважаючи на те, що гідророзриви проводяться набагато нижче рівня ґрунтових вод, токсичні ЗР надходять до ґрунтово-рослинного покриву і земної поверхні крізь тріщини техногенного походження. Крім того, істотно зростає газонасиченість підземних вод, як наслідок цього - спонтанне виділення газів. Як правило, горючі сланці та інші осадові породи збагачені не тільки органічною речовиною, але і радіоактивними елементами, тому в районах видобутку «сланцевого газу» спостерігається підвищення радіаційного фону. В окремих випадках (наприклад, на узбережжі Північно-Західної Англії) гідророзриви призвели до виникнення невеликих землетрусів техногенного походження.

Таким чином, є багато фактів щодо екологічної небезпеки розробки скупчень «сланцевого газу», що обумовлює необхідність подальшого удосконалення технології його видобутку, особливо в густозаселених районах.

Метан вугільних пластів використовується понад 50 років. На початку XXI століття ресурси метану вугільних пластів ФРН становлять 3-4 трлн. м³ Англії – 1,9-2,8 трлн м³, Австралії – 6,0 трлн м³, Польщі – 1,6-2,0 трлн м³, Китаю – 25-30 трлн м³, США – 8,5-14 трлн м³. Ресурси метану вугільних пластів в Україні оцінюються приблизно в 2 трлн м³, що є підставою для включення у першу десятку держав за кількістю метану вугільних пластів. Головні ресурси метану вугільних пластів України зосереджені в Донецькому та Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейнах. Газоносність вугільних марок від газових до пісних коливається в межах від 5 до 30 м³ газу на тону (сухої беззольної або горючої маси вугілля), досягаючи в антрацитах 35-40 м³/т вугілля. Крім вугілля газ присутній і у вміщуючих його пісковиках та алевролітах, де газоносність становить 3-5 м³/м³ породи. За оцінками окремих зарубіжних та вітчизняних експертів, сумарні ресурси метану вугільних пластів до глибини 1800 м перевищують 12 трлн. м³. Може видобуватися як самостійне паливо, та як попутний продукт, який отримується в процесі дегазації шахт перед видобутком вугілля. Оскільки метан є парниковим газом, цінним енергетичним ресурсом та причиною вибухів у шахтах, то розробка метану вугільних та субвугільних пластів має екологічне і соціально-економічне значення. Для видобутку метану вугільних пластів бурять звичайно неглибокі свердловини. Для збільшення продуктивності вугільних та особливо субвугільних пластів використовуються технології гідророзриву.

Станом на 1.01.2010 р. в Україні балансові запаси категорій А+В+С₁+С₂ сягали 313,9 млрд. м³ метану вугільних пластів (на балансі діючих шахт – 140,8 млрд. м³). У цьому напрямі передбачаються: розробка методів вивчення і оцінки запасів метану вугільних пластів; проведення геологорозвідувальних робіт з оцінкою запасів і ресурсів метану вугільних пластів окремих ділянок; одержання промислових категорій запасів метану вугільних пластів для забезпечення його видобутку в обсязі 16 млрд м³ у 2030 р.

Газгідрати (клатрати) схожі на пресований сніг або крихкий забруднений лід. Вони утворюються при низьких температурах (близьких до 0°C) і високих тисках (не менше 50 МПа). При таких термодинамічних умовах вода, в якій погано розчиняється CH₄, утворює кристалічну структуру із багатьох дрібніших осередків, утворених молекулами води, всередині яких, немов у клітці, заключені молекули CH₄ (CH₄·6H₂O) або інших низькомолекулярних газів (C₂H₆·7H₂O; C₃H₈·17H₂O; i-C₄H₁₀·17H₂O). Газгідрати утворюються в умовах вічної мерзлоти і при низькій

температурі морських донних відкладів на глибинах 400-500 м. В багатьох джерелах інформації потенціальні світові ресурси газогідратів оцінюються $1,5-2,1 \cdot 10^{16} \text{ м}^3$, що в три рази перевищує прогнози запаси «звичайного» вуглеводневого газу (Ю.Ф. Макогон, 2010).

Газгідрати створюють реальну конкуренцію традиційним ВВ в силу великих ресурсів, широкого розповсюдження в донних відкладах морів і океанів (97% всіх ресурсів газогідратів), неглибокого залягання і концентрованого стану (1 м^3 природного метан-гідрату містить приблизно $165-180 \text{ м}^3 \text{ CH}_4$ і $0,87 \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}$).

Експериментально встановлено, що CH_4 в присутності H_2O при температурі $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 2 МПа утворює клатрат метану (метан-гідрат), а при тиску 2 МПа – клатрат суміші гомологів метану. Ці термодинамічні параметри відповідають глибинам Чорного моря понад 200 м (О.Н. Сокур, В.Х. Геворкьян, 2006). Найбільш перспективні вважаються глибокі частини Чорного моря (О.Д. Корсаков С.Н., Ступак, Ю.А. Бяков, 1991), але вони знаходяться за межами територіальних вод України, тобто прибережних морських вод шириною 12 морських миль (370,4 км), що відраховуються від лінії найбільшого відпливу як на материку, так і на островах, що належать Україні. В центральній глибоководній частині Чорного моря кількість метан-гідрату оцінюються в 20-30 трлн. м^3 , а в цілому в морському басейні в 60-80 трлн. м^3 . За даними академіка НАНУ Є.Ф. Шнюкова (2012), запаси метан-гідрату досягають 25 трлн м^3 , та із них на Україну припадає приблизно 7 трлн м^3 . В 1993 р. вийшла постанова уряду України щодо виконання програми «Газогідрати Чорного моря», але відсутність коштів та індіферентність щодо рішення цієї проблеми не дозволили вирішити цю проблему.

За даними Ю.Ф. Макогона (2010), термодинамічні умови стабільного існування газогідратів в товщі води і осадових породах Чорного моря існують на глибині понад 750 м, а для сірководню – від декількох метрів. Найбільш перспективна площа знаходиться в 20 км південніше від Ялти. Важливою особливістю Чорного моря є відсутність накопичення органіки в товщі придонних відкладів. Емісія CH_4 в водну товщу для рішення проблеми газогідратів не має значення тому, що процеси окиснення метану в аеробній товщі води і в придонних відкладах перевищують процеси генерації CH_4 . В придонних шарах на глибинах більше 750 м сірководень утворює гідрати, які накопичуються в придонних відкладах тому, що їх щільність більша щільності метан-гідрату. Гідрат метану у вигляді мікрокристалів, які утворюються на поверхні бульбочки газу, спливає і достатньо швидко розчиняється в товщі води.

Проблема практичного використання газогідратів полягає у тому, що вони існують лише при низькій температурі і високому тиску (навіть при нормальному атмосферному тиску при $10-20 \text{ }^\circ\text{C}$ вони починають плавитися), а тому виникають труднощі їх деструкції на морському дні.

Є деякий досвід експлуатації скупчень газогідратів на суші (наприклад, на півострові Таймир в Росії, в північно-західній Канаді тощо), але енергетичні витрати на вивільнення метану дуже великі, що обумовлює нерентабельність видобутку газогідратів. Собівартість видобутку газогідратів на суші складає 100-200% витрат при розробці традиційних газових покладів, а при розробці морських газогідратів витрати будуть набагато більші. Крім того, при розробці скупчень морських газогідратів виникає ризик вибуху та надходження в атмосферу метану (парникового газу). Тим не менш, у ряді країн світу (Японія, Південна Корея, Індія, США тощо) розробляються проекти видобутку природного газу з газогідратів, в тому числі і на морському дні. При цьому експлуатація газогідратів може стартувати вже в другій половині XXI століття. Із можливих варіантів розробки покладів газогідратів найбільш відомі: зниження пластового тиску нижче рівноважного значення; підвищення температури газгідрату в пласті вище рівноважного значення; введення в пласт каталізаторів розкладання газогідратів. На вивчення газогідратів та їх розробку в світі витрачено \$ 1,2 млрд., але нової технології поки ще немає. Проекти розробки скупчень газогідратів існують і в Україні. Наприклад, пропонується встановити над розвіданим скупченням газогідратних покладів напівзанурену платформу, з якої необхідно пробурити дві свердловини. В одну з них (нагнітальну) подаватиметься концентрований сольовий розчин з іншої свердловини (витяжна) – вилучати метан. Влітку пропонується закачувати не сольовий концентрат, а теплу морську воду. Вважається, що при руйнуванні газогідратів будуть вивільнятися CH_4 і прісна H_2O . Приблизна вартість піонерського газодобувного комплексу складає 500 млн. доларів США. Наявність сірководневої зони ускладнює технологію видобутку газогідратів в Чорному морі.

Вугілля є найбільш поширеним з усіх видів ПЕР органічного походження. Його запаси перевищують сумарні запаси нафти і газу. Світові розвідані запаси вугілля складають понад 5 трлн. т, а достовірні – близько 1,8 трлн. т, при сучасному рівні світового видобутку 4,5 млрд. т у рік забезпеченість запасами складає 440 років. Вугільні ресурси розвідані в 75 країнах світу, більше 96% запасів зосереджено в 10 країнах: США (445 млрд. т), Китаї (272 млрд. т), Росії (200 млрд. т), ПАР (130 млрд. т), Німеччині (100 млрд. т), Австралії (90 млрд. т), Великобританії (50 млрд. т), Канаді (50 млрд. т), Індії (29 млрд. т) і Польщі (25 млрд. т). На вироблення електроенергії витрачається близько 65% вугілля, що видобувається. Використання вугілля в цій сфері стримується в зв'язку з утворенням значної кількості CO_2 при його спалюванні, що сприяє утворенню парникового ефекту.

Вугілля в Україні – єдина енергетична сировина, запасів якої потенційно достатньо для забезпечення енергетичної безпеки держави.

Видобуток вугілля і його переробка в готову вугільну продукцію на прогнозований період залишається основним джерелом забезпечення потреб України в енергоносіях. За геологічними запасами викопного вугілля Україна посідає перше місце в Європі та восьме у світі. Розвідані запаси вугілля в Україні становлять 34,0 млрд. Разом з тим вугільні родовища України характеризуються дуже складними природними умовами їх розробки, а наявний шахтний фонд – високою зношеністю і низьким технічним рівнем, внаслідок чого вітчизняна вугільна промисловість є збитковою і потребує державної підтримки.

Горючий сланець. Запаси горючих сланців значні, але використовуються недостатньо. Мало перспективні через значні відходи і викиди, що важко усуваються. Як зазначено вище. В Україні є величезні родовища сланцю, зокрема родовище на кордоні Кіровоградської і Черкаської областей, яке є третім за своїми розмірами в Європі. Є сланцеві родовища і в районі Карпат, і в Дніпровсько-Донецькій западині та ін.

Торф. Геологічні запаси цієї корисної копалини складають 2,04 млрд т, а сумарна площа торфових родовищ сягає близько 1 млн га. Найбільша кількість запасів торфів сконцентрована у Волинській, Рівненській та Чернігівській областях – понад 100-200 млн. тон у кожній, а також у Львівській, Житомирській, Київській, Сумській, Полтавській по 50-100 млн. тон у кожній. Переважають торфи низинного типу із зольністю від 10 до 35% і більше. Використання торфу мало перспективне через високу зольність і комплекс екологічних обмежень.

Енергія штучного атомного розпаду і ядерного синтезу. Серед традиційних джерел енергії особливе місце посідає атомна енергетика. Починаючи з 1950-х до 1970-х рр., неухильно зростала частка атомної енергетики в паливно-енергетичному балансі індустріально розвинених країн. За останніми даними, на атомних електростанціях (АЕС) у світі налічується 411 енергоблоків потужністю 368 тисяч 835 МВт. Вони виробляють трохи менше 10% усієї електроенергії. У ЄС частка атомної енергетики у виробництві електроенергії перевищує 25%. У Франції 56 реакторів потужністю 370 МВт, які виробляють 69% від загальної електроенергії. У США 92 реакторів потужністю 94 тис. 718 МВт, але вони виробляють 19,6% від загальної електроенергії. В Китаї 55 реакторів потужністю 52 тис. МВт, які виробляють 69% від загальної електроенергії. У США 92 реакторів потужністю 94 тис. 718 МВт, але вони виробляють лише 5% виробництва електроенергії. В Україні 15 реакторів на чотирьох АЕС (Рівненська, Хмельницька, Південноукраїнська, Запорізька) потужністю 13 тис. 107 МВт, які виробляють 55% від загальної електроенергії. Задоволення потреб у сировині для атомної енергетики на 30% досягається за рахунок розробки Ватутінського, Центрального та Мічурінського родовищ, Кіровоградського урановорудного району Українського кристалічного щита. Готується для введення в експлуатацію

Новокосянтинівське родовище. Загальний стан уранової мінерально-сировинної бази оцінюється як задовільний. Основу її становлять великі за запасами родовища у Кіровоградському рудному районі, уранові руди яких за якістю належать до рядових і бідних. Друге місце за своїм промисловим значенням займають родовища у вуглисто-піщаних відкладах палеогену Дніпровського басейну, які придатні для відпрацювання методом підземного вилуговування на місці їх залягання. Хоча окремі родовища цього типу невеликі за запасами, але їх загальні ресурси значні. До резервних належать невеликі за запасами родовища на Українському кристалічному щиті - Южне, Лозоватське і Калинівське, руди яких разом з ураном містять торій, молібден та рідкісноземельні метали. Крім того, в Україні є перспективи для відкриття родовищ з багатим урановим зруденінням, що дасть змогу суттєво покращити стан мінерально-сировинної бази.

Нормальне функціонування АЕС не загрожує навколишньому середовищу. Проблеми виникають у зв'язку зі зберіганням та переробкою радіоактивних відходів, а також через загрозу атомних аварій. Тривале зберігання радіоактивних відходів викликає тривогу та є серйозною проблемою, для урегулювання якої ще не знайдено чітких рішень. Загроза посилюється через ризики та проблеми, пов'язані з обробкою відходів, які виникають після виведення з експлуатації атомних реакторів. Навіть якщо виходити з того, що імовірність аварії на АЕС надзвичайно мала, то це не виключає проблеми забруднення НПС при видобутку уранової руди, при отриманні радіоактивної сировини, похованні радіоактивних відходів тощо. Наприклад, на березі р. Колумбія (США) розташована АЕС; радіоактивність води незначна, а концентрація радіонуклідів у рибах та птахів у десятки тис. разів більша ніж у воді. Радіоактивні компоненти накопичуються в НПС і можуть обернутися загибеллю для людської популяції. Один американський учений-атомник так образно охарактеризував атомну енергетику: «Дракон мертвий, тільки він про це не знає». Запаси атомної енергії фізично невичерпні, але екологічно вона надто небезпечна доти, поки не буде знайдений спосіб дезактивації радіоактивних відходів. Що ж до термоядерної енергії, яка отримується в ході злиття (синтезу) більш легких ядер в більш важкі, то використання її поки вельми проблематичне. Термоядерні реакції некеровані і поки немає розробок, що дозволяють управляти ними. Крім того, немає речовин, здатних витримати температури $3 \cdot 10^9$ °С.

Необхідно зазначити, що на всіх етапах *ядерного паливного циклу* (видобування – збагачення уранової руди – ядерне паливо – АЕС – повторна обробка по витяганню урану, плутонію – поховання радіоактивних відходів) відбувається надходження радіоактивних речовин в довкілля і існує різна міра екологічного ризику. Існують не лише екологічні, але й економічні обмеження розвитку ядерної енергетики. Так,

в США в 2000 р. планувалося ввести в дію 1000 атомних реакторів, але починаючи з 1975 р. замовлення на будівництво АЕС скоротилися. Причиною цьому були соціально-економічні і екологічні проблеми. Зокрема, при будівництві АЕС виникають такі проблеми: 1) нові стандарти по безпеці АЕС збільшують їх вартість у 5 разів; 2) протест громадськості («радіофобія») призводить до затримки пуску АЕС, тому витрати зростають і це лягає на плечі споживачів енергії; 3) робота АЕС пов'язана з ризиком за лічені хвилини великі прибутки перетворити в колосальні збитки; 4) термін служби АЕС складає не більше 30 років через «крихкість» металевих конструкцій і т. д., що також підвищує вартість електроенергії (витрати на будівництво повинні окупатися швидко); 5) енергія, що виробляється на АЕС, не використовується транспортом, як вуглеводнева сировина, оскільки поки що мало електромобілів. У нерозсудливому прагненні до широкого розвитку АЕС в 60-70 рр. проблема ліквідації ядерних реакторів ігнорувалася, хоча в цій серйозній проблемі існують як екологічні, так і економічні аспекти. Для демонтажу близько 350 атомних реакторів (включаючи створення об'єктів зберігання) буде потрібно 63-270 млрд. доларів. У разі демонтажу діючої АЕС треба буде знешкодити 150 млн. куб. фунтів низько активних відходів, тобто в 70 разів більше ніж утвориться щорічно на АЕС всього світу, а також забезпечити поховання більше ніж 100 тис. тон високоактивних відходів, їх ізоляцію від людей на 10 тис. років. Витрати на демонтаж АЕС, що закривається, зростають в середньому на 15 % щороку, подвоюються кожні 5 років. Посилення нормативних актів збільшує вартість видалення радіоактивних відходів.

Таким чином, атомна енергетика, у порівняно із геліоенергетикою, вітроенергетикою навіть близько не наближається до поняття «екологічно безпечної» енергії. При нормальної роботі АЕС є джерелами небезпечних радіонуклідів. АЕС використовують багато води тоді, коли проблема водозабезпечення з кожним роком посилюється внаслідок глобального потеплення. Крім того, для роботи АЕС потрібно довгий та «брудний» процес виробництва палива. Атомна енергетика також має відчутний «вуглецевий слід» тому, що АЕС викидають CO_2 не тільки під час своєї роботи, але й на інших етапах життєвого циклу. Наприклад під час їх спорудження, бо воно передбачає величезну кількість бетону, металу, викопних палив для перевезення усіх матеріалів та працівників, тощо. Але найбільше CO_2 викидається у атмосферу під час виробництва ядерного палива, необхідного для роботи АЕС, в тому числі під час видобутку уранової руди, її перемелювання, обробки, збагачення та фабрикації палива. Далі – під час транспортування його на атомні станції, а також на безпечне зберігання радіоактивних відходів протягом тисячоліть. Атомна енергетика викидає у 6 разів більше вуглецю, ніж вітрова та у 2-3 рази більше, ніж геліоенергетика.

Ядерна енергія сьогодні в принципі є реальним, істотним і перспективним джерелом забезпечення потреб людства в довгостроковому плані. Зрозуміло, ядерна енергетика не безаварійна, не застрахована від технічних збоїв, пов'язана з відходами, які вимагають особливого поводження. Але ці реальні проблеми піддаються сучасним і надійним технічним рішенням, покликаним гарантувати максимальну безпеку.

Ресурси сучасної паливної бази для ядерної енергетики визначаються вартістю видобутку урану при витратах, що не перевищують \$130 за 1 кг U_3O_8 . Понад 28% ресурсів ядерної сировини припадає на США і Канаду, 23% – на Австралію, 14% – на Південно-Африканську Республіку, 7% – на Бразилію. В інших країнах запаси урану незначні. Ресурси торію (при витратах до \$75 за 1 кг) оцінюються приблизно в 630 тис. т, з яких майже половина знаходиться в Індії, а інша частина – в Австралії, Бразилії, Малайзії та США.

Пам'ятаючи про те, що запаси основних традиційних джерел енергії не безмежні, уже застосовуються засоби до їх більш раціонального використання, впроваджуються нові малоенергоємні технології. Проводяться роботи по впровадженню альтернативних джерел енергії: 1) *геліоенергетика* (геліоконденсатори, сонячні батареї); 2) *біоенергетика* (виробництво біомаси, біосинтез водню, рідке біопаливо – етанол, рослинна олія та ін., сміттєспалюючі установки, «деревні таблетки» – паливо із деревних відходів); 3) *вітроенергетика*; 4) *альтернативна гідроенергетика* («малі» ГЕС, припливні і хвильові електростанції; станції, які використовують енергію морських течій); 5) *енергетика, що використовує різницю температур* (високоградієнтні установки геотермальної енергії «мокрого» і «сухого» типу, низькотемпературна енергетика, що використовує різницю температур глибин і поверхні моря, теплові насоси і т. д.); 6) *вторинна енергетика* (яка використовує скидне тепло); 7) *космічна енергетика* (отримання енергії на спеціальних штучних супутниках Землі з вузькоспрямованою її передачею на наземні приймачі). Ведуться також роботи по використанню відновлюваних джерел енергії та змішаних джерел енергії (атомно-водневі, сонячно-водневі та ін.).

Особливості енергетичних ресурсів України

Україна має достатні запаси практично всіх енергетичних ресурсів. Це обумовлює розвиток в країні потужного *паливно-енергетичного комплексу* (ПЕК). Україна має значні запаси кам'яного вугілля (Донецький та Львівсько-Волинський басейни) і бурого вугілля (Дніпровський басейн); невеликі родовища нафти і природного газу розташовані в Прикарпатті і на північному сході країни. Ці енергетичні ресурси можуть використовуватися на ТЕС (Вуглегірська, Криворізька, Бурштинська, Змієвська, Курахівська і інші). На Дніпрі побудований каскад ГЕС (Каховська, Дніпровська, Канівська, Київська тощо).

В середньому понад 55 % електроенергії в Україні генерують АЕС. Власні паливні ресурси забезпечують лише 58 % потреб України. 2001 року, структура споживання електроенергії та палива мала вигляд: 135,8 млрд кВт·год. Вугілля та продукти його переробки – 64,2 млн т; природний газ – 65,8 млрд куб.м; нафта і газовий конденсат – 16,9 млн т.

За даними Міністерства енергетики України у 2021 р. виробництво електроенергії в Україні склало 156,576 млрд кВт·год, що на 5,2% більше, ніж 2020 р.; основну частку у загальному виробленні 2021 р. становили АЕС – 55,1%, ТЕС та ТЕЦ – 29,3%, ГЕС та ГАЕС – 6,7%.

Теплова енергетика. Саме їй належить значна роль у виробництві електроенергії в Україні, і ці тенденції будуть зберігатися, очевидно, і в доступній перспективі. Однак, в енергетичному балансі держави з теплоенергетикою конкурує атомна енергетика. За обсягами викидів ЗР в атмосферу теплоенергетика перевершує будь-яку іншу галузь промисловості. Протягом кількох десятиліть ТЕС є безперервно діючими джерелами викидів продуктів згоряння палива та скидів у водойми великої кількості стічних вод, а також низькопотенційного тепла. Розглядаючи вплив ТЕС на атмосферу, рослинний і тваринний світ, перш за все враховують викиди тих речовин, на які встановлені ГДК та їх вміст в повітрі населених міст. При спалюванні природного газу – це оксиди азоту (NO_x), чадний газ (CO) і бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$). При спалюванні твердого та рідкого палива до них додаються ще оксиди сірки (SO_x) і зола. В процесі спалювання органічного палива багато ЗР можуть бути видалені з промислових викидів завдяки очисному обладнанню. Причому, витрати на очистку викидів звичайно нижчі від вартості збитків, що завдаються в результаті емісії ЗР у НПС. Однак в сучасній промисловості відсутні методи істотного зниження емісії основного парникового газу – CO_2 . При оцінці екологічності теплоенергетики важливе значення має структура паливного балансу ТЕС, тобто облік тих енергоносіїв, які спалюються для отримання електроенергії. У всьому світі тут домінуюче положення залишається за вугіллям. Низька якість вугілля, використання застарілих технологій спалювання, а також застосування застарілих технологій очищення викидів є причиною того, що підприємства теплоенергетики є істотними джерелами забруднення атмосферного повітря. Зі скидами стічних вод ТЕС ситуація трохи краща, ніж з викидами в атмосферу. Скиди стічних вод з українських ТЕС мають слабо виражену тенденцію до стабільного скорочення. Досягається це за рахунок застосування природоохоронних заходів у галузі, спрямованих на обмеження забруднення водних об'єктів, які включають у себе впровадження систем оборотного водопостачання й удосконалення систем очищення стічних вод.

Атомна енергетика. Особливо слід підкреслити ризик використання атомної енергії та її вплив на довкілля будь-якої країни. Україна в цьому

відношенні не є винятком, насамперед, після аварії на ЧАЕС. Основна частина атомних реакторів зосереджена в басейні річки Дніпро, що створює потенційну загрозу. Крім того, екологічну небезпеку становлять підприємства з видобутку і переробки уранової руди. Звичайно, одним з вагомих аргументів на користь використання енергії є те, що атомні реактори не виділяють газів, які забруднюють атмосферу і спричиняють парниковий ефект. Але атомна енергетика – це джерело утворення особливо небезпечних відходів. Вже сьогодні пристанційні сховища на багатьох українських АЕС заповнені відпрацьованим ядерним паливом, зберігання та переробка якого пов'язана з технологічними та екологічними проблемами на 60-80%. Проблема знешкодження радіоактивних відходів або їх надійного безпечного захоронення на сьогоднішній день остаточно не вирішена ніде у світі. Тому при захороненні відходів атомної енергетики може статися або стійке (на багато тисячоліть) забруднення природних екосистем, або суспільство одержить потенційну атомну бомбу уповільненої дії. Радіоактивні викиди українських АЕС вносять свій вклад в забруднення земної атмосфери радіоактивними речовинами (у т. ч. криптоном-85). Крім того, експлуатація атомних станцій збільшує ризик і ймовірність атомних аварій з катастрофічними наслідками для населення і природи будь-якої країни або регіону.. Протягом останніх 10 років ядерно-енергетичний комплекс забезпечує близько 50% виробництва електроенергії в країні. Енергетичною стратегією на період до 2030 року, схваленою урядом України у 2006 р., передбачається зберегти таку домінуючу роль атомної енергетики в енергозабезпеченні країни. Частка виробництва атомної електроенергії протягом всього періоду буде становити не менше 50% від сумарного річного виробництва. Це означає, що до 2030 року виробництво атомної електроенергії має зрости майже в 2,5 рази, а встановлені потужності АЕС заплановано збільшити до 29,5 млн. КВт.

Гідроенергетика. Дуже часто негативний вплив на навколишнє середовище є настільки значним, що стає неприйнятним, а це призводить до відмови від реалізації подібних гідроенергетичних проєктів. Можна тільки ще раз нагадати про те, що будівництво рівнинних ГЕС виключило з обороту величезні площі родючих заплавлених земель України, порушило екосистеми та природну рівновагу в басейнах Дніпра, Дністра та інших річок. Будівництво гідротехнічних споруд завдало значної шкоди стану річок і природному середовищу багатьох українських регіонів. Екологічні наслідки будівництва гігантських водосховищ з каскадами гребель були очевидні вже через кілька десятиліть. Водосховища, що утворились в результаті будівництва гребель, стали акумуляторами забруднювальних речовин, що знаходять з неочищеними і недостатньо очищеними стічними та іншими зворотними водами. У них сповільнилася швидкість процесів самоочищення води, і в результаті стали розвиватися процеси евтрофікації

(«цвітіння води»). Створення водосховищ призводить до підтоплення прилеглих територій, підняття рівня ґрунтових вод, активізації процесів абразії тощо. Прикладом того, який збиток був заподіяний в результаті гідротехнічного будівництва багатьом українським річкам, може служити ріка Дніпро. Краса і повноводність цієї річки оспівані багатьма поколіннями українців. Сьогодні відомо, що природний режим цієї величної річки змінився настільки сильно, що її тепер можна назвати практично повністю штучним водним об'єктом. Сталося це тому, що українські річки перегороджені численними греблями (Дніпро, Дністер, Сіверський Донець, Оскіл, Південний Буг, Інгулець, Кальміус, Салгир, Альма); найбільші в Україні – на Дніпрі (загальна площа 6-ти водосховищ складає 4708 км²). Це негативно позначається на гідроекологічних умовах, а отже, на якості питної води; необхідно нагадати, що основна частина населення України для господарсько-питних цілей використовує воду із Дніпра. Відбулося погіршення стану і деградація багатьох українських річок. Це виразилось в погіршенні якості води, затопленні родючих заплавлених земель, значному зниженні уловів прохідних і напівпрохідних риб, які століттями були одним з традиційних продуктів харчування місцевого населення і важливим експортним товаром. Подовження термінів водообміну в річках загрожує незворотними наслідками. Але постраждали не тільки екосистеми річки та її берегів, але і її біологічні ресурси, а відтак природним екосистемам в результаті гідротехнічного будівництва було завдано непоправного збитку.

Малі гідроелектростанції. В Україні нараховується понад 63 тис. малих річок і водотоків загальною довжиною 135,8 тис. км. При використанні енергетичних ресурсів малих річок важливе значення має тривалість льодяного покриву взимку, що впливає на кінетичну енергію потоку річок. На початку 1950-х рр. кількість малих ГЕС в Україні становила 956 одиниць із загальною потужністю 30 тис. кВт. Однак через концентрування виробництва електроенергії на потужних ТЕС і ГЕС їх будівництво було призупинено, почалася їх консервація, демонтаж, сотні малих ГЕС були зруйновані. Залишилось лише 48 малих ГЕС, які характеризуються незадовільним технічним станом. АО «Київенергомаш» в рамках «Програми розвитку малої енергетики України» розробляє проекти з відновлення і реконструкції існуючих та будівництва нових малих ГЕС. Мала гідроенергетика через її незначну питому вагу (0,2%) в загальному енергобалансі не може істотно впливати на умови енергопостачання країни, однак експлуатація малих ГЕС дає можливість виробляти майже 250 млн. кВт електроенергії на рік, що еквівалентно щорічній економії до 75 тис. тонн дефіцитного органічного палива. За оцінкою Світової енергетичної ради економія органічного палива за рахунок малих ГЕС в загальному виробництві енергії в 2030 р. може становити від 69 до 99 млн. т умовного палива. Оскільки малі ГЕС

спричиняють зменшення стоку, то внаслідок їх функціонування виникає загроза рекреаційному потенціалу і гідробіонтам, можуть зруйнуватися мальовничі ландшафти водно-болотних угідь. В маловодний період року ефективність малих ГЕС зменшується.

Геотермальні електростанції завжди були географічно «прив'язані» до районів геотермальних родовищ. В Україні першу геотермальну циркуляційну систему (на основі застосування підйомних та нагнітальних свердловин) збудовано у 1988 р. на території с. Іллінки Сакського району Криму. Станом на 2004р. в Україні введено 9 геотермальних установок із сумарною тепловою потужністю 10,6 МВт. Звичайно, в загальному балансі енергетики України цей вид енергії не може відігравати значну роль, але для районів зі сприятливими геотермічними умовами геотермальні електростанції можуть задовольнити потреби в електроенергії; їх можна застосовувати в технологічних процесах харчової та місцевої переробної промисловості, при виробництві будівельних матеріалів, в сушильних установках тощо). Екологічні переваги геотермальної енергії: відсутність порушень значних площ поверхні землі, викидів шкідливих речовин в атмосферу і відходів виробництва; невичерпність, повсюдність, близька дислокація до споживача, економічна конкурентоспроможність (вартість нижче, ніж при використанні паливно-енергетичних ресурсів) тощо. Недоліки геотермальної енергії: низький температурний потенціал теплоносіїв на виході із установки, труднощі транспортування та депонування, теплове забруднення, викиди деяких шкідливих речовин в атмосферу, скиди забруднювальних речовин у водойми тощо. Розроблена Програма «Екологічно чиста геотермальна енергетика України» (1996 р.), однак, про істотні результати практичної реалізації цієї програми, на жаль, говорити не доводиться.

Вітрові і сонячні електростанції. Якщо на теперішній час у всьому світі вітроенергетика перетворилась на окрему галузь, що дає в окремих країнах (Німеччина, Данія тощо) істотний внесок в енергетичний баланс цих країн, а сонячні колекторні батареї вже міцно увійшли в побут європейців, то в Україні розвиток вітроенергетики та сонячної енергетики поки що знаходяться на початковому етапі. Згідно «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» орієнтовно частка відновлюваних джерел енергії до 2010р. повинна становити 2-3%, до 2030 р. – 6-7% і більше. В «Комплексній програмі розвитку вітроенергетики», що розроблена і затверджена КМУ в 1996р. в рамках «Національної енергетичної програми України» (Постанова ВР України №191/96-ВР 1996р.) до 2010 р. сумарна потужність вітроустановок України повинна була бути 1990 МВт. До 2002 р. було розроблено 14 галузевих керівних документів, які стосуються специфіки забезпечення процесів виробництва вітроустановок (ВЕУ), проектування і експлуатації ВЕУ; 3 Державних стандарти України

(ДСТУ 3896-99, ДСТУ 4037-2001, ДСТУ 4051-2001), адаптовані до умов Системи ДСТУ 9 міжнародних стандартів з вітроенергетики, які введені в дію в 2003 р. В Україні перспективи вітроенергетики насамперед пов'язуються з узбережжями морів, південним берегом Криму, вершинами гір, Донецькою височиною, Приазовською та Причорноморською низовинами, які характеризуються середньорічною швидкістю вітру 5,5-6,0 м/с і мають дуже високий вітроенергетичний потенціал. Є перспективи для використання їх в інших регіонах України з постійними вітрами. Встановлена потужність ВЕС України складає 0,75-17,3 МВт (разом 58,38 МВт) [1]. Екологічна шкода від ВЕУ мізерна, їх використання сприяє скороченню викидів парникових газів, джерелом яких є спалювання викопного палива. Разом з тим, їх експлуатація пов'язана з шумовим забрудненням, загибеллю птахів від ударів лопатей та ін.). В Україні ВЕУ доцільно розмішувати в місцях, де постійно дмуть вітри: на узбережжях морів, великих озер і водосховищ, в степах, передгір'ях та у гірських районах, тобто в районах зі значним вітроенергетичним потенціалом.

Припливно-відпливні електростанції. Деяко відокремлено від інших нетрадиційних електростанцій розглядаються припливно-відпливні електростанції. Перевагою таких установок є невичерпність використовуюваного джерела енергії та його дешевизна. Як зазначено вище, Чорне і Азовське моря не відносяться до припливно-відпливних морів, а тому можливостей для створення припливно-відпливних електростанцій в Україні не існує.

Перспективна *біоенергетика* – одержання корисної енергії або палива шляхом використання біомаси. За рахунок перетворення біомаси можна генерувати електроенергію, теплоту, виробляти рідке, газоподібне й тверде паливо. У 2004 р. енергетичне використання біомаси становило: в США 3,2%, Данії – 8%, Австрії – 11%, Швеції – 19% і Фінляндії – 21% загального споживання первинних енергоносіїв (в основному шляхом використання відходів деревини). В Україні цей показник був лиш 0,6%, але перспективний енергетичний потенціал становить 122 млн. МВт·год/рік [1]. Одним із перспективніших напрямів у процесі забезпечення себе доступними джерелами енергії в Україні вважається використання енергії біопалива, але виключно за рахунок переробки відходів, збагачених органічними речовинами.

Саме використання альтернативних джерел енергії дозволяє економити непоновлювані ресурси і значно зменшувати забруднення природних систем. Сьогодні у світі використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії досягло промислового рівня. Вітроенергетика успішно розвивається в Данії, Німеччині та інших західноєвропейських країнах. В Україні в теперішній час внесок нетрадиційних джерел енергії дуже низький і становить в останні роки 0,3-

3,0 % у структурі загального енергетичного балансу. Наприклад, є значні передумови для одержання енергії із біомаси, насамперед, із відходів лісопереробної, харчової та інших галузей промисловості, відходів тваринницьких комплексів, твердих побутових відходів. Такий підхід до отримання енергії більш екологічний, ніж використання в якості сировини сільськогосподарської продукції, яка дедалі стає більш дефіцитною у зв'язку з наростаючою світовою кризою у виробництві продуктів харчування. Перспективи для розвитку нетрадиційної енергетики визначаються українським законодавством: Національна енергетична програма (затверджена ВР України від 15.03.1996р. №19/96-ВР); Закон України «Про електроенергетику» (затверджений ВР України від 16.10.1997р. №575/97-ВР); Закон України «Про енергозбереження» (затверджений ВР України від 1.09.1994р. №875/94-ВР); Закон України «Про альтернативні джерела енергії» (затверджений ВР України від 20.02.2003р. №555-IV-ВР).

В Україні розроблена «Енергетична стратегія України на період до 2030 року», основна мета якої і вищий пріоритет полягає в максимально ефективному використанні природних ПЕР і наявного науково-технічного та економічного потенціалу ПЕК для підвищення якості життя населення країни. Одне із важливих завдань стратегії – забезпечення екологічної безпеки та зменшення техногенного впливу на стан довкілля за рахунок впровадження нових технологій видобутку, переробки, транспортування і реалізації електроенергії та тепла, збільшення частки відновлюваних джерел енергії і т.д.

Необхідність і можливість розвитку енергетики України на базі поновлюваних джерел зумовлені такими причинами [8]:

- 1) дефіцитом традиційних для України паливно-енергетичних ресурсів;
- 2) дисбалансом у розвитку енергетичного комплексу України, орієнтованого на значне виробництво електроенергії на АЕС за фактичної відсутності виробництв і отримання ядерного палива, утилізації та переробки відходів, а також виробництв із модернізації обладнання діючих АЕС (ядерних реакторів, котельного обладнання тощо);
- 3) сприятливими кліматичними умовами для використання основних видів поновлюваних джерел енергії;
- 4) наявністю промислової бази, придатної для виробництва практично всіх видів обладнання для поновлюваної енергетики.

Показники розвитку відновлюваних джерел в Україні на період до 2030 року наведені в таблиці 3.1 [9].

Таблиця 3.1 – Прогнозні показники розвитку використання альтернативних джерел енергії за основними напрямками освоєння (млн т/рік)

Напрями освоєння	Рівень розвитку енергетики			
	2005 р.	2010 р.	2020 р.	2030 р.
Позабалансові джерела енергії, всього	13,850	15,960	18,500	22,200
В тому числі шахтний метан	0,050	0,960	2,800	5,800
Відновлювальні джерела енергії, всього	1,661	3,842	12,054	35,530
В тому числі: біоенергетика	1,300	2,700	6,300	9,200
Сонячна енергетика	0,003	0,032	0,284	1,100
Мала гідроенергетика	0,120	0,520	0,850	1,130
Геотермальна енергетика	0,020	0,080	0,190	0,700
Вітрова енергетика	0,018	0,210	0,530	0,700
Енергія доквілля	0,200	0,300	3,900	22,700
Всього	15,510	19,830	30,550	57,730

3.2 Газово-атмосферні ресурси

Ресурси окремих газів атмосфери. Особливе значення мають ресурси O_2 і CO_2 ; співвідношення між ними за багато млн. років існування біосфери відповідає осцилюючому стаціонарному. В глобальному масштабі за останні 100 років концентрація O_2 знизилася з 20,948 до 20,946 % (за іншим даними до 20,5-20,8%). Баланс приходу і витрати O_2 негативний. В повітряних басейнах промислово-міських агломерацій концентрація O_2 нижча за 20%. Потрібно приділяти пильну увагу зміні концентрації O_2 . В глобальному масштабі за останні 100 років концентрація CO_2 зросла на 14-16% і за існуючих темпів і масштабів емісії можливе збільшення концентрації CO_2 за 20 років на 50%. Концентрація CO_2 зростає на 0,3% кожен наступний рік, але нерівномірно. Вживаються засоби щодо скорочення викидів CO_2 . Не менш важливі ресурси O_3 в межах озонового шару стратосфери. Потенційно втрачено близько 10% озонового шару. Застосовуються регулюючі засоби (зниження виробництва і припинення викидів окремих озоноруйнуючих речовин і т. д.). Ресурси CH_4 і інших малих газових домішок в атмосфері різко збільшуються через зростаючу техногенну емісію.

Газові складові гідросфери. У багатьох континентальних водоймищах знижена концентрація O_2 . У Світовому океані розчинність CO_2 може знизитися приблизно з 40% до 20% від викидів в атмосферу, що приведе до негативних екологічних наслідків.

Фітонциди та інші біогенні летючі речовини. На урбанізованих територіях їх концентрації значно нижчі від біологічних норм, а місцями в зв'язку з дезадаптацією людини перетворюються на алергени. Потрібна регуляція.

Газові домішки мінерального неатмосферного походження (природні). Важкі і легкі іони. Спостерігається зниження кількості легких іонів і загальної іонізації повітря із збільшенням його антропогенного забруднення, особливо в урбанізованих районах. Потрібна регуляція. Іонізація - перетворення атомів і молекул в позитивно і негативно заряджені іони. Міра іонізації визначається відношенням числа іонів до числа нейтральних часток. Іонізація відбувається під впливом різних фізичних полів, рослинності і т. д. Підвищені концентрації легких іонів корисні для організму людини. У лісовому повітрі міра іонізації кисню в 2-3 рази вища, ніж над морем, в 5-10 раз вища, ніж над лугом, і в 150 раз вища, ніж у повітрі житлових приміщень. Одні рослини (акація біла, дуб, ялина, сосна, ялівець та інші) володіють високою негативно іонізуючою здатністю, а інші (черемха, тютюн, евкаліпт, мімоза та інші), навпаки, знижують кількість легких іонів.

Газові забруднення (антропогенні). У багатьох районах, особливо в промислово-міських, вміст газових забруднень вище прийнятних норм (ГДК), потрібне регулювання. М.Ф. Реймерс (1990) відносить їх до «антиресурсів», тобто до агентів, знецінюючих інші ПР. У той же час багато які газові викиди можуть бути залучені до процесу виробництва (наприклад, отримання повторного гіпсу при пропусканні діоксиду сірки крізь вапняковий розчин).

3.3 Водні ресурси

Атмосферна волога. Спостерігається тенденція до нерівномірності балансів. Регіонально сильно підкислена (кислотні опади) – значення *pH* доходить до 2,3-1,5% при нормі 5,6. Необхідна регуляція.

Океанічні і морські води. Кількість істотно не змінилася. Сталося деяке регіональне підкислення вод мілководдя (наприклад, Азовське море), змінилася солоність, глобально зріс вміст важких металів (наприклад, свинцю – до 3 разів і т. д.). Спостерігається дисбаланс між стоком з материків і перенесенням на них вод, що випаровуються з поверхні Світового океану. Негативний баланс оцінюється в розмірі 47-630 км³. Рівень Світового океану зростає приблизно на 1-1,6 мм за рік.

Озера, водосховища і ставки. Водосховища зосередили близько 5000 км³ вод. Озера змінюють рівень під антропогенним впливом: підйом дамбами і спуск вод (Байкал), забору вод на зрошення (Арал) і т.д. Місцями спостерігається підкислення внаслідок випадання кислих (кислотних) опадів. Потрібна увага і в ряді місць регуляція. В Україні нараховується всього 1054 водосховища, серед яких виділяються шість дуже великих та великих водосховищ Дніпровського каскаду та Дністровське водосховище, а всі інші 99,3% (1047 водосховищ)

відносяться до середніх, невеликих та малих водосховищ. За об'ємом заакумульованої води Україна – це країна великих водосховищ. У шести водосховищах Дніпровського каскаду знаходиться 79% води, у Дністровському – 6%, у і до середніх, невеликих та малих водосховищах – 15% (В.К. Хільчевський, В.В. Гребінь, 2021).

Води рік, струмків, поверхневого і глибинного стоку. У ряді випадків глибоко антропогенно-трансформовані і безповоротно використовуються (глобально приблизно на 5-9%, місцями до 100%), сильно забруднені. Водний стік порушений. Потрібна пильна увага і регуляція.

Тимчасові малі замкнені водоймища (калюжі, мілководні озера і т. п.). Сильно забруднені, нерідко підкислені.

Грунтова волога (вільна і зв'язана). Місцями знижується. Потрібна увага, бо від оптимальної кількості ґрунтової вологи багато в чому залежить родючість землі.

Волога, зв'язана з живою речовиною. Загальна кількість вологи в біомасі (як і сама біомаса) знизилася. Потрібна увага.

Рідкі поверхневі забруднення. У тому числі штучно принесена вода в екосистемах, забруднення води в звичайному значенні слова «анти-ресурси», як і газові забруднення. Місцями значні, перевищують здатність водоймищ до самоочищення. Передбачається забруднення океану вище допустимих норм. Потрібна регуляція.

Гідрогеологічні ресурси (ресурси ПВ). Ресурси ПВ значні, вони інтенсивно використовуються, місцями виснажені, що веде до кризових і катастрофічних змін інженерно-геологічних умов. Місцями ПВ недопустимо забруднені. Спостерігається підтоплення в деяких населених пунктах. Потрібна регуляція.

Глибинні забруднення первинного і повторного антропогенного походження. Як природно просочуються, які закачані і виникли внаслідок ланцюгових хімічних реакцій. Місцями дуже істотні, особливо в регіонах масового застосування мінеральних добрив, закачування токсичних відходів, великих звалищ. Можуть бути використані як ресурси і небажані як «антиресурси». Потрібна пильна увага.

У наш час основними водними ресурсами, доступними для експлуатації, є прісні поверхневі і підземні води, які використовуються або можуть бути використані людством. На прісну воду припадає лише 3% від загального об'єму води на Землі, але із цієї кількості лише близько 20% доступно для практичного застосування. Загальний об'єм вод суші складає 900000 км³, але об'єм води, доступної для використання, без остраху за негативні наслідки, складає усього 25000 км³. При оцінці водних ресурсів розрізняють зазвичай два поняття: 1) *статичні* (вікові, постійні) запаси, тобто такі, що одноразово знаходяться у водних об'єктах суші і вимірюються в об'ємних величинах (м³, км³); 2) *поновлювані ресурси* (динамічні запаси), тобто такі, які поновлюються щорічно в процесі

кругообігу води і вимірюються в м³/с, м³/рік і т.д.. Незважаючи на видимий достаток, чиста прісна вода при усе зростаючому темпі її споживання стає рідкістю в біосфері.

У найближчі 15-20 років проблема прісної питної води стане однією з найгостріших екологічних, економічних і політичних проблем, які виникнуть перед людством. Конфлікти через землі та нафту видаватимуться малозначущими порівняно з боротьбою за воду. Наприклад, на води Нілу, стік якого внаслідок посух за останні 10 років скоротився, окрім Єгипту претендує ряд інших країн; Туреччина і Ірак сперечаються за право на воду Євфрату, Мексика і США – за р. Колорадо. Щодня від пов'язаних із водою хвороб гине приблизно 40 тис. дітей (майже 15 млн. на рік). Ще 10 років тому 3/4 городян країн, що розвиваються, не були повністю забезпечені чистою питною водою. Щоб нормально функціонувати, людському організму на день необхідно в середньому 1,4 літри. Ґрунтам вода необхідна задля підтримки свого природного стану і живлення кореневої системи рослин. Сутність водної проблеми у багатьох країнах світу полягає не в нестачі водних ресурсів, а у їх нерівномірному розподілі щодо використання у господарській діяльності. Часто води замало там, де вона особливо необхідна для розвитку сільського господарства і промисловості. Навіть у вологих тропіках недостатньо води, щоб запобігти ерозії ґрунтів через те, що їх втрати перевищують 100 т/га, хоча швидкість ґрунтоутворення 1 т/га на рік. Усілякі проєкти, пов'язані із перекиданням вод, неминуче пов'язані із порушенням ПС.

3.4 Ґрунтово-геологічні ресурси

Ґрунти і підґрунтя. В глобальному масштабі ґрунтовий покрив сильно порушений. Еродовані до вибуття з сільськогосподарського обороту більше за половину земель сільськогосподарського призначення. Особливо небезпечне зникнення дрібнозему. У багатьох частинах планети необхідна рекультивация земель.

Проблема забезпеченості населення Землі необхідними продуктами харчування є однією з самих серйозних проблем сучасності. За оцінками експертів ООН вже в 1971 р. більш як 1 млрд. мешканців планети не мали достатньої кількості продуктів харчування. У зв'язку із зростанням населення Землі і деградацією ґрунтів спостерігається зменшення сільськогосподарських угідь, які обробляються, на душу населення. Так, у 1975 р. в світі на 100 чоловік припадало 35 га оброблених земель, в 1985 р. – 31 га, в 1991 р. – 27 га. У США відповідно 65, 64 та 63 га, а у колишньому СРСР – 89, 82 та 79 га. Незважаючи на це, світове споживання кілокалорій на душу населення постійно зростає (за оцінками 1991 р. в світі – 2620 ккал, в розвинених країнах – 3330 ккал, в країнах, що розвиваються, – 2200 ккал, в Південній і Південно-Східній Азії – 2100 ккал

і т.д. (Н. Хубулава, 1993). Всі родючі землі вже розорані (близько 3,2 млрд. га, з яких обробляється 1,3 млрд. га). У деяких районах Південної Азії, Далекого Сходу, Середнього Сходу, Північної Африки, Південної Америки, тропічної Африки і в інших регіонах немає можливості збільшити орні землі. Але невміле використання орних земель, нераціональні меліоративні роботи, безжалісна експлуатація пасовищ справляли і справляють негативний вплив на родючість земель. Клин орних земель скорочується через будівництво промислових і цивільних об'єктів, ГЕС, водосховищ, розробки родовищ корисних копалин і т. д. Щорічно із сільськогосподарського обігу виключається 5-7 млн. га угідь внаслідок водної і вітрової ерозії ґрунтів, опустелювання, забруднення токсичними речовинами, відчуження земель під різні види будівництва. Це створює труднощі у виробництві продуктів харчування. Тут необхідно зазначити і соціально-економічні фактори у виробництві продуктів харчування, які гостро стали і перед багатьма країнами.

За класифікацією продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО) існують такі типи і види землекористування: землеробське, пасовищне, змішане, землі, непридатні в сільському господарстві.

Україна багата земельними ресурсами, її земельний фонд складає 60,3 млн га. Це безцінне національне багатство, здатне при ефективному управлінні забезпечити гідне життя її громадянам. За цільовим призначення єдиний земельний фонд країни розділяють на такі категорії: 1) землі сільськогосподарського призначення; 2) землі житлової та громадської забудови; 3) землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення; 4) землі оздоровчого призначення; 5) землі рекреаційного призначення; 6) землі історико-культурного призначення; 7) землі лісгосподарського призначення; 8) землі водного фонду; 9) землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення. Майже 70% території країни займають сільськогосподарські угіддя, понад 17% – ліси і лісовкриті площі. Урбанізовані території займають більш як 6,9 млн. га земельного фонду, або 11,4%. Загалом 65,4% території нашої країни використовують сільськогосподарські товаровиробники, 11,9% – громадяни. Станом на 01.01.2019 р. близько 6,5 млн га українських ґрунтів вже непридатні для сільськогосподарських робіт. Загалом же в Україні налічується близько 800 видів ґрунтів, понад 60% земельного фонду країни становлять унікальні чорноземні ґрунти. Проте, як стверджують експерти в земельних питаннях та науковці, сучасне використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування. Розораність земель в Україні є найвищою в світі й досягає 57% території країни та майже 80% сільськогосподарських угідь. Інтенсивне сільськогосподарське використання земель впливає на зменшення родючості ґрунтів у зв'язку з їхнім переущільненням, руйнуванням структури, водопроникністю та

аераційною здатністю з усіма екологічними наслідками.

Грунтові забруднення, в тому числі засолення. Швидко збільшуються. Засолено близько 20% всіх зрошуваних земель. Потрібна увага і регуляція.

Ерозія ґрунтів (всіх видів). Глобальне антропогенне опустелювання (зниження або руйнування біологічного потенціалу землі, яке може привести до умов пустелі) оцінюється в розмірі 6,7% всієї суші. Причиною розвитку процесів опустелювання може бути перевантаженість пасовищ, розробка родовищ газу, вторинне засолення зрошуваних земель (Одеська область). Опустелювання є однією з найбільш небезпечних глобальних екологічних проблем, тому потрібна негайна регуляція.

Виходи материнських гірських порід. Збільшилися по площі в зв'язку з водною ерозією верхніх горизонтів, змивом і дефляцією ґрунтів.

Кріогенний субстрат (льодовики та інше). Місцями спостерігається деяке зменшення потужності гірських льодовиків. Потенційні ресурси великі. Існує теоретична загроза танення материкових льодів і деградації вічної мерзлоти у зв'язку з вірогідним потеплінням клімату.

Геоморфологічні структури (гори, рівнини і т. д.). Практично не змінені, хоча локально такі зміни сталися: денудація гір в ході видобутку корисних копалин і т. д.

Поверхневі геоморфологічні (за положенням в просторі, наприклад, ізоляція горами та інші). Практично не змінені.

Геоморфологічні глибинні (зумовлені властивостями порід, сейсмічною активністю і т. д.). Змінені локально, наприклад, внаслідок заповнення водосховищ (викликані, «наведені» землетруси до 6 балів по 12-ти бальній шкалі), відкачки ПВ, усихання великих водоймищ та інших причин. Потрібна увага.

Металеві і неметалеві руди, нерудні копалини. Поступово виснажуються, але ресурси значні, крім ряду металів (*Cu, Pb, Ag, Au* тощо), запаси яких перспективні на 15-20 років. Накопичення на поверхні землі важких металів, що добуваються з надр, має кризовий характер, загрожує геохімічними і екологічними катастрофами. Потрібна негайна регуляція і пильна увага. Сучасне індустріальне суспільство потребує металевих і неметалевих корисних копалин, які утворюються виключно повільно, тому використовуються одноразово. Це найважливіші ресурси у житті людського суспільства, про що свідчать найменування періодів розвитку людства: кам'яний, бронзовий і залізний віки. Запаси різних металів в літосфері обмежені. В даний час з надр видобувається близько 200 видів корисних копалин, що включають усі стабільні ХЕ, а річний обсяг світового видобутку мінеральної сировини досягає 17-18 млрд. т/рік. Співвідношення запасів і потреби в них для деяких видів мінеральної сировини виглядають таким чином: *Au, Cd* – 1,1; *S* – 1,0; *Ba*, асбест, гіпс – 0,8; *Br, Ge* – 0,7; *Zn* – 0,6; графіт – 0,5; *Bi, Ag, F* – 0,3; слюда – 0,1. За

прогнозами експертів США скрута з кольоровими металами (*Cu, Pb, Zn, Sn, Al*) виникне іще до кінця ХХ сторіччя. При існуючому видобутку золота (приблизно 940 т у 1975 р.) розвіданих запасів золота вистачить на 50-60 років. Однак слід враховувати, що удосконалення технологій дозволить розробляти родовища з дуже низьким вмістом корисних компонентів, що у наш час чи то недоступно, чи то економічно недоцільно. Проводяться роботи по використанню вторинних ресурсів, впровадженню маловідходних технологій, комплексному використанню мінеральної сировини (деталізація нафти і природних вод, видалення побіжних компонентів і т. д.), що дозволяє економити мінеральну сировину. Відкриті невідомі раніше залізо-марганцеві конкреції на дні океанів (їх запаси становлять 1,5 трлн т, у той час як на суші світові запаси заліза дорівнюють 141000 млн т, а марганцю 450 млн т), нові типи родовищ рудних корисних копалин (наприклад, стратиформні). Розробляються технології більш повного видобування широкого спектру корисних компонентів, що дозволяє доволі оптимістично оцінювати потенційні ресурси багатьох видів мінеральної сировини (*Fe, Mn, Al, Co* тощо).

У зв'язку із обмеженими ресурсами мінеральної сировини великий інтерес представляють відвали розкривних порід і порід відпрацьованих родовищ, відходи гірничо-збагачувальних фабрик і т. п. («техногенних родовищ») тобто реальні або перспективні *вторинні матеріальні ресурси*. Щорічно на земній поверхні накопичується техногенна маса з вмістом заліза – 350, фосфору – 7,4, міді – 5,7, свинцю – 2,8 та барію – 2,5 млн т, урану – 230, миш'яку – 190, ртуті – 7,9 тис т, утилізація яких дозволила б поліпшити екологічну ситуацію в багатьох регіонах [10].

3.5 Біологічні ресурси

Ресурси продуцентів: генетико-видовий склад рослинності і хемопродуцентів (під загрозою зникнення до 10% видів рослин, потрібна їх охорона); рослинна біомаса, в тому числі лісові ресурси (в статистиці біомаса продуцентів глобально знизилася приблизно на 7%, за іншими даними на 20% і більше; господарська продуктивність рослинного покриву не відповідає сучасним потребам господарювання, може бути підвищена лише в обмежених масштабах, необхідний перехід на агротехнічні методи виробництва і економне використання, доцільний інтенсивний пошук заміників); системно-динамічні якості фітоценозів як функціональної частини ПС (простежується спрощення до монокультур, що потенційно небезпечно, потрібна регуляція і пильна увага). Властивості в природних системах, включаючи виробництво вільного кисню – нижче природних норм і потреб людства, місцями потрібне відновлення); ботанічні «забруднення» (можуть бути зумовлені випадковою інтродукцією,

локально приносять збиток – амброзія і інше, потрібна увага).

Ресурси консументів: генетико-видовий склад тваринного світу (під загрозою зникнення близько 1000 видів великих і невідоме число дрібних тварин, потрібне збереження реальних і потенційних ресурсів); біомаса консументів (загалом стабільна, але нерідко по-господарському небажані форми заміняють корисні, великих тварин заміняють дрібні, потрібна регуляція і увага); повторна біологічна продуктивність (загалом нижча за бажаний для людей рівень, може бути підвищена, особливо локально); господарська продуктивність консументів (загалом нижча за бажаний для людей рівень, може бути підвищена, має перспективи аква- і марикультури); системні динамічні якості консументної ланки екосистем, як керуючої підсистеми в системах біосфери, недостатньо враховуються і використовуються, штучно придушуються шляхом боротьби з «шкідниками» пестицидами); роль тварин як санітарів, поглиначів хімічних речовин, запилювачів і т. д. (місцями пригнічена, що призводить до економічних збитків – зниження врожайності і т. п.); консументні забруднювачі (можуть бути зумовлені випадковою інтродукцією, регіонально дуже небажані, потрібна пильна увага).

Ресурси редуцентів: генетико-видовий склад редуцентів (генетичні ресурси мікроорганізмів, очевидно, майже не змінені, але питання вивчене слабо, можливе виникнення нових форм, в тому числі небажаних і навіть небезпечних – нових захворювань, руйнівників матеріалів і т. п., потрібна увага); біомаса редуцентів (немає оцінок біомаси редуцентів); фізико-хімічна активність редуцентів з її господарською оцінкою (нижча бажаного рівня - не відбувається самоочищення середовища життя, потрібна пильна увага); системно-динамічні якості підсистеми редуцентів в екосистемах (певно, незмінні); мікробіологічні забруднення, в тому числі вірусні (посилюються, створюють пандемії, але в процесі боротьби з ними придушуються, потрібний повсякденний контроль і напружена боротьба, особливо за допомогою ослаблення культур, перетворення «в друзів» без звільнення екологічних ніш).

Цінність природної біоти в наступному: 1) основа для сільського і лісового господарств; 2) ресурси для медицини; 3) пряма користь (попередження ерозії, запилення, деревина і т. п.); 4) можливість для відпочинку, задоволення естетичних і наукових потреб; 5) комерційні можливості. Зниження цінності біологічних ресурсів відбувається через: руйнування місця мешкання і внаслідок відчуження земель, забруднення, надмірної експлуатації, інтродукції нових видів, поєднання негативних факторів деградації середовища.

Інтегральним показником ресурсно-екологічної кризи слід вважати зміну генетичного фонду біосфери. *Біологічне різноманіття* планети вже давно знаходиться під загрозою збіднення та зникнення. Всупереч поширеній думці, ця проблема актуальна не лише у далеких тропіках, а й у

нашій країні. Втрати його можуть призвести до незворотних наслідків не тільки для екосистем, а і для самих нас. Вважається, що на нашій планеті 8,7 млн. (плюс-мінус 1,3 млн.) видів живих організмів, і 80% з них до цих пір не відкриті. До такого висновку прийшли вчені, які ретельно вивчили існуючу класифікацію і передбачили її майбутнє. Раніше біологи губилися в здогадах, скільки видів тварин, рослин, грибів, бактерій і вірусів мешкає на нашій планеті. Оцінки розходилися на порядки: від 3 до 100 мільйонів видів. Деякі групи вивчені краще за інших: 72% передбачених наземних рослин (близько 298 тисяч видів) вже задокументовано, у той час як наземних тварин «спіймано» лише 12%, а наземних грибів – і зовсім лише 7%. Діяльність людини серйозно порушила стан довкілля, в тому числі безпрецедентно скоротила частку територій, зайнятих природними екосистемами, що є середовищем існування більшості біологічних видів. Втрата біологічного різноманіття є однією з глобальних екологічних проблем. За даними Міжнародної спілки охорони природи (IUCN), від 10 до 50% добре вивчених вищих таксономічних груп знаходяться під загрозою зникнення, зокрема 23% видів ссавців, 12% – птахів, 25% – хвойних дерев. Ще гострішою є ця проблема для Європи – 43% європейських птахів мають несприятливий охоронний статус, 12% метеликів – дуже рідкісні або значно скоротили свою чисельність, 45% рептилій та 52% прісноводних видів риб знаходяться під загрозою зникнення. Значною є кількість видів, які ще не знаходяться під загрозою, але тим не менше чисельність яких скорочується і які можуть досить стрімко опинитися на межі вимирання. За оцінками фахівців, за останні декілька століть внаслідок людської діяльності темпи зникнення видів зросли майже в 1000 разів, порівняно зі звичайними темпами, характерними для різних етапів історії Землі. Головними факторами впливу людини на біологічного різноманіття є знищення і трансформація природних екосистем, надмірна експлуатація природних ресурсів, забруднення довкілля. Потужним фактором зміни довкілля стали глобальні зміни клімату, що відбуваються внаслідок дії антропогенних чинників. Такі зміни можуть негативно впливати на економіку держав: наприклад, через падіння родючості ґрунтів – на сільське господарство, через зменшення рибних запасів – на рибне господарство, через зміни температур та кількості опадів – на рекреаційно-туристичну галузь тощо.

За даними Міжнародної спілки охорони природи (IUCN) з 1600 р. зникло біля 40 видів ссавців, а більше ніж 120 знаходиться на межі зникнення; зникло 100 видів птахів і 190 їх можуть зникнути; під загрозою зникнення знаходяться 20-25 тис. видів вищих рослин. За даними *Н. Майєрс (Myers, 1980)* в середині 1970-х років на Землі зникав щодня один вид, а в 1990-і роки зникнення одного виду обчислюється однією годиною. Вже на початку XXI ст. може зникнути близько 1 млн. видів від сучасної кількості.

3.6 Комплексна ресурсна група

Кліматичні ресурси. Кліматичними ресурсами називають невичерпні ПР, що включають в себе сонячну енергію, вологу та енергію вітру. Їх не споживають безпосередньо в матеріальній і нематеріальній діяльності люди, не знищують в процесі використання, але вони можуть погіршуватися або поліпшуватися. Природні кліматичні ресурси (існує загроза різкої зміни, необхідна регуляція); видозмінені кліматичні ресурси (видозміни місцевого клімату мають як позитивні (зони агролісомеліорації), так і негативні (міста) сторони, необхідна увага).

Рекреаційні ресурси – це природні умови, об'єкти, явища, які сприятливі для рекреації – відновлення духовних і фізичних сил, витрачених під час праці, навчання, творчості. Природні рекреаційні ресурси – оптимум повсякденних умов для життя людей (загалом благополучні, крім окремих місць, особливо в урбанізованих регіонах, потрібна регуляція); ресурси відпочинку (відбувається швидке вичерпання ресурсів відпочинку, потрібна увага); лікувальні ресурси (відбувається швидке вичерпання лікувальних ресурсів, потрібна увага і їх охорона). Природні рекреаційні ресурси України різноманітні. До найважливіших рекреаційних ресурсів України на сьогодні належать біокліматичні, бальнеологічні (мінеральні води всіх основних бальнеологічних груп), лікувальні грязі, озокерити, ландшафтні, пляжні, пізнавальні.

Антропоєкологічні ресурси – це природно-осередкові епідемії і трансмісивні захворювання (ведеться успішна боротьба, можливе виникнення осередків нових типів, потрібна пильна увага); соціально-антропоєкологічні ресурси (соціальне середовище ускладнюються, зростають стреси, потрібна особлива увага); генетичні ресурси людства (напружені, місцями близькі до вичерпання і спостерігається генетичне виродження – руйнування генофонду).

Пізнавально-інформаційні ресурси – це природно-еталонні ресурси (поступово зникають, потрібна увага, по можливості необхідне відновлення); природно-історичні інформаційні ресурси (деградують, необхідне збереження і підтримка, при можливості відновлення). До цих ресурсів належать території і об'єкти *природно-заповідного фонду* (ПЗФ). ПЗФ України – це ділянки суші і водного простору, природні комплекси та об'єкти, які мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища. До ПЗФ України належать: природні території та об'єкти – природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, а також штучно створені

об'єкти – ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. За роки незалежності площа ПЗФ України зросла більш ніж удвічі. На сьогодні існує понад 8400 об'єктів ПЗФ, загальна площа яких охоплює 6,8% території України.

Ресурси простору і часу. Ресурси простору (територіального, водного і повітряного, включаючи найближчий космос; спостерігається переагушення населення, засмічення навіть найближчого космічного простору, потрібна увага); ресурси часу є одним з самих дефіцитних ресурсів, людство не встигає реагувати на зміни середовища, що створюються ним же, виникає загроза глобального дисхроноза (порушення біологічних ритмів) історичного розвитку; ресурси загального екологічного балансу (ресурси близькі до вичерпання, необхідна особлива увага).

Як справедливо відмічав *М.Ф. Реймерс* (1994), в цілому, спостерігається ресурсна напруженість і необхідне формування системного ресурсного мислення. У цих умовах особливо важливу роль має оптимізація методів використання ПР.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке енергетичні ресурси?
2. Що таке невідновлювані енергетичні ресурси?
3. Що таке відновлювані енергетичні ресурси?
4. Що таке традиційні енергетичні ресурси?
5. Які переваги і недоліки геліоенергетики?
6. Які переваги і недоліки вітроенергетики?
7. Які можливості використання енергії морських припливів і відпливів?
8. Які можливості використання енергії морських хвиль та течій?
9. Які переваги і недоліки гідроенергетики?
10. Що таке геотермальна енергія і які можливості її використання?
11. Які переваги і недоліки біоенергетики?
12. Які переваги і недоліки виробництва біопалива?
13. Які переваги і недоліки використання нафти та нафтопродуктів?
14. Які переваги і недоліки використання природного газу?
15. Які проблеми використання сланцевого газу?
16. Які перспективи використання метану вугільних пластів?
17. Що таке газогідрати і які перспективи їх використання?
19. Які проблеми використання вугілля?
20. Які проблеми використання горючих сланців?
21. Які проблеми використання торфу?
22. Які переваги і недоліки атомної енергетики?
23. Які особливості енергетичних ресурсів України і можливості їх використання?

24. Які особливості і можливості використання газово-атмосферних ресурсів?
25. Які особливості і можливості використання водних ресурсів?
26. Які особливості і можливості використання ґрунтово-геологічних ресурсів?
27. Які особливості і можливості використання біологічних ресурсів?
28. Які складові комплексної групи ресурсів?
29. Які особливості і можливості використання рекреаційних ресурсів?
30. У чому суть ресурсів простору і часу?

4 ОСНОВНІ ЗАКОНИ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Основні закони ПК навряд чи можна розглядати у відриві від численних екологічних принципів і концепцій. У роботі Ю. Одума (1986) їх нараховується 66, в словнику Т.І. Дедю (1990) – 58 законів, 40 правил і 36 принципів, в словнику-довіднику М.Ф. Реймерса (1990) – 70 законів, 28 правил і 27 принципів. Загальне число різних законів, правил, принципів, аксіом складає близько 250 (М.Ф. Реймерс, 1994).

Нижче дається стисла характеристика лише деяких законів (правил), які показують важливість оптимізації природокористування.

Закон внутрішньої динамічної рівноваги. Відноситься в рівній мірі як до екосистемних законів, так і до законів ПК, оскільки з цього закону витікають важливі для практики наслідки, тобто він є вузловим положенням в ПК. Суть закону зводиться до наступного: речовина, енергія, інформація і динамічні якості окремих ПС (в тому числі і екосистем) і їх ієрархії взаємопов'язані настільки, що будь-які зміни одного з цих показників викликають супутні функціонально-структурні кількісні і якісні зміни, які зберігають загальну суму речовинно-енергетичних, інформаційних і динамічних якостей систем, де ці зміни відбуваються, або в їх ієрархії. Цей закон є одним з дороговказних в управлінні ПК. Дія його доводиться практикою нераціонального ПК і характером екологічних катастроф (Приаралля, Азовське море, Кара-Богаз-Гол та інші). Із цього закону випливає декілька наслідків (М.Ф. Реймерс, 1990).

1. Будь-яка зміна середовища (речовини, енергії, інформації, динамічних якостей ПС) неминуче призводить до розвитку природних ланцюгових реакцій, що йдуть у бік нейтралізації зробленої зміни або формування нових ПС, утворення яких при значних змінах середовища може прийняти безповоротний характер. Під ланцюговою реакцією в природі розуміється ланцюг природних явищ, кожне з яких спричиняє за собою зміну інших, пов'язаних з ним явищ. Наприклад, вирубаня лісу в басейні ріки, яка впадає в озеро, призводить до усихання малих річок, зниження рівня ґрунтових вод, зменшення вологості ґрунту, зниження рівня води в річці і озері, а це разом з іншими факторами веде до нестачі води в місті, загибелі риби, розвитку синьо-зелених водоростей і інших гідробіонтів, до евтрофікації водних об'єктів тощо. Будівництво дамби з метою накопичення води в річці і іригаційній мережі для нормального зволоження ґрунтів не вирішує проблеми підтримки рівня ґрунтових вод; навпаки, витрата води на випаровування в зрошувальних системах і з поверхні водосховища посилює нестачу річкового стоку в озеро, затримує твердий стік, спричиняє заболочування місцевості, а іригація – додаткове засолення ґрунтів і подальші негативні впливи іригаційних вод на водні

об'єкти. У відповідності з принципами Ле Шательє–Брауна речовинно-енергетичні, інформаційні і динамічні зміни відбуваються в напрямі, що забезпечує збереження загальної їх суми, тобто її стійкість. Якщо антропогенне навантаження перевищить здатності ЕС до саморегуляції і принцип Ле Шательє–Брауна перестане діяти, то це може привести до загибелі всієї ЕС (наприклад, вважається, що для підриву стійкості БС досить втратити 20-30% видів). При зовнішньому впливі, що виводить систему з стану стійкої рівноваги, ця рівновага зміщується в тому напрямі, при якому ефект зовнішнього впливу ослаблюється. Наприклад, розораний луг через деякий час при відсутності подальшого антропогенного впливу повертається до природного початкового стану, тобто відбувається нейтралізація проведених змін; при сильному забрудненні озеро позбавляється можливості до самоочищення, починаються процеси, які приводять до формування болота – нової ПС. Дія принципу Ле Шательє–Брауна в наші дні глибоко порушена. Якщо наприкінці ХІХ століття ще відбувалося збільшення біологічної продуктивності у відповідь на зростання концентрації CO_2 в атмосфері, то з початку ХХ сторіччя цього не відбувається. Навпаки, біота викидає CO_2 , а її біомаса автоматично знижується. У цих умовах відновлення принципу можливе лише за рахунок скорочення антропогенно-змінених площ.

2. Взаємодія речовинно-енергетичних екологічних компонентів (енергія, гази, рідини, субстрат, організми), інформації і динамічних якостей ПС кількісно нелінійна, тобто слабкий вплив або зміна одного з показників може викликати сильні відхилення в інших (і у всієї ПС загалом). Наприклад, незначні відхилення в складі газів атмосфери, її забруднення SO_2 і NO_x приводять до утворення кислотних опадів, а останні – до змін в екосистемах суші і водного середовища. Незначне збільшення концентрації CO_2 веде до парникового ефекту.

3. Зміни в великих ПС відносно безповоротні. Проходячи по їх ієрархії знизу вгору, від місця появи до БС загалом, вони міняють глобальні процеси і тим самим переводять їх на новий еволюційний рівень. Згідно *закону еволюційно-екологічної незворотності*, – ЕС (ПС), що втратила частину своїх елементів чи замінилася на іншу внаслідок дисбалансу компонентів, не може повертатися у свій вихідний стан. Наприклад, зміни хімічного складу атмосфери, її температури, вологості, освітленості та інших параметрів призводять до виникнення нових, більш пристосованих до нових умов ЕС (ПС), тобто направляють еволюцію БС. При цьому ЕС (ПС) не може повернутися до колишнього стану (навіть при встановленні вихідних умов середовища), як і організм (вид, популяція) не в змозі повторити повністю своїх предків або повернутися від старості до народження (згідно із законом безповоротності еволюції Л. Долло).

4. Будь-яке місцеве перетворення природи викликає в БС і її найбільших підрозділах реакції, що призводять до відносної незмінності

еколого-економічного потенціалу (правило «тришкіна кафтана»), збільшення якого можливе лише шляхом значного зростання енергетичних внесків (згідно із законом зниження енергетичної ефективності ПК). Поки зміни незначні і відбулися на відносно невеликій площі, вони обмежуються конкретним місцем або «гаснуть» у ланцюгу ієрархії ПС. Як тільки втручання перевищують певну межу, ПС втрачають здатність до саморегуляції і відновлення, що призводить до значного порушення балансу на великих територіях і в усій БС. Якщо ці зрушення гаснуть в ієрархії ПС і не викликають термодинамічного розладу, положення сприятливе або, у всякому разі, терпиме. Проте зайве вкладення енергії та виникаючий в результаті речовинно-енергетичний розлад, ведуть до зниження природно-ресурсного потенціалу аж до опустелювання території, що відбувається без компенсації. Як образно відмічає *М.Ф. Реймерс* (1990), «чим більше пустель ми перетворимо на квітучі сади, тим більше квітучих садів ми перетворимо на пустелю». При цьому, в силу нелінійності процесів, опустелювання за темпами значно випереджає створення «квітучих садів».

Штучне зростання еколого-економічного потенціалу обмежене термодинамічною (тепловою) стійкістю ПС (згідно з правилом одного проценту). Зрушуючи динамічно-рівноважний стан ПС за допомогою значних вкладень енергії (наприклад, шляхом оранки та інших прийомів) для збільшення одержуваної корисної продукції (врожаю), або створення сприятливого для життя і діяльності людини стану середовища, люди порушують співвідношення енергетичних компонентів.

Закони Баррі Коммонера. Відомий американський еколог *Баррі Коммонер* (1974) сформулював закони екології вигляді афоризмів.

– *Усе пов'язано з усім* – стверджує загальний зв'язок процесів і явищ в природі та суспільстві. Одним із наслідків дії цих взаємозв'язків є те, що будь-які зміни в природі прямо чи опосередковано впливають на людину чи на все суспільство;

– *Усе має кудись подітися* – свідчить про дію закону збереження речовини в природі. У БС існує баланс швидкостей синтезу живої речовини та її розкладання; у певному розумінні вона є замкнутою системою. В природних ЕС (ПС) продукти життєдіяльності одних організмів споживаються іншими, що є причиною замкнутості біогеохімічних циклів, а відходи виробництва і споживання людства не вписуються в природні біохімічні цикли і є причиною їх розірваності і порушення екологічного стану на окремих територіях.

– *Природа знає краще* – все, що створено природою, яка пройшла тривалий шлях еволюції, є досконалішим і більш довершеним, ніж будь-які конструкції, створені людиною, тобто «природа знає краще, що робити, а люди повинні вирішувати, як зробити це якомога краще». У ПС все дуже доцільне і функціональне, а тому безвідповідальне втручання в

механізми природного самоврядування порушує хід природних процесів і знищує ПС.

– *Ніщо не дається задарма* – за всі втручання в природу доведеться розплачуватись рано чи пізно. Людина не може необмежено використовувати ПР, спричиняти своїми діями негативні зміни компонентів природи, деградацію ландшафтів, забруднення навколишнього середовища.

Закон обмеженості природних ресурсів. Уявлення про наявність на Землі «невичерпних» ПР помилкове і надзвичайно шкідливе щодо його практичного використання як вихідного положення для планування майбутнього і стратегічних цілей. Ті ресурси, які здаються «невичерпними» (наприклад, потік сонячної енергії) в порівнянні з енергоспоживанням людства, виявляються різко обмеженими через ліміти вимог. Навіть сонячна радіація є обмеженим ПР тому, що через 7-8 млрд. років Сонце перетвориться на «білий карлик» і закінчить свою еволюцію. Енергетику тропосфери, як сказано вище, не можна збурювати більш ніж на тисячні частки енергопотоків поглинання атмосферою і земною поверхнею. Згідно із законом обмеженості (вичерпності) ПР, всі ПР кінцеві. Оскільки Земля представляє собою природно обмежене ціле, то на ній не можуть існувати нескінченні частини. Обмеженість ПР виникає або внаслідок прямої вичерпності, або внаслідок збурення середовища мешкання, яке стає непридатним для господарювання і життя людини. Обмеженість ПР, включаючи в це поняття і природні умови розвитку людства в історичному процесі, не може не впливати на продуктивні сили суспільства, а через них і на соціальні відносини.

Закон відповідності між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного прогресу. Кризові ситуації виникають не тільки при дисбалансі продуктивних сил і виробничих відносин, але і при дисбалансі продуктивних сил і ПРП. Це в результаті служить зовнішньою причиною суспільного розвитку, який неодноразово зазнає екологічних випробувань. Як відмічає М.Ф. Реймерс (1994), *перша антропогенна екологічна криза* була пов'язана з мисливським винищенням великих тварин «мамонтової фауни», *друга* – з перепромислом рослинного матеріалу, а *сучасна екологічна криза* – кризою редуцентів (на рівні з рисами всіх попередніх криз). Редуценти не спроможні розкласти весь спектр забруднювачів, що виробляються людством, особливо тих, що не мають природних аналогів, а тому не мають і мікроорганізмів для їх утилізації і перетворення в початкові хімічні елементи.

Правило інтегрального ресурсу. Конкуруючи в сфері використання конкретних ПС галузі господарства, неминуче завдають збитку один одному і тим сильніше, чим значніше вони змінюють екологічний компонент, що спільно експлуатується, або всю ЕС загалом (пряме слідство закону внутрішньої динамічної рівноваги). У рамках розподілу

ресурсів на природні, трудові і матеріальні, правило інтегрального ресурсу охоплює всі згадані групи. При цьому трудові ресурси виявляються залученими до інтеграції як біологічно (людина – один з консументів), так і соціально-економічно – через ресурси підтримки екологічної рівноваги і рекреаційні ресурси, а також блок матеріальних ресурсів. В свою чергу матеріальні ресурси тісно пов'язані з природними і трудовими ресурсами, оскільки все, що отримується людством у вигляді матеріальних цінностей, в кінцевому результаті вилучене з природи шляхом докладання праці. У той же час природа служить джерелом інформації, яка нерідко втрачається при нераціональному ПК. Розподіл ПР за ознакою використання вельми умовний, оскільки один і той же ресурс може використовуватися в різних цілях або мати велику естетичну цінність (наприклад, вода). Наприклад, у водному господарстві гідроенергетика, водний транспорт, комунальний сектор, зрошувальне землеробство і рибний промисел пов'язані таким чином, що у найменш вирашному становищі знаходиться рибний промисел; розвиток водного транспорту ускладнює інші способи використання води; відбір води на іригаційні цілі також викликає труднощі у сполучених формах використання вод; скид у водний об'єкт забруднених зворотних вод утруднює використання його з метою рибальства і рекреації і т. д.

Закон падіння природно-ресурсного потенціалу. В межах однієї суспільно-економічної формації чи способу виробництва й одного типу технологій ПР стають все менш доступними і вимагають витрат праці і енергії на їх вилучення, транспортування, а також відтворення. Відповідно до закону падіння ПРП повинен сформуватися світовий ринок ПР, або «екологічний» ринок, що в умовах глобальності впливів людства на природу не можна вважати нормальним. Існує конкурентне використання ресурсів, що стосується як всіх сторін ПС, так і їх окремих компонентів; при цьому конкуренція носить переважно локально-економічний і натуральний характер. У момент наближення ПРП до суспільно неприйнятної рівня, зміниться технологія і зміниться суспільна реакція, тобто сформується нова соціально-економічна формація.

Закон розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища – будь-яка ПС може розвиватися лише за умови використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей довкілля; абсолютно ізольований саморозвиток неможливий. Із цього закону випливає декілька наслідків: 1) абсолютно безвідходне виробництво неможливе; 2) будь-яка біотична система, використовуючи та видозмінюючи своє життєве середовище, є потенційною загрозою для більш високоорганізованих систем (завдяки цьому в БС неможливе нове зародження життя – воно буде знищене організмами більш високоорганізованими, ніж первісні форми живого); 3) БС як система

розвивається не тільки за рахунок ресурсів планети, але й опосередковано, за рахунок і під впливом розвитку космічних систем.

Закон зниження ефективності природокористування. Діє він в рамках закону падіння ПРП. У процесі еволюції людства при отриманні з ПС корисної продукції на її одиницю витрачається все більше енергії, а енергетичні витрати на життя однієї людини весь час зростають. Витрата енергії (в тис. ккал за добу) в кам'яному віці була порядку 4, в аграрному суспільстві – 12, в індустріальну епоху – 70, в сучасних розвинених країнах – 23-250, тобто приблизно в 60 разів більша ніж у наших далеких предків. З початку ХХ сторіччя кількість енергії, що витрачається на одиницю сільськогосподарської продукції в розвинених країнах світу, зросла в 8-10 разів, а на одиницю промислової продукції в 10-12 разів. Загальна енергетична ефективність сільськогосподарського виробництва в промислово розвинених країнах приблизно в 30 разів нижча, ніж при примітивному землеробстві. Наприклад, у США 1 склянку молока отримують за рахунок витрати 0,5 склянки дизельного палива (вкладають 10 ккал, а отримують 1 ккал корисної продукції). Практичний висновок із закону, що розглядається: зростання енергетичних витрат не може продовжуватися нескінченно. Щоб запобігти можливій термодинамічній кризі, необхідні нові технології і оптимальні методи ПК.

Закон оптимальності і правило міри перетворення природних систем. Згідно із законом оптимальності, з найбільшою ефективністю будь-яка система функціонує в деяких характерних для неї просторово-часових межах, тобто ніяка система не може звужуватись або розширюватись до нескінченності. Розмір системи повинен відповідати функціям, що виконуються нею («характерний» розмір системи). Наприклад, щоб літати, птах не може бути дуже великим; щоб народжувати живих дитинчат і годувати їх молоком, самиця ссавця не може бути ні мікроскопічною, ні гігантською; імперії, страждаючі «синдромом динозавра», приречені на розпад. Екологічна криза посилюється за рахунок спроб докорінних перетворень ПС за допомогою технічних пристроїв. При цьому не дотримується закон оптимальності і правило міри перетворення ПС, яке витікає з нього, а також і обмежень, що диктуються окремими закономірностями і властивостями природних утворень. При цьому провокуються неминучі ланцюгові реакції технічного управління природними процесами.

Закон максимальної урожайності. При найсприятливішому поєднанні обставин на даному сільськогосподарському полі розглядуваний закон буде складений правилами територіальної і компонентної екологічної рівноваги та законом оптимальності. Вище за рівень, що диктується цими закономірностями, урожай отримати неможливо при будь-якому хитруванні, якщо не перейти від відкритих систем господарювання до закритих типів.

Закон максимуму. Суть закону максимуму зводиться до наступного: в даному географічному місці за існуючих природних (а частіше за природно-антропогенних) умов, ПС може утворити біомасу і мати біологічну продуктивність не вищу за властиву – найпродуктивнішим її елементам в їх ідеальному поєднанні. Подальше стимулювання веде лише до руйнування її структур. Перенапруження будь-якої ПС в кінцевому підсумку веде до її саморуйнування. Проводячи аналогію з посудиною, потрібно зазначити, що не можна її наповнити вище максимального об'єму.

Правило територіальної екологічної рівноваги. Лише природні ПС забезпечують стабільність, стійкість і надійність біосфери і її складових. У роботах Ю. Одума, Г. Одума (1972) показано, що максимальний урожай (а ширше, еколого-соціально-економічний ефект), може бути отриманий при певному поєднанні площ, перетворених людиною, і природними ПС. Доцільна екологічна рівновага (100% цінностей, що отримуються) виникає при співвідношенні 40% площ перетворених і 60% площ природних земель. очевидно, як мінімум, співвідношення перетворених і практично незмінених площ повинне бути 1:1. Правило територіальної екологічної рівноваги складає єдиний логічний блок із законом оптимальної компонентної доповненості (максимум біопродуктивності і урожаю лімітований оптимальним поєднанням екологічних компонентів). Будь-який допінговий вплив ефективний доти, поки є доповнюючі його сприятливі екологічні чинники. Поза цією взаємодією подальше вкладання енергії, мінеральних добрив і т. д. руйнують ПС і не дають позитивних результатів.

Закон спадаючої природної родючості. Одне з трактувань закону спадаючої родючості: у зв'язку з постійним добуванням урожаю, а тому вилученням органіки і хімічних елементів (біогенів) з ґрунту, порушенням природних процесів ґрунтоутворення, а також при тривалій монокультурі, внаслідок накопичення токсичних речовин, які виділяються рослинами (самоотруювання ґрунту), на землях, що культивуються, відбувається зниження природної родючості ґрунтів. До такого ж результату веде нераціональна агротехніка, що викликає ерозію ґрунтів, вимивання з них колоїдів і дрібнозему. Хоча деякі культури (кукурудза та інші) не виділяють токсичні для себе речовини, вони погано оберігають ґрунт від ерозії. В наш час близько 50% орних земель світу втратили родючість, а з інтенсивного сільськогосподарського обороту вибуло стільки ж земель, скільки зараз обробляється (в 80-і роки втрачалось 7 млн. га на рік).

Закон зниження природоємності готової продукції. Збільшення наукоємності і енергоємності суспільного виробництва приводить в дію два позитивних процеси, що формулюються у форматі розглядуваного закону: питомий вміст природної речовини в усередненій одиниці суспільного продукту історично неухильно знижується. Діє в

землеробстві, оскільки відбувається заміна природної родючості штучною, а відкритого ґрунту закритим; площа полів зменшується, а урожай збільшується. Зростає мініатюризація виробів (ПЕОМ та інших), відбувається заміна ресурсоемних технологій ресурсозберігаючими.

Закон збільшення темпів обороту природних ресурсів, що залучаються. Суть закону: в історичному процесі розвитку світового господарства швидкість оборотності залучених ПР (вторинних, третинних і так далі) безперервно зростає на фоні відносного зменшення об'ємів їх використання і залучення до суспільного виробництва (відносно зростання темпів самого виробництва). Наприклад, місцями навіть питна вода вже не має природного походження, а є продуктом реутилізації. Збільшення замкненості природних циклів, яке мало місце в процесі еволюції БС, охоплює і антропогенну складову. Але вигреш в природній речовині гаситься програшем в енергії згідно із законом зниження енергетичної ефективності ПК. Зниження питомого споживання речовини відбувається в тих областях, де різко збільшується наукоємність.

Питання для самоконтролю:

1. У чому суть закону внутрішньої динамічної рівноваги?
2. Які основні наслідки закону внутрішньої динамічної рівноваги?
3. Перелічіть закони Б. Коммонера.
4. У чому суть закону обмеженості природних ресурсів?
5. У чому суть закону відповідності між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного прогресу?
6. У чому суть закону відповідності між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом суспільного прогресу?
7. У чому суть правила інтегрального ресурсу?
8. У чому суть закону падіння природно-ресурсного потенціалу?
9. У чому суть закону розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища?
10. У чому суть закону зниження ефективності природокористування?
11. У чому суть закону оптимальності і правила міри перетворення природних систем?
12. У чому суть закону максимальної урожайності?
13. У чому суть закону максимуму?
14. У чому суть правила територіальної екологічної рівноваги?
15. У чому суть закону спадаючої природної родючості?
16. У чому суть закону зниження природоємності готової продукції?

5 ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ ПРИРОДНИМИ СИСТЕМАМИ

Управління – елемент, функція організованих систем різної природи (біологічних, соціальних, технічних), що забезпечує збереження їх певної структури, підтримку режиму діяльності, реалізацію програми, мети діяльності. За визначенням *М.Ф. Реймерса* (1990), управління – це організація (або самоорганізація) зв'язків між якимисьь складовими, що призводить до намічених результатів (або саморегуляції). Ґрунтується на необхідній інформації і направлене на підтримку або поліпшення функціонування керованої сукупності. Проводиться на базі природно виробленої або штучно створеної програми (послідовності дій для розв'язання задачі або послідовності подій, що приводить до певного результату).

У ПС існує *самоврядування* – природна самоорганізація взаємозв'язків всередині ПС, яка веде до її гомеостазу (стану внутрішньої динамічної рівноваги). Здатністю до самоврядування володіють всі ПС, але здійснюється воно в різних формах (консорціонна, організменна, популяційна) і згідно з об'єктивними законами, правилами і принципами (*М.Ф. Реймерс*, 1994).

Самоврядування в ході ПК складно взаємодіє з *штучним управлінням* ПС, тому результуючий процес може різко відрізнитися від наміченого (від програми). Частіше за все виникають протиріччя в зв'язку з різною «стратегією» природи і людини. Природні процеси спрямовані на досягнення вищої біомаси (вираженої в одиницях маси або енергії) при оптимумі різноманітності і мінімумі біологічної продуктивності (біомасі, що виробляється біоценозом за одиницю часу на одиницю площі). Людина прагне до максимальної корисної продукції (наприклад, до урожаю) при мінімумі різноманітності (монокультурі) і загальної біомаси. Вона прагне до отримання максимуму біомаси в корисних частинах рослин і тварин або до переважання повторної біомаси (домашніх тварин). Будучи егоцентричною, людина впадає в оману і вважає, що одомашнювала інший організм шляхом штучного відбору, віна просто «підкоряє» природу своїй меті. Насправді ж одомашнення – це палиця з двома кінцями і викликає у людини такі ж зміни (якщо не генетичні, то, у всякому разі, екологічні та соціальні), як і у одомашненого організму. Тому людина в тій же мірі залежить від кукурудзи, в якій кукурудза залежить від людини. Суспільство, господарство якого побудовано на культивуванні кукурудзи, розвивається в культурному відношенні абсолютно по-іншому, ніж суспільство, зайняте пасовищним скотарством. Ще питання, хто у кого в рабстві. Для ПС сорт культурних рослин або порода домашніх тварин представляють сукупність аномальних, генетично дуже однорідних і біологічно погано пристосованих утворень, що підлягають знищенню в ході самоврядування ПС. При оптимізації ПК необхідно враховувати цю

обставину. Суперечність між «інтересами» ПС і людини знімається агротехнічними і іншими методами, доглядом за окультуреними ЕС і екологічною оптимізацією території, що зберігає завдяки цьому природно-антропогенну рівновагу певного рівня. Екологічно доцільна рівновага – це природно-антропогенна рівновага, яка підтримується на рівні, що дає максимальний еколого-соціально-економічний ефект протягом умовно нескінченного часу. Як правило, його індикатором служить здатність ЕС в ході сукцесії досягати вузлових співтовариств.

Штучне управління ПК повинно базуватися на наступних принципах 1) управління повинно бути направлене на досягнення певної мети (цільова функція); 2) необхідно знати позитивні і негативні реакції керованої сукупності на вже проведені акції управління (урахування поточних реакцій); 3) важливе урахування об'єктивних обмежень ПРП і ЕЕП (урахування обмежень); 4) доцільно направляти всі процеси на виникнення бажаних матеріально-енергетичних зворотних зв'язків з посиленням досягнутого позитивного ефекту (наприклад, якщо число жертв-риб росте, то чисельність хижаків збільшується – позитивний зворотний зв'язок, але хижаки-риби, харчуючись рибами-жертвами, знижують їх чисельність – негативний зворотний зв'язок; при зростанні числа хижаків меншає число жертв, і хижаки, відчуваючи дефіцит їжі, також зменшують чисельність своєї популяції); 5) управління повинно бути ієрархічно організоване, що в свою чергу вимагає, щоб: а) дії нижчого рівня гармонійно комплектували вищестоячі по просторово-часовій ієрархії, б) вищі рівні ієрархії (по значущості в просторово-часовій розмірності) не перешкоджали функціонуванню нижчих, в) число рівнів управління зводилося до мінімуму; 7) управління повинне бути оптимальним (згідно із законом оптимальності і іншими закономірностями); 8) управління доцільно організовувати на базі адекватної (цілком відповідної) управлінської форми; 9) ефективність управління вимагає відповідності цілям, як даного заходу, так і всіх інших суспільно необхідних дій з підсумовуванням позитивних результатів в бажаних розмірах; 10) управлінські рішення повинні бути своєчасними, без фізично і морально застарілих дій; 11) управління завжди прогнозоване, враховує еколого-соціально-економічні наслідки на велику глибину у часі і засноване на багатоваріантному аналізі можливих ситуацій; 12) система управління повинна бути адаптивною, тобто змінювати свою структуру і способи функціонування відповідно до набутого досвіду роботи, зміни зовнішніх умов і цілей управління.

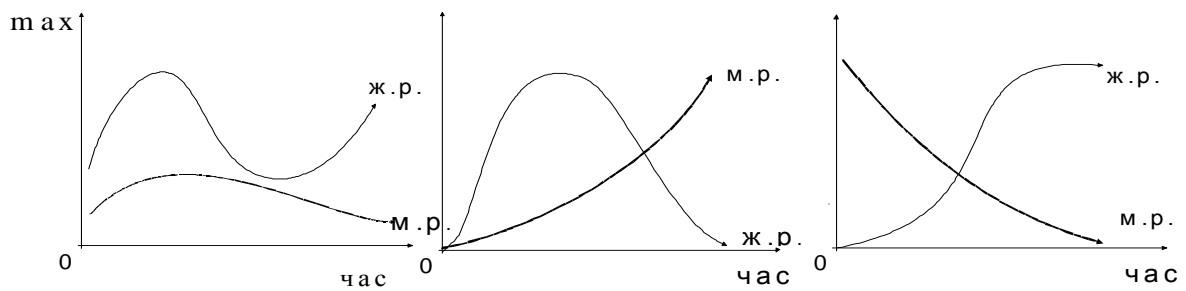
Особливо необхідно зупинитися на принципі адекватності. Розрізняють «жорстку» і «м'яку» форми управління.

«Жорстке» управління – безпосереднє, командне управління ПС, як правило, технічні і техногенні впливи на природні процеси, їх «виправлення» шляхом корінного перетворення самих механізмів і систем

природи. Прикладів «жорсткого» впливу на ПС більш ніж досить (суцільне вирубаня лісу, освоєння цілих земель, будівництво гребель на річках, перекидання вод із одного річкового басейну в інший, іригаційні системи та інше). «Жорстке» управління природними процесами може мати ланцюгові природні реакції, значна частина яких є еколого-соціально-економічно неприйнятними в тривалому інтервалі часу (правило неминучих ланцюгових реакцій). Це пов'язано, насамперед, із тим, що грубе втручання в механізм самоврядування ПС викликає дію закону внутрішньої динамічної рівноваги та значне збільшення енергетичних витрат на підтримку природних процесів (підсилює дію закону зниження енергетичної ефективності ПК). У зв'язку із зазначеним, «жорсткі» управлінські рішення потребують суттєвих компенсацій або повинні впроваджуватись з величезною обережністю та обачливістю. Це пов'язано з тим, що інформація при проведенні активних змін у природі завжди є недостатньою для апріорних висновків про всі можливі наслідки (особливо у далекій перспективі) здійснюваного заходу (принцип неповноти інформації). У свою чергу, це пов'язано з виключною складністю ПС, їх індивідуальною унікальністю та неминучістю ланцюгових реакцій, напрямок яких нерідко важко передбачити.

Для зменшення ступеню невизначеності, особливо при експертизі проектів, моделювання слід доповнювати безпосередніми дослідженнями у природі, натурними експериментами та з'ясуванням існуючої динаміки природних процесів. Принцип неповноти інформації представляє собою важливе обмеження у використанні методу аналогій в екологічному прогнозуванні, бо аналогія завжди неповна через індивідуальність ПС, до того ж, як правило, будь-який ступінь передбачення не знімає загрози дії 4-го наслідку закону внутрішньої динамічної рівноваги. Правило неминучих ланцюгових реакцій доповнюється принципом природності, або «старого автомобіля» (з часом еколого-соціально-економічна ефективність технічних пристроїв, що забезпечують «жорстке» управління природними системами та процесами, зменшується, а витрати на їх підтримку – збільшуються).

В той же час м'яке управління, як правило, дозволяє підтримувати ПС у рівновазі на протязі будь-якого часу. З цього випливає необхідність поєднання типів управління природою та пріоритет «м'якого» управління перед «жорстким» у господарській діяльності. «Жорстке» управління базується на штучному перенапруженні і граничному омолодженні ПС, дає високий, але тимчасовий господарський ефект і в кінцевому рахунку веде до підриву ПРП. У зв'язку з цим воно вимагає заходів для підтримки екологічної рівноваги, здійснюваних головним чином шляхом «м'якого» управління. Більш низькі початкові витрати «жорсткого» впливу на ПС породжують ланцюг збитків, які потребують потім великих витрат на їх ліквідацію (рис. 5.1).



капіталовкладення

віддача

негативні наслідки

Рисунок 5.1 – Схема витрат, ефективність і зміна негативних наслідків з часом при «м'якому» (м.р.) і «жорсткому» (ж.р.) управлінні

«М'яке» (опосередковане, напрямне, що відновлює екологічну рівновагу) управління природними процесами, як правило, здатне викликати бажані природні ланцюгові реакції і тому соціально-економічно краще «жорсткого» (техногенного). Воно направлене на відновлення колишньої природної продуктивності ЕС або підвищення її шляхом цілеспрямованої і заснованої на використанні об'єктивних законів ПК серії заходів, що дозволяють направляти природні ланцюгові реакції в «м'яку» сприятливу для економіки і життя людей сторону. На відміну від «жорсткого» управління, «м'яке» управління, усвідомлене на відновленні колишньої природної біологічної продуктивності ЕС або її підвищення шляхом цілеспрямованої та заснованої на використанні об'єктивних законів природи серії заходів, дозволяє спрямовувати природні ланцюгові реакції у сприятливий для господарства та життя людей бік. Прикладом може бути зіставлення двох форм ведення лісового господарства – суцільнососечної («жорстка» дія) і вибіркової рубки («м'яка» дія).

Вважається економічно більш рентабельною суцільна рубка, коли він за один прийом забирається вся деревина. При вибірковій рубці виникає багато ускладнень технічного порядку, і тому деревина виявляється дорожчою. При цьому передбачається, що на суцільних лісосіках ліс можна і потрібно відновлювати шляхом масової посадки (і цей захід обходиться в цілому недорого). Однак при суцільних рубках поступово втрачається саме лісове середовище, що веде до падіння рівня водності річок, в інших місцях – до заболочування, заростання лісосіки нелісовими видами рослин, що перешкоджають росту лісу, до виникнення вогнищ розмноження шкідників лісу (див. Правило внутрішньої несуперечності) наслідків. Нижчі початкові витрати «жорсткого» заходу дають ланцюг збитків, які потім вимагають великих витрат з їхньої ліквідацію. Навпаки, при вибірковій рубці управління відновленням лісу

полегшується через збереження лісового середовища. Підвищені початкові витрати поступово окупаються внаслідок запобігання збиткам. Аналогічний приклад можна навести зі створенням і підтримкою іригаційної мережі на цілих землях. Перехід від «м'яких» до «жорстких» форм впливу доцільний лише при одночасній заміні екстенсивних форм господарювання гранично інтенсивними і, як правило, в межах відносно коротких інтервалів часу. У довгостроковій перспективі ефективно лише «м'яке» управління природними процесами.

Різні форми по-справжньому розумної меліорації перш за все ґрунтуються на «м'якому» управлінні природою. При цьому, згідно з другим наслідком Закону внутрішньої динамічної рівноваги, можна викликати сильніші позитивні зміни, ніж екологічні заходи, що проводяться для цілого «м'якого» управління. Перехід від «м'якого» до «жорсткого» управління природою доцільний лише за одночасної заміни екстенсивних форм господарства гранично інтенсивними і, зазвичай, у межах щодо коротких інтервалів часу. У довгостроковій перспективі ефективно лише «м'яке» управління природними процесами.

Прикладами заходів «м'якого» впливу на ПС також є: агролісомеліорація, крапельне зрошення земель, малі гідроелектростанції, біологічний захист агроценозів, органічне землеробство тощо.

Управління ПК ґрунтується на певних принципах і підходах використання ПР. До них відносяться: комплексність, повнота вилучення та переробки ПР, ресурсозбереження, планування і прогнозування їх споживання.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке управління ?
2. У чому суть самоврядування природних систем?
3. У чому суть штучного управління природними системами?
4. Які принципи штучного управління природними системами?
5. У чому суть «жорсткого» управління природними системами?
6. У чому суть «м'якого» управління природними системами?
7. Наведіть приклади «жорсткого» і «м'якого» управління природними системами.

6 ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Відомо, що термін – *сталий розвиток* (від англ. *sustainable development* – сталий розвиток) був запропонований в 1987 р. Міжнародною комісією ООН з навколишнього середовища і розвитку, яку очолила *Гро Харлем Брутланд*. Програма сталого розвитку (СР) була підтримана багатьма вченими, а також використана в Декларації конференції по навколишньому середовищу і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992). Наприкінці 1980-х рр. в науковій літературі значно поширився цей термін. Під «сталим» стали розуміти безперервний, постійно підтримуваний (відновлюваний) розвиток, що задовольняє потреби людей, що нині живуть і не ставить під загрозу збереження таких можливостей у майбутніх поколінь, що передбачає передачу їм життєзабезпечення ресурсів в обсязі, не меншому, ніж у попередніх. Іншими словами, умови життя людини повинні покращуватися, а вплив на довкілля залишатися в межах екологічної ємності біосфери, не призводити до її деградації. Зараз є більше 60 визначень сталого розвитку, серед яких найбільш поширене визначення, дане в доповіді «Наше спільне майбутнє» Комісії ООН: «Сталий розвиток – це такий розвиток, за якого задоволення потреби теперішніх поколінь не має ставити під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти свої потреби». Концептуальна складність у тому, що саме поняття включає у собі як стійкість, і розвиток. Багато фахівців вважають таке поєднання взаємовиключним: якщо йдеться про розвиток, стабільності бути не може. Розвиток передбачає динаміку системи, постійну зміну її показників: одні можуть зростати, інші навпаки знижуватися. Стійкою можна визнати тільки ту систему, в якій обидва критерії – стабільність та розвиток – не виходять за межі допустимих меж.

Поняття «сталий розвиток» включає три основні складові – екологічну, соціальну та економічну, причому першу їх слід визнати найважливішою. У її основі лежить принцип гармонізації наших потреб із природними можливостями біосфери. Ігнорування цього принципу позбавляє досягнення в економічній та соціальній сферах перспективи та може призвести до ситуації, описаної в документах конференції 1992 р. у Ріо-де-Жанейро: «Ми можемо виявитися останнім поколінням, яке мало шанс врятувати планету». Екологічний підхід до проблеми СР передбачає обов'язкове урахування екологічної ємності біосфери, верхньої та нижньої меж її руйнування в результаті господарської діяльності людства. З екологічної точки зору подолання навіть однієї з цих меж свідчить про початок порушення біотичної регуляції та переходу системи в нестійкий стан, що призводить в кінцевому рахунку до деградації біосфери. Стосовно ПК це, що обсяг споживаних ПР перевищує сумарний обсяг ПР,

відновлюваних за рахунок біотичної регуляції та штучного) відтворення. Отже, СР можливий лише тоді, коли господарська діяльність не виводить природні ЕС за межі її екологічної ємності.

СР – це процес гармонізації продуктивних сил, забезпечення задоволення необхідних потреб усіх членів суспільства за умови збереження й поетапного відтворення цілісності НПС, створення можливостей для рівноваги між його потенціалом і потребами людей усіх поколінь. Основою СР є паритетність відносин у тріаді людина – господарство – природа, що забезпечує перехід до такого способу взаємодії природи і суспільства, який характеризується як епоха ноосфери.

Поняття СР розглядається в політико-правовому, економічному, екологічному, соціальному, міжнародному і інформативному аспектах. Екологічний аспект припускає: забезпечення коеволюції суспільства і природи, людини і біосфери; збереження реальних можливостей не тільки для нинішнього, але і для майбутніх поколінь, задоволення своїх основних життєвих потреб; теоретичну розробку і практичну реалізацію методів ефективного використання ПР; забезпечення екологічної безпеки ноосферного розвитку; розгортання маловідходного, а потім і безвідходного виробництва по замкненому циклу, продуманий розвиток біотехнології; поступовий перехід від енергетики, заснованої на спаленні органічного палива, до альтернативної енергетики, що використовує поновлювані джерела енергії; вдосконалення адміністративних, економічних і правових методів захисту природи; постійну турботу про збереження видової різноманітності біосфери; систематичну еколого-виховну роботу серед населення, особливо серед молоді, яка повинна привести до формування дбайливого відношення громадян до природи, як до власного будинку; розробку і неухильне дотримання вимог екологічного кодексу.

Суть СР може бути представлена двома ключовими моментами: 1) принципом справедливості для майбутніх поколінь; 2) комплексним прийняттям рішень. Перший момент акцентує увагу на дотриманні принципу справедливості відносно використання ПР майбутніми поколіннями. При цьому під СР розуміється такий розвиток, який задовольняє потреби сучасного покоління без ризику для майбутніх поколінь. Ідея СР націлена на затвердження стандартів рівня життя в НПС без зниження його ресурсів. Другий ключовий момент акцентує увагу на необхідності урахування екологічних обмежень при прийнятті економічних рішень.

Найважливішими критеріями СР пропонують визнати два показники: 1) фізичне виживання (не просто залишитися в живих); 2) стабільні умови життєзабезпечення (рівні права на цілісний стан біосфери і її ПР як поколінь нинішніх, так і майбутніх).

Економічний розвиток визначається трьома факторами економічного зростання: трудовими ресурсами, штучно створеними засобами виробництва (фізичним капіталом), ПР. Сучасний тип еколого-економічного розвитку визначається як техногенний, що базується на використанні штучних засобів виробництв, створених без урахування екологічних обмежень. Характерними рисами такого типу розвитку є швидке і виснажуюче використання непоновлюваних видів ПР (передусім корисних копалин) і надмірна експлуатація поновлювальних ПР (родючих ґрунтів, лісів, вод тощо) з швидкістю, що перевищує їх відтворення і відновлення. При цьому завдається економічний збиток, що є вартісною оцінкою деградації ПР і забруднення навколишнього середовища під впливом антропогенних факторів. До 70-х років ХХ сторіччя не вивчалися зворотні зв'язки між екологічною деградацією і економічним розвитком, станом трудових ресурсів, якістю життя населення, бо ПР вважалися невичерпними, тобто існувала позиція фронтальної («ковбойської») економіки, цільова функція якої визначається словами «Не можна чекати милостей від природи, взяти їх у неї – наша задача». Однак, наростання екологічної напруженості (економічний розвиток) стало розглядатися з урахуванням екологічних обмежень і стало складатися уявлення про сумарний соціально-економіко-екологічний збиток при нераціональному використанні ПР. Велике значення для екологізації світової свідомості мали близько 20 доповідей Римського клубу щодо сповільнення зростання і стабілізації чисельності населення планети і, зокрема, доповідь *Д. Медоуза* «Межі зростання» (1972 р.), де відзначалось, що експонентне зростання продуктивних сил стає малоімовірною перспективою далі 2010 р. навіть при розумних заходах по плануванню народжуваності, тому пропонувалося стабілізувати чисельність населення на рівні, який забезпечить середній прибуток на душу населення в 3 рази вище, ніж в 1970 р. Неможливість радикальної зміни у відносинах між економікою і природою привела до концепції *екотопії* («зеленого екстремізму»), тобто до теорії вслякого обмеження економічного зростання (не нульового, а від'ємного зростання).

У світлі концепції СР в сфері виробництва необхідно радикально переглянути підходи і дії в таких напрямках: 1) впровадження замкнених технологічних циклів; 2) скорочення об'ємів викопних енергетичних ресурсів; 3) підвищення якості продукції; 4) більш раціональне використання транспорту.

Ґрунтуючись на основних ідеях і принципах, які декларовані на конференції ООН з питань навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992), Україна вважає доцільним перехід до СР, при якому забезпечується збалансоване вирішення соціально-економічних завдань, проблем збереження сприятливого стану довкілля і ПРП з метою задоволення життєвих потреб нинішнього і майбутніх поколінь. Основне

завдання СР України полягає у забезпеченні динамічного соціально-економічного зростання, збереженні навколишнього природного середовища і раціональному використанні ПРП з метою задоволення потреб нинішнього і майбутніх поколінь через побудову вискоелективної економічної системи, яка стимулює продуктивну працю, науково-технічний прогрес, має соціальну спрямованість. СР повинен реалізовуватись у рамках ефективного функціонування ринкової системи та державного регулювання економіки, координації дій у всіх сферах життя суспільства. Це пов'язано з активною структурною перебудовою в сфері матеріального виробництва, основою якої є: побудова соціально орієнтованої ринкової економіки, яка дасть змогу забезпечити належний рівень життя населення; екологізація виробництва, зменшення техногенного навантаження на довкілля і матеріаломісткості, перехід на нові методи антропогенної діяльності, в основу яких покладено екологічно безпечні технології; підвищення рівня збалансованості економіки за рахунок переорієнтації виробництва засобів виробництва на задоволення потреб населення; проведення екологічної експертизи та оцінки впливу на НПС всіх проектів господарської діяльності.

З метою забезпечення СР України охорона довкілля та раціональне використання ПР повинні розглядатися не як самоціль, а як невід'ємна частина процесу розвитку. Основні напрями еколого-економічної політики держави такі [11]:

1. *Прийняття превентивних заходів*, складовими яких є: структурна перебудова економіки та врахування вимог екологічної безпеки; послідовна екологізація всіх ланок суспільного виробництва, орієнтація на якісні соціально-технологічні перетворення сучасного суспільства; формування збалансованої ефективної структури споживання в основу якої покладено принципи раціональності й безвідходності; встановлення обмежувальних цін на енергоносії, перехід до загальної обов'язкової системи платного ПК: включення екологічного імперативу в структурно-інвестиційну політику, перехід до екологічно чистого виробництва; інституційні перетворення з метою формування нового правового й економічного механізму взаємодії органів державної влади і органів місцевого самоврядування та природокористувачів; вдосконалення законодавства в сфері охорони, використання і відтворення ПР та забезпечення екологічної безпеки у зв'язку зі зміною умов життєдіяльності населення і структури виробництв; забезпечення умов для формування ринку екологічних технологій та послуг; створення надійних систем моніторингу довкілля; реалізація економічних програм державного значення, комплексу першочергових заходів щодо реабілітації радіаційно забруднених територій; розвиток економічних методів регулювання ПК і вирішення природоохоронних проблем за рахунок суб'єктів господарювання: стимулювання інвентаризації джерел забруднення,

сприяння підвищенню культури виробництва і зміцненню технологічної дисципліни;

2. *Вжиття заходів до прямої дії*: забезпечення реалізації політики, формування нормативно-правової бази в сфері збереження і відтворення ПР; модернізація основних джерел викидів ШР в атмосферу, підвищення рівня їх екологічної безпеки і зниження забруднення атмосфери; зменшення ресурсомісткості виробництва; перехід на наукоємні, інформаційні та біотехнологічні типи виробництва; забезпечення економії первинних ресурсів і вирішення проблем утилізації відходів виробництва через вдосконалення структури розміщення виробництва, формування виробничих комплексів замкнутого циклу; припинення деградації ґрунтів; збереження водних ресурсів та унікальних складових довкілля; пріоритетне водозабезпечення соціальної сфери, права людини на якісну питну воду та сприятливе водне середовище; вжиття заходів щодо оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води; забезпечення належної охорони та забезпечення лісових ресурсів і ЕС, посилення природоохоронних функцій лісів, здійснення комплексу лісогосподарських заходів щодо зниження радіоактивного забруднення лісового фонду; проведення заходів безпеки довкілля під час добування корисних копалин; гарантування паритетності використання ресурсів для нинішнього і майбутніх поколінь; сприяння відновленню ЕС і біологічних видів, що перебувають на межі зникнення, розроблення Національної програми збереження біологічного різноманіття; забезпечення заходів безпеки щодо використання токсичних хімічних речовин, включаючи заборону на виробництво, імпорт і використання особливо небезпечних їх видів; підвищення ефективності державного контролю за дотриманням регламентів ПК та охорони довкілля шляхом застосування екологічних і адміністративних санкцій; підвищення ефективності ролі моніторингу НПС.

Основні напрями еколого-економічної політики держави реалізуються через запровадження нового економічного механізму охорони і раціонального використання ПР, який включає: облік і соціально-економічну оцінку ПРП та екологічного стану територій; ефективний фінансово-кредитний механізм ПК; планування охорони довкілля і раціонального використання ПР; екологічне страхування та формування цільових екологічних фондів: екологічне стимулювання природоохоронної діяльності; створення екологічних банків; формування ринку екологічних робіт і послуг; платність ПК; вдосконалення організаційно-економічних методів ПК; врахування екологічних вимог під час приватизації.

З середини ХІХ століття затребуваність життєздатного потенціалу біосфери різко зростає у зв'язку з інтенсивним зростанням населення Землі та вдосконаленням технічної озброєності суспільства. З індустріалізацією

виробництва змінилися як обсяги, а й сам характер споживання ПР, оскільки почався швидке зростання використання енергетичних ресурсів. За відносно короткий історичний період це призвело до зміни парадигми існування суспільства: воно стало залежним не тільки від обсягу продуктів харчування, а й від енергетичного потенціалу біосфери, що є базою СР. У міру його вичерпання ця база зменшується, що призводить до зниження темпів соціально-економічного розвитку. Водночас нестримне споживання ПР веде до деградації біосфери та екологічної кризи. Таким чином, перспективи суспільства визначаються системою ПК, що лежить в основі всієї стратегії взаємодії людини з природою, та загальним обсягом ПР, що за своєю природою поділяються на відновлювані та невідновлювані. З екологічної точки зору, стратегія ПК, заснована на відновлюваних ресурсах, ефективна та відповідає вимогам СР, якщо вони відновлюються за рахунок природних процесів біотичного регулювання, застосування антропогенних технологій чи комбінації того й іншого. Антропогенні технології поділяються на два типи. Перший включає ті, які дозволяють отримувати нові продукти – аналоги природних і тим самим забезпечувати підтримку рівноваги цих ресурсів у біосфері. Прикладом можуть бути технології, що застосовуються в сільському господарстві і сприяють відновленню балансу продуктів харчування. Технології другого типу ґрунтуються на відновленні якості вже використаних ресурсів та їх реабілітації, тобто повернення у виробничий цикл. Вони застосовуються, зокрема, при відновленні якості повітря та води за допомогою очищення від забруднень. На жаль, рівень їх розвитку та застосування у багатьох випадках виявляється недостатнім для того, щоб повністю компенсувати дефіцит природного відтворення відновлюваних ресурсів. Це особливо характерно для урбанізованих та техногенно-навантажених територій, де навіть із застосуванням антропогенних технологій не вдається запобігти деградації ЕС. Як приклад розглянемо ситуацію, що склалася з використанням атмосферного повітря, води, лісів та деяких невідновлюваних ресурсів.

Атмосфера Землі має у своєму розпорядженні величезні запаси чистого повітря. З розвитком цивілізації споживання O_2 різко зросла і за останні 50 років становило близько 200 млрд т. Це приблизно стільки ж, скільки його було витрачено за весь доіндустріальний період. Швидке зростання споживання O_2 та викид техногенних ЗР призводять до того, що на окремих територіях на локальному чи навіть регіональному рівнях відбувається подолання екологічного потенціалу за вмістом чистого атмосферного повітря. Великий вплив на забруднення навколишнього середовища надає накопичення відходів виробництва та споживання. В Україні місця їх розміщення у багатьох випадках не облаштовані та не відповідають екологічним вимогам. Накопичення та зберігання відходів проводиться на відкритих полігонах та звалищах, не обладнаних

відповідним захистом, через що вони стають осередками масованих викидів в атмосферу ЗР та парникових газів. При аеробному мікробіологічному розкладанні органічних компонентів ТПВ утворюється біогаз, що на 95-98% складається із CH_4 та CO_2 . Одна тонна ТПВ може бути джерелом освіти до кількох сотень кубічних метрів біогазу. Крім того, всередині звалищ часто відбуваються внутрішнє самозаймання відходів та підйом температури до 800-900 °С, що сприяє утворенню шкідливих органічних сполук (альдегідів, фенолів, діоксинів тощо). Забруднення повітряного басейну завислими речовинами, а також NO_2 , SO_2 , CO , H_2S , NH_3 , бензолом, етилбензолом, формальдегідами, бенз(а)піреном, фенолом та іншими ЗР може призводити до несприятливих наслідків для здоров'я людей. Очевидно, що забруднення повітряного басейну вище за допустиму межу не сприяє сталому розвитку території. Для поліпшення ситуації, крім зниження техногенних викидів, потрібне застосування антропогенних технологій з очищення повітря значно більших обсягах, ніж це робиться зараз.

Ще більш серйозні проблеми виникають із використанням водних ресурсів, особливо – прісних вод, які становлять лише 2,5% загальної водної маси Землі. При цьому 2/3 прісних вод знаходиться у твердому стані та акумулюється у льодах та льодовиках. Обсяг доступної використання прісних вод – близько 24 тис. км³ (24 000 млрд м³). Споживання прісних вод постійно зростає. Вже зараз для господарських та побутових потреб із різних джерел у світі щорічно відбираються понад 4 тис. км³ прісних вод. Очікується, що її витрачання у найближчі 20 років збільшиться ще на 40%. Значна частина прісних вод надходить із річкових систем та відкритих водоймищ. Частка питної води, що видобувається із підземних джерел, – не більше 10%. Близько 70% прісної води, що витрачається, споживаються в сільському господарстві, 20% – у промисловості, і 10% – у комунальних та інших господарських цілях. Через зменшення запасів, забруднення та збільшення споживання обсяг економічно доступних прісних вод у світі скорочується. Очікується, що вже в найближчі десятиліття обсяги споживаних та економічно доступних прісних вод зрівняються, що призведе до критичної ситуації з водопостачанням у багатьох регіонах світу, що загрожує серйозними загрозами, ніж виснаження енергетичних ресурсів, оскільки надійні способи заміни води в біосфері відсутні. Дефіцитні зони приурочені в основному до південних посушливих районів і характеризуються нестачею як поверхневих, так і підземних питних вод для господарських цілей. Дефіцит прісних вод планети зростає і рахунок її забруднення у процесі антропогенної діяльності: за наявними даними, це майже половина доступного обсягу. Найбільш потужними є скидання стічних вод (близько 2000 км³/рік), що утворюються в комунальному та сільському господарстві, а також на промислових підприємствах енергетичного,

будівельного та інших профілів. На міських та промислових територіях інтенсивно забруднюються не лише поверхневі, а й підземні води. Дефіцит вологи викликає зростання площі пустель на земній кулі зі швидкістю до 60 км²/рік, а головне, збільшується кількість людей, які страждають від нестачі води. За оцінкою Світового банку, вже близько 2 млрд людей у світі відчувають нестачу води, а ще більша кількість змушена користуватися водою невисокої якості. Дефіцит якісної питної води негативно впливає на стан здоров'я населення. Ще в XIX столітті Луї Пастер казав: «Люди випивають 90% своїх хвороб». Поряд із зонами дефіцитного водозабезпечення утворюються перезволожені зони, де надходження води перевищує допустиму межу, що також створює критичні ситуації та дестабілізує розвиток екосистем. Надмірна кількість поверхневих і підземних вод на цих територіях викликає небезпечні гідрологічні та геологічні явища, що пригнічують на біосистеми і завдають величезних соціальних і матеріальних збитків. До таких процесів відносяться затоплення, підтоплення, перезволоження ґрунтів, пригнічення рослинності, водна ерозія, абразія, утворення зсувів і плавунів, суфозія, розвиток карсту та ін. Особливість зазначених територій – мінливість і сезонність режиму перезволоження, зв'язок його з гідрометеорологічними процесами. Цим пояснюється нерівномірний характер проявів гідрологічних небезпек: найбільшу загрозу вони становлять за інтенсивних злив на тлі дощового літнього сезону, а в передгірських районах – у спекотні періоди, коли йде танення снігу та льодовиків.

До найважливіших поновлюваних ПР планети, надають великий впливом на вирішення соціальних, економічних пріоритетів і екологічних завдань, ставляться лісові ресурси. Їх площа постійно зменшується, лісові масиви перетворюються на промислові, сільськогосподарські та урбанізовані ландшафти. Статистичні дані показують, що щорічно у світі зводиться 14,6 млн га лісових масивів, а відновлюються лише 5,2 млн га, тобто площа лісів зменшується за рік на 9,4 млн га (0,26% світових запасів). Величезні збитки завдають лісові пожежі, а також лісові шкідники. Загальна площа лісового фонду України становить 10,4 млн га, із яких вкритих ліською рослинністю – 9,6 млн га. Лісистість території країни становить 15,9%. За 50 років площа лісів зросла на 21%, а запас деревини майже у три рази. Основними функціями лісів є захисні водоохоронні та санітарно-гігієнічні. Ліси також виконують важливу роль поглиначів парникових газів, які вважаються головними чинниками зміни клімату. Але зростаюче техногенне навантаження, промислові викиди і пожежі, часто недбайливе виділення земель з вирубкою під різного роду будівництво порушують природну стійкість і середовище, що формують функції лісових ЕС.

Нагадаємо, що під невідновлюваними розуміються ПР, що використовуються людиною в господарських та інших цілях та не

відновлюються в ЕС природним шляхом або за допомогою антропогенних технологій. До них відносяться, насамперед, вуглеводневі та інші мінеральні корисні копалини, що сформувалися протягом багатьох десятиліть і сотень мільйонів років у надрах Землі внаслідок складних процесів, – газ, нафта, кам'яне вугілля, чорні та кольорові метали, неорганічні речовини, що використовуються як мінеральні добрива, і т. д. Швидкість утворення невідновлюваних ресурсів на багато порядків нижча за швидкість їх споживання. Разом про те людське суспільство неспроможна уникнути корисних копалин Землі. Тільки протягом ХХ століття споживання енергетичних та мінеральних ресурсів у світі зросло у 16 разів і нині продовжує зростати швидкими темпами. Щорічно у світі вилучаються 4,38 млрд т нафти, 3,67 трлн м³ газу, 2,87 млрд т залізняку, 3,2 тис. т золота. Світова енергетика на 95% вона забезпечується нафтою (44%), природним газом (26%), кам'яним вугіллям (25%). Лише 5,1% енергетичних ресурсів постачаються іншими видами енергетики (ядерною, гідроенергетикою, вітровою). За розрахунками енергетичної компанії «*British Petroleum*», за нинішнього обсягу щорічного світового споживання газу вистачить на 59 років. Світові запаси коксівного вугілля перевищують 1 трлн т; за нинішнього споживання розвіданих запасів вугілля вистачить на 270 років. Ресурси урану на планеті оцінюються приблизно 17 млн т, з яких підтвердженими є не більше 5 млн т. За своїм енергетичним потенціалом запаси U-235 не перевищують енергетичний потенціал запасів нафти. Забезпеченість країн, що займаються його видобутком, змінюється у широкому діапазоні: Австралії, Казахстану та ПАР розвіданих запасів вистачить на 100 років і більше, Росії – на 70 років, Нігерії – на 20 років. Світові запаси чорних та кольорових металів розподілені вкрай нерівномірно, що обумовлює зміну термінів забезпеченості різними видами металів окремих країн у великому діапазоні. Можна говорити лише про усереднених даних. Так, вважається, що запасів залізної, марганцевої та хромової руд, а також фосфатної сировини та калійних солей при їх сучасному рівні використання може вистачити на 100-300 і більше років. А ось запасів поліметалевих руд, що містять *Co*, *W*, *Mo*, *Pb*, *Zn*, *Cu*, *Ni*, досить не більше ніж на 30-60 років, а срібла і золота ще менше – всього на 18 років. Ймовірно, що до кінця ХХІ в. людство опиниться на «голодному пайку», тому залишається одна рятівна надія, пов'язана з океаном, точні обсяги мінеральних ресурсів якого ще невідомі, і за прогнозами, істотно перевершують запаси на суші. Експерти стверджують, що близько 70% усіх ресурсів нафти на планеті належать дну океану, з яких 60% – на шельфі, 40% – у глибоководній частині. Вже сьогодні третина загального видобутку нафти та газу (34 та 38% відповідно) припадає на Світовий океан. Ресурси газогідратів – палива майбутнього – прогножуються рівними 5–15·10¹⁵ м³. Це вдвічі перевищує світові ресурси вугілля, нафти та газу. Глибоководні поклади

рудних мінеральних ресурсів – остання комора людства. Вважається, що ресурси Світового океану перевищують їх запаси на суші по нікелю в 6 разів, кобальту в 10 разів, молібдену в 2,6 разів, причому вміст металів в океанських рудах перевищує їх вміст у суші. Отже, Земля поки що зберігає значний обсяг енергетичних та рудних ресурсів (*В.І. Осипов, 2019*).

Сучасне ПК ґрунтується на нестримному споживанні ПР, що виходить за межі екологічної ємності біосфери. З екологічних позицій розвиток суспільства таких основах не можна вважатимуться сталим. Саме собою зростання економіки перестав бути індикатором СР, оскільки суперечить екологічному розумінню цього терміну.

У світі відбувається швидке розширення територій, де порушується баланс між обсягом споживаних ПР та його відновленням. Подальше збереження подібної стратегії ПК неминуче призведе до виснаження ПР планети в найближчі 100-200 років, наростання екологічних проблем і в результаті – глобальної екологічної катастрофи.

За даними ООН, вже зараз близько 30% площі земної кулі перебувають у стадії глибокої деградації і не можуть забезпечити людей, які там проживають, необхідними ПР. На цих територіях спостерігаються зростання бідності, нестача продовольства, дефіцит питної води, поширення захворювань, зниження імунного статусу людей тощо. Як наслідок деградації ЄС останніми роками відзначається нове суспільне явище – потоки біженців. Вихід походить, як правило, з деградованих територій з великою щільністю населення, позбавлених необхідних ПР, де відсутні робочі місця та засоби існування. Усе це змушує людей переміщатися біля, де можуть вижити. Очевидно, що проблема біженців ще лише на стадії зародження. Військові конфлікти, природні катастрофи та різні політичні події сприяють активізації цього процесу.

Для збереження СР вирішальне значення має зміна характеру ПК. Нині більшості країн основним «замовником» існуючого ПК виступає ринкова економіка. В її основі лежить принцип отримання максимального прибутку та забезпечення безперервного зростання виробництва без урахування наслідків для суспільства та природи. Ця стратегія не враховує зниження сировинної бази та загострення екологічних проблем, що суперечить принципам сталого розвитку. Вона залишається глухою до закликів дотримуватись екологічних вимог, що стосуються раціонального та ефективного витрачання ПР, розробки технологій розвитку відновлюваного ПК. Оскільки реалізація цих закликів потребує додаткових матеріальних вкладень, вони залишаються непочутими сучасним бізнесом. Ринкова економіка, виходячи зі своїх принципів, зацікавлена у споживанні все більшого обсягу ПР з мінімальними витратами на їх отримання та відновлення. Вона враховує баланс попиту та пропозиції, а не баланс потенційних можливостей природних ЄС та соціально-економічних інтересів суспільства. У цьому плані ринкова економіка – антипод екології.

На жаль, у бізнес-еліти та в управлінських структурах відсутнє розуміння неринкового характеру біосферних процесів. Слід наголосити, що біосфера не може функціонувати за законами ринку. Вона зробила необхідні ПР без участі людей і вручила їх безкоштовно всьому людству. Таким чином, ПР відносяться до суспільних благ. Ринок може бути регулятором суспільних благ. Тому, вважають окремі вчені, зараз можна стверджувати, що глобальний проект «*Sustainable development*» повністю провалився, він виявився несумісним з неоліберальною ринковою економікою та зіткнувся з нерозумінням устрою біосфери та її законів.

Проблема забезпечення СР належить до найважливіших цивілізаційних викликів, без її вирішення суспільство позбавлене майбутнього. Аналіз показує, що з сучасному ПК важливі ресурси Землі рано чи пізно закінчяться. Настає відповідальний момент, коли необхідно ухвалити перейти на принципово нову систему ПК, що ґрунтується на відновленні ПР. Потрібно знайти вихід, подібно до того, який був знайдений 8–10 тис. років тому предками сучасної людини. Під час глобальної кризи, яка настала через брак харчування внаслідок винищення великих тварин та іншої плейстоценової фауни, вони докорінно змінили спосіб існування, перейшовши на новий спосіб отримання продукції – від промислу диких тварин до їхнього домашнього вирощування. Внаслідок кризи чисельність людської популяції зменшилася майже на порядок, але вона вижила. Принципово нова стратегія ПК з опорою на відновлення ПР передбачає виконання двох основних вимог: перехід на раціональне ПК та розробку нових ресурсовідновлюючих технологій. Раціональне ПК полягає в застосуванні найкращих доступних технологій, є економічно ефективними, дозволяють підвищувати енергоефективність і знижувати природоємність продукції, здійснювати реабілітацію деградованих ресурсів, вести освоєння природних ресурсів за принципами «зеленої» економіки. На основі таких технологій необхідно здійснювати підвищення ефективності енергозабезпечення, водо-, земле- та лісокористування, споживання ресурсів океану, скорочення викидів, адаптація до глобальних змін клімату, розвиток регіонів з різноманітними природно-ландшафтними комплексами, удосконалення прогнозування ризику природних катастроф. У сфері гірничодобувної промисловості найкращі доступні технології дозволяють перейти від нарощування обсягів споживаних ресурсів до глибшої переробки копалини, підвищення ефективності видобутку необхідних мінеральних компонентів з подальшою переробкою (рециклінгом) відходів виробництва. Слід домагатися підвищення ступеня отримання корисних копалин з надр, а також повноти та комплексності виділення корисних елементів з руд за рахунок підвищення культури виробництва та нових технологій. Технології повинні бути не тільки принципово новими, а й природоподібними, тобто процесами, що відтворюють, що протікають в ЕС біосфери. Тільки в цьому випадку

можна бути впевненими, що впровадження їх не призведе до появи екологічних проблем, а дозволить відновити екологічну ємність ЕС та сприятиме сталому розвитку. Як приклад можна навести технології управління відходами – залишками біотичних і абіотичних компонентів біосфери після їх використання для життєзабезпечення або виробничих потреб. Відходи, що накопичуються, знижують якість умов проживання людей, містять небезпечні хімічні сполуки, винесення яких в довкілля викликає деградацію екосистем. В даний час для видалення відходів застосовується декілька технологій. Найбільш перспективним вважається спалювання, проте воно зустрічає категоричні заперечення, оскільки не знищує відходи, а лише переводить їх у шкідливі газоподібні викиди та забруднену золу. Крім того, спалювання не можна вважати природоподібною технологією, такого способу утилізації відмирає біоти в біосфері не існує, зате широко поширений процес біологічного та хімічного розкладання. У природі розкладається як відмерла біота, а й гірські породи (процеси вивітрювання). В основі розкладання лежить процес розпаду старіючих або вимираючих компонентів на елементарні структури – хімічні елементи та повернення їх у геохімічні цикли Землі, де вони використовуються у біосферному синтезі та одержанні нових компонентів біосфери. Саме процес розкладання може бути за основу розробки антропогенної технології переробки відходів. Така технологія нині відсутня. Розробка її є одне з науково-технічних завдань, яке необхідно вирішити в процесі переходу до стратегії поновлюваного ресурсокористування та СР. Ще більш важливим завданням є розробка нових технологій отримання енергетичних ресурсів. Загальноприйнятим вважається визнання як альтернативні види енергетики енергії сонця, води, вітру та атома. Ряд країн веде активну розробку технологій отримання цих видів енергії. Однак великомасштабне одержання енергії з нетрадиційних джерел зустрічає ще багато науково-технічних труднощів.

Сучасна парадигма СР України розглядається у контексті радикального оновлення національної соціально-економічної системи. Передбачається, що забезпечення СР формуватиметься на базі якісно нової соціально-орієнтованої господарської системи, основою якої в умовах глобалізації мають стати гуманістичні та екологічні цінності. Формування стратегії СР України відбувалося під впливом сучасних світових тенденцій. Необхідно було визначити доміанти, стратегічні засади та перспективні напрями СР України у глобальному середовищі на основі аналізу та оцінки новітніх наукових концепцій господарювання відповідно до стратегічного потенціалу держави. Така стратегія мала усунути причини, через які держава зі значними можливостями залишається серед бідних країн, і намітити шляхи перетворення наявних ресурсів як дієвий капітал та потужне джерело розвитку національної економіки. У 2019 р. Указом Президента України від 30.09.2019 «Про Цілі сталого розвитку

України на період до 2030 року» [12], в якій визначено мету, вектори руху, дорожню карту, першочергові пріоритети та індикатори нових оборонних, соціально-економічних, організаційних, політико-правових умов для становлення та подальшого розвитку держави. Реалізація Стратегії має забезпечуватись за допомогою цілеспрямованої політики, яка включає державний, регіональний та місцеві рівні вирішення відповідних питань, правові, фінансові та організаційні кошти. Сьогодні Україна перебуває на початковому етапі сталого розвитку, який можна позитивно охарактеризувати швидше з теоретико-методологічного, ніж з практичного боку, оскільки впровадження господарських, економічних та фінансових механізмів сталого розвитку через різні причини продовжує стримуватися. Системний аналіз природно-екологічного та соціально-економічного стратегічного потенціалу нашої держави свідчить, що за рахунок активізації екологічної політики держави, з урахуванням характеру національної моделі економіки, існують об'єктивні передумови для створення та розвитку «зеленої економіки», забезпечення збалансованого ПК економічного розвитку України.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке «сталий розвиток»?
2. Які основні складові сталого розвитку?
3. Які ключові моменти концепції сталого розвитку?
4. Які найважливіші критерії сталого розвитку?
5. У чому суть концепції екологічної («зеленого екстремізму»)?
6. Які основні напрями еколого-економічної політики України?
7. Яка склалася ситуація з використанням атмосферного повітря?
8. Яка склалася ситуація з використанням природних вод?
9. Яка склалася ситуація з використанням невідновлюваних природних ресурсів?
10. Які особливості реалізації концепції сталого розвитку в умовах України?

7 ОСНОВНІ ШЛЯХИ РЕСУРСОЗБЕРІГАННЯ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Техногенний вплив на території України в 6-7 разів перевищує рівень європейських країн, тоді як ресурсоемність продукції перевищує в 2-3 рази, а енергоємність в 6-7 разів, а тому дуже важливе значення має обґрунтування шляхів до збалансованого природокористування та екологізації природокористування.

Збалансоване ПК – це природокористування, спрямоване на підтримку раціональної взаємодії між діяльністю людини і навколишнім природним середовищем, при якому використання природного середовища для задоволення екологічних потреб є пріоритетним. Вихідним поняттям є збалансованість, тобто досягнення рівноваги між двома протилежно спрямованими силами (баланс – збереження рівноваги, збалансованість – досягнення стану балансу). При сталому розвитку умовою збалансованості є баланс між екологічної, економічної та соціальної чи екологічної та соціально-економічної підсистем, тобто екологічно стійке, економічно ефективно та соціально бажане ПК. Оцінка збалансованості ПК здійснюється через порівняння потенціалів (підсистем), що дає рекомендації щодо збалансованості локальних потенціалів (підсистем), серед яких екологічний, економічний, соціальний, а також ресурсний.

Під системою *збалансованого природокористування* (ЗПК) треба розуміти єдність принаймні 4-х обов'язкових її складових: 1) раціональне комплексне використання для потреб людини ПР на кожній окремо взятій території, яка здійснюється на базі маловідходних чи безвідходних технологій і в таких масштабах, які не створюють загроз для життєдіяльності територіальних (акваторіальних) ПС та їх безпечного розвитку; 2) раціональне, екологічно безпечне використання в різноманітних інтересах людини нересурсної частини природного життєвого докільля (територій, акваторій, повітряного басейну, навколорозземного космічного простору та безпосередньої сонячної енергії); 3) раціональну, економічну та соціально обґрунтовану охорону природи, яка полягає у пріоритетному здійсненні превентивних заходів з охорони природного життєвого докільля та ПР, а також обов'язковому здійсненні заходів щодо ліквідації постфактум негативних екологічних наслідків діяльності людини та природних катастроф; 4) своєчасне повноцінне відтворення якості умов природного життєвого докільля та відтворення біологічно відновних ПР і пошук шляхів альтернативних джерел заміни використання біологічно невідновних ресурсів. Таким чином, ЗПК – триєдиний процес використання, охорони і відтворення двоєдиних компонентів матеріальної основи життєдіяльності людини – природного життєвого докільля та його сировинної частини – ПР. ЗПК слід розглядати

на локальному, регіональному (в межах країни), національному, міждержавному і глобальному рівнях [12].

Ресурсозберігання найбільш відповідає збалансованому природному процесу, бо нормально функціонують ті ПС, які найбільш ефективно використовують енергію, поспішають утворити ресурси і видаляють відходи. Досягнення 100%-ї безвідходності нереальне, оскільки суперечить другому початку термодинаміки. У тому випадку, коли в ланцюгу технологічних процесів, де відходи одного виробництва стають сировиною для іншого виробництва, технологія називається реутилізованою. Така технологія може наблизити людство до теоретичного мінімуму глобальних антропогенних процесів, рівного відходам в біосферних циклах (біогенні вапняки, каустобіоліти). Стратегічно важливо прагнути як до мінімуму відходів, так і до реутилізаційних циклів. «Менше сировини, більше розуму» – девіз італійської школи менеджменту.

Ресурсозабезпеченість – співвідношення між обсягом ПР і розмірами їх використання. Оптимізація ПК має на увазі повне задоволення потреб у матеріальних благах за збереження екологічного балансу та можливостей відновлення ПРП. Пошук такого оптимуму господарської діяльності для конкретної території чи об'єкта є важливим прикладним завданням оптимізації ПК. Винятково важливе значення має розробка нових технологічних процесів, що ведуть до різкого скорочення, а потім усунення втрат при видобутку (заготівлі), переробці та використанні ПР. Поряд із кращим використанням природних ресурсів та розширенням природно-сировинної бази високу актуальність має завдання охорони ПС від забруднення, пов'язаного значною мірою з недоліками в організації та технології експлуатації ПР. Усе це зумовлює необхідність суворого дотримання еколого-економічного підходу до експлуатації ПР.

Технології за обсягом використання ресурсу та кількістю відходів можна поділити на інтенсивні та ресурсозберігаючі. *Інтенсивні технології* засновані на великому обсязі використовуваних ресурсів та великих обсягах відходів. До недавнього часу, а в деяких галузях виробництва ще й сьогодні застосовуються інтенсивні технології, які виявляються виснажливими.

Оптимізація ПК передбачає перехід промисловості та сільського господарства до ресурсозберігаючих технологій: 1) можливе повніше використання видобутих ПР; 2) повторне використання відходів виробництва та споживання; 3) оволодіння чистими джерелами енергії; 4) суворе обмеження викидів і скидів ЗР у межах норм, встановлення очисних фільтрів та споруд.

Оптимальне ПК спирається на *ресурсозберігаючі та екологічно-збалансовані технології*. Маловідходні технології дозволяють вирішити низку природоохоронних питань стратегічно, тобто не виробляти відходи

або здійснювати їхню вторинну переробку. Безвідходні технології – це мета технологічних процесів, де відходи одного виробництва стають сировиною для іншого. Існують технології, побудовані на імітацію природних процесів, іноді як пряме їх продовження, такі технології називаються екологічними. Технології умовно поділяють на хімічні та механічні. *Хімічні технології* базуються на процеси докорінної зміни складу, властивостей та внутрішньої будови речовини, а *механічні технології* – на процеси, в яких змінюється форма, зовнішній вигляд та фізичні властивості матеріалу.

Ресурсозберігаючі технології є сукупністю технологічних і конструктивних рішень, що передбачають скорочення викидів без зниження якості та кількості основного продукту. Екологічно збалансовані технології, як правило, не порушують природних процесів та зв'язків в екосистемах. Одним із головних завдань є освоєння енергозберігаючих та ресурсозберігаючих технологій у землеробстві – це впровадження цього напряму на зерновому полі.

Економічні результати екологічного підходу у виробництві передбачають: 1) економію матеріальних ресурсів на основі прогресивної технології; 2) впровадження сучасних технологій, для зниження негативного впливу на елементи навколишнього середовища та природного потенціалу; 3) забезпечення замкнутості циклів виробництва з допомогою комплексного використання сировини, матеріалів; 4) запобігання завданих збитків природі; 5) удосконалення територіальної організації виробництва. Наприклад, у сільському господарстві безвідходні технології можуть з'являтися у вигляді повторного використання компосту, гною, тирси, листя та інших матеріалів. Далі з цих відходів формується сировинна база для добрива, що заощаджує витрати.

Ресурсозберігання є однією з основних умов ЗПК. Під ресурсозберіганням розуміється виробництво і реалізація кінцевих продуктів з мінімальною витратою речовини і енергії на всіх етапах виробничого циклу і з найменшим впливом на природні ЕС і людину. Це, передусім, енергетична ефективність – співвідношення між енергією, що витрачається (або що є), і кінцевим продуктом. Перетворення високоякісної енергії, що добувається з ядерного палива, в теплову енергію в декілька тисяч градусів Цельсія і далі у високоякісну електроенергію для підтримки температури на рівні 20°C є надзвичайно марнотратним процесом. Ресурсозберігання є можливим при використанні відповідних технологій.

Маловідходна технологія – це технологія, що дозволяє отримати мінімум твердих, рідких, газоподібних та теплових відходів і викидів, що розраховується як теоретично досяжний максимум безвідходності для кожного конкретного технологічного процесу.

Реутилізаційна технологія – це ланцюг технологічних процесів, де відходи одного процесу стають матеріальною або енергетичною сировиною для іншого (передбачається використання цієї сировини без залишку). Використання такої технології може наблизити промислове виробництво до теоретичного мінімуму відходів, що дорівнює відходам у біосферних циклах (не більше 2% від загального кругообігу речовин та енергії, що беруть участь у процесі), а головне отримати відходи, що переробляються природними системами самостійно, тобто. направляти в природу відходи у вигляді трофічних складових (участь у трофічних ланцюгах як їжа), або сировини (наприклад, переробка в гумус редуцентами), а значить не несуть негативного антропогенного впливу на навколишнє природне середовище.

Ресурсозберігаюча технологія – це виробництво та реалізація кінцевих продуктів з мінімальною витратою речовини та енергії на всіх етапах виробничого циклу та з найменшим впливом на людину та природні системи. При цьому повинні враховуватись всі витрати на проміжні етапи виробництва. Ресурсозберігаюча технологія включає вимогу мінімізації використовуваних природних ресурсів та мінімального порушення природних (природних) умов. Нижня межа такої мінімізації залежить від способів отримання традиційної продукції, так і від можливостей переходу до випуску супутньої на основі мініатюризації та технічної додатковості.

Виходячи із поєднання трьох названих технологій Європейська економічна комісія ООН дає узагальнене визначення безвідходних технологій. *Безвідходна технологія* – це такий спосіб виробництва продукції (процес, підприємство, територіально-промисловий комплекс), при якому найбільш раціонально та комплексно використовується сировина та енергія в циклі: сировинні ресурси – виробництво – споживання – вторинні сировинні ресурси і таким чином будь-які впливи на навколишнє середовище не порушують її нормального функціонування. Розширене визначення зроблено на семінарі з питань наслідків застосування маловідходних технологій у 1989 році у Гаазі. *Безвідходна технологія* – як поєднання маловідходних, реутилізаційних та ресурсозберігаючих технологій – це еквівалент екологічно чистих технологій, тобто технологій, побудованих на кшталт процесів, характерних для природи. У найбільш загальному вигляді розвиток та розширення масштабів створення безвідходних технологічних процесів та виробництв може здійснюватися за чотирма магістральними напрямками: 1) перехід на нові технологічні процеси, що унеможливають утворення відходів; 2) переведення в замкнутий цикл усіх видів виробництва, які використовують у технологічних цілях технологічні компоненти багаторазового застосування; 3) створення виробничих комплексів із замкнутою системою потоків сировини, енергії та відходів; 4) повернення

тимчасово не застосовуваних відходів у природне середовище може придатному для відновлення природними біодеструкторами до природних речовин.

Як відзначає *Т. Міллер* (1993), використовувати високоякісну енергію для виробництва низькоякісного тепла «це все одно, що різати масло циркулярною пилкою або бити мух ковальським молотом». Тому основним принципом використання енергії повинна бути відповідність якості енергії поставленим задачам. Наприклад, раціонально для обігріву будівель використовувати сонячну енергію, гідрогеотермальну енергію, енергію вітру та інші, а в районах з холодним кліматом найкращий спосіб опалювання – створення будівель, максимально ізольованих від зовнішнього середовища.

По *Т. Міллеру* (1993) виділяються дві принципово різних моделі суспільства: *суспільство одноразового споживання, що створює відходи (тип А)*, і *природозберігаюче суспільство (тип Б)*. Суспільство *типу А* характерне для найбільш промислових країн, які використовують як можна більше енергії і речовини і з великою швидкістю перетворюють високоякісну енергію в низькоякісну, речовини і відходи, що забруднюють довкілля. Основою суспільства *типу Б* є розумне (оптимальне) використання енергії і рециркуляція речовини, повторне використання невідновлюваних ресурсів, скорочення споживання і втрат енергії і ресурсів. При цьому особливо важливо ефективно використовувати енергію, не застосовуючи без особливої необхідності її високоякісні види. У суспільстві *типу Б*, до якого необхідно прагнути, не повинен бути перевищений поріг екологічної стійкості природних систем і їх сукупності. При цьому для обмеження втрат ПР і запобігання забрудненню необхідно враховувати інформацію про вплив на довкілля при «вході» в неї (рис. 7.1).

Довкілля виконує 3 функції: 1) забезпечення ПР; 2) асиміляція відходів і забруднень; 3) забезпечення людей природними послугами (рекреація, естетичне задоволення тощо). Урахування ціни ПР дозволить більш обґрунтовано визначити економічну ефективність альтернатив розвитку. Так, думка про «дешевизну» енергії, тієї, що виробляється на ГЕС, в порівнянні з ТЕС і АЕС, не враховує ціну тисяч гектарів земель (наприклад, в Росії затоплюється близько 5-6 млн. га). Сумарна оцінка прямих втрат нафти при різних видах аварій в Росії складає більше ніж 2 млрд. доларів, однак екологічний збиток більш значний. Як цінність твору мистецтва не визначається його розмірами, так і цінність природного середовища не визначається тільки економічними параметрами. У цей час ООН і розвинені країни роблять спробу «зеленого» вимірювання (*green accounting*) економічних витрат з урахуванням екологічного фактору.

Екологізація – це зменшення інтегрального екодеструктивного впливу процесів виробництва та споживання одиниці продукції.

Екодеструктивні процеси – процеси впливу на людину і природу, що призводять до соціальних, економічних або екологічних наслідків (забруднення, порушення ландшафтів, прямий вплив на організм людини, вплив на особистість людини, вплив на біологічні об'єкти). Під *інтегральним екодеструктивним впливом* розуміють зведені до єдиної критеріальної бази результати негативних наслідків впливу людини і ПС (ЕС) процесів виробництва та споживання предметів і послуг [3].

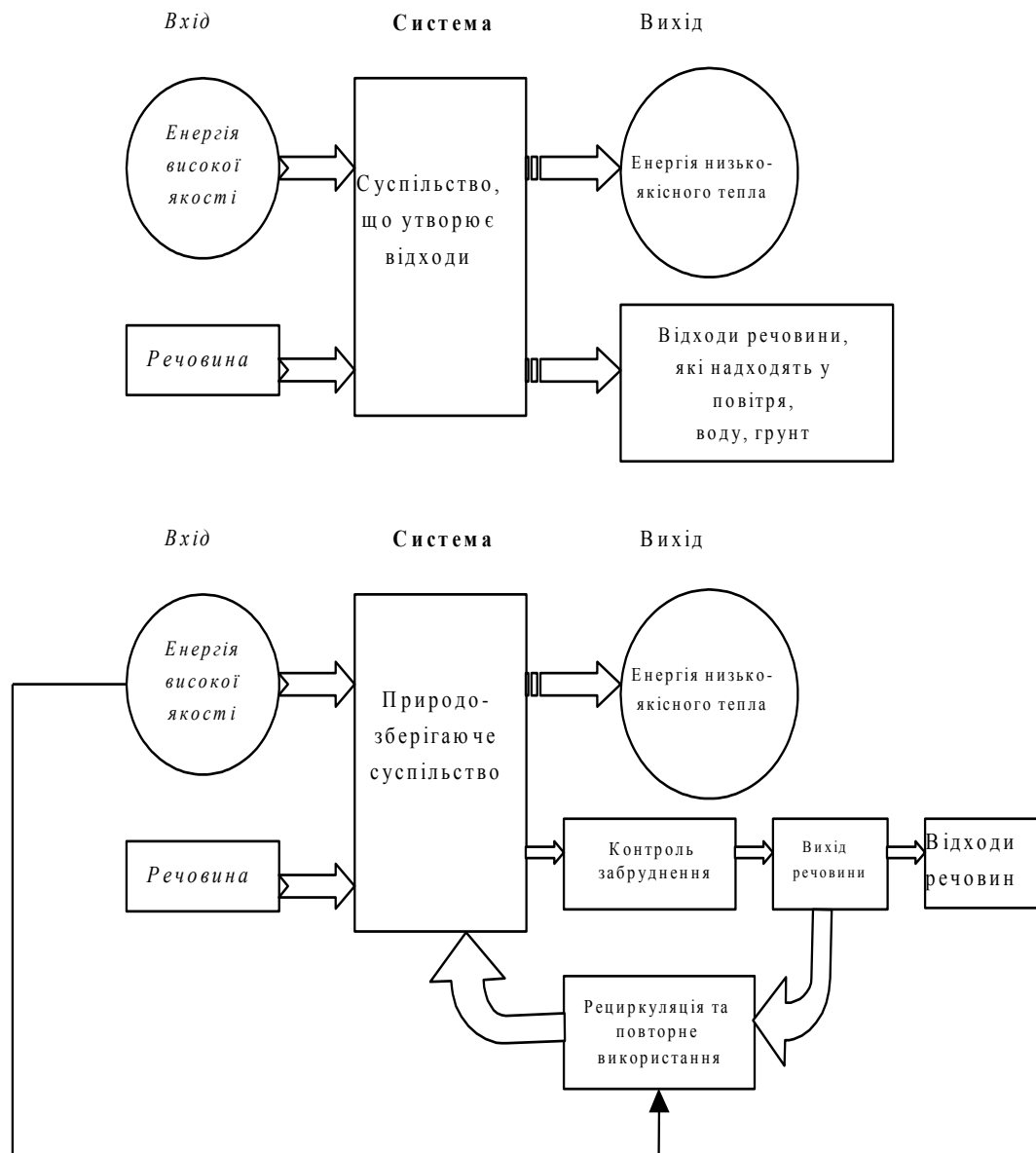


Рисунок 7.1 – Моделі суспільства одноразового споживання, яке створює відходи, і пристосованого суспільства (Т. Міллер, 1993)

Традиційними «атрибутиами» екологізації суспільного виробництва прийнято вважати очисні споруди, маловідходні технології, пристрої з переробки відходів і т. д., найбільш справедливим принципом є

формування еколого-економічних стимулів – принцип «забруднювач сплачує», а ефективною формою його реалізації – платежі за забруднення довкілля та використання ПР і т. д. Як вважає Л.Г. Мельник [3], традиційні «атрибути» екологізації (очисні споруди, маловідходні технології, пристрої з переробки відходів і т. д.), є дуже важливими складовими механізми екологізації, однак не вичерпують його і навіть не є в ньому вирішальними ланками. На його думку, до основних компонентів механізми екологізації економіки можуть бути віднесені:

1. *Екологізація попиту* – це постійно відтворювані процеси формування потреб в екологічних товарах, а також створення фінансових можливостей реалізації цих потреб. Екологічні товари – це вироби та послуги, що знижують інтегральний екологічний вплив у розрахунку на одиницю сукупного суспільного продукту. Потреби в «чистому середовищі» перетворюються в інтереси, тільки будучи усвідомлені людьми. Інтерес перетворюється в попит тільки за умови підкріплення його фінансовими можливостями.

2. *Екологізація виробництва* передбачає постійне відтворення наукових ідей, інформаційних матеріалів, технічних засобів та технологічних рішень, що сприяють розвитку екологічно обумовлених виробничих систем. Існують соціальні, економічні і технологічні передумови екологізації виробничих факторів. Розвиток екологічно обумовленої виробничої основи прямо пов'язаний з розвитком екологічного попиту. Стадії екологізації виробництва можуть бути символічно названі етапами: 1) очисних споруд; 2) маловідходних технологій; 3) тотальної ефективності; (4) екологізації стилю життя. Екологізація не тільки природоохоронний захід, але й вигідний напрямок отримання доходу.

3. *Екологізація людей і відтворення мотивів екологізації*. Екологізація людей – це постійне відтворення екологічно орієнтованих знань, навичок і переконань. Відтворення мотивів екологізації – це постійний процес створення організаційних, соціальних та економічних умов, які формують прагнення людей ставити і досягати цілі екологізації.

У доповіді Римському клубу «Фактор чотири. Витрат – удвічі менше, віддача – подвійна. Нова доповідь Римському клубу», 1995) пропонуються нові рішення екологічних проблем шляхом революційного підвищення системи життєзабезпечення людського суспільства. За часів промислової революції прогрес характеризувався збільшенням продуктивності праці. «Фактор чотири» пропонує новий підхід до прогресу, нову філософію мислення, висуваючи на перший план дій збільшення продуктивності ресурсів. Як стверджують автори, ми можемо жити вдвічі краще, водночас витрачаючи вдвічі менше ресурсів; що необхідно для СР людства у майбутньому. Рішення полягає у тому, щоб використовувати електроенергію, воду, паливо, матеріали, родючі землі

тощо продуктивніше за мінімальних додаткових витрат і навіть з вигодою. Як переконливо доводять автори «Фактору чотири» (Е. Вайцеккер, Е. Ловінс, Л. Ловінс), більшість технічних рішень наших проблем уже є і треба негайно їх використати. Авторам вдалося зібрати 50 переконливих прикладів збільшення продуктивності ресурсів і тим самим довести широкі можливості ідеї всесвітньої переорієнтації людства на продуктивність ресурсів.

Отримувати більше з меншими витратами. Вражаючі перспективи прогресу «Фактор чотири» свідчать, що продуктивність ресурсів може і має бути збільшена вчетверо. Ми можемо жити вдвічі краще і водночас витратити вдвічі менше. Це новий напрям науково-технічного прогресу (спрямування зусиль на ефективне використання накопиченого науково-технічного потенціалу). Він відповідає критеріям СР. Країни, які здійснюють революцію в ефективності, виграють у міжнародній конкуренції.

Моральні і матеріальні фактори. Фактори для зміни напрямку науково-технічного прогресу мають як моральний, так і матеріальний характер: збереження фізичних систем життєзабезпечення є одним з найвищих пріоритетів для людства.

Лікування хвороби марнотратства ефективністю. Людство надмірно споживає такі ресурси як енергія, сировина, вода, повітря, ґрунти, Воно знищує живі ЄС витрачаючи в десятки разів більше ресурсів, ніж їх споживає. Дослідження, що проводилося за завданням Національної Інженерної академії США, показало, що близько 93% матеріалів, які ми купуємо і витрачаємо, взагалі ніколи не перетворюються на продукцію, яка відповідає вимогам ринку. Більше того, 80% товарів викидається за непотрібністю після одноразового використання. 99% вихідних матеріалів, що використовуються у виробництві в США або такі, що містяться в цих товарах, перетворюються на відходи через шість тижнів після продажу. Зцілення від марнотратства приходить від розвиненої науки, здорової економіки і здорового глузду, воно приходить з лабораторій, автоматизованих робочих місць і поточкових ліній, створених кваліфікованими вченими і технологами, внаслідок вмілого проектування міст, винахідливості та завзятості інженерів, хіміків і фермерів та завдяки інтелекту кожної людини. Інтелектуальний потенціал людства вилікує марнотратство Підприємництво має бути освіченим. Ефективне використання ресурсів забезпечує більший комфорт у поліпшених будівлях при менших витратах енергії і грошей.

Управління процесами екологізації передбачає формування основних компонентів системи, якою управляють. Механізм реалізації завдань екологізації передбачає формування чотирьох взаємозалежних системних компонентів, які складають «квадрат екологізації»: 1) цілі і завдання

екологізації; 2) об'єкти екологізації; 3) суб'єкти екологізації; 4) інструменти екологізації.

Найбільшого поширення в практиці ПК набули такі процедури екологічного управління: екологічний аудит, екологічна оцінка життєвого циклу виробів, міжнародні стандарти екологічного менеджменту й аудиту, місцеві ініціативи із забезпечення сталого розвитку тощо.

Екологічний аудит визначає діагноз «екологічного здоров'я» підприємства, спроможність його «технологічного організму», виробничих систем самоочищатися і не забруднювати довкілля, виробляти екологічно чисту продукцію і бути привабливим для залучення інвестицій.

Екологічний аналіз життєвого циклу продукції – це аналітичний метод оцінки ефектів впливу на навколишнє середовище протягом усього часу існування даної продукції: з моменту її створення до знищення.

Міжнародні стандарти екологічного менеджменту й аудиту – це регламентовані міжнародною організацією із стандартизації (*The International Organization for Standardization – ISO*) порядок і зміст робіт і документів у сфері управління і аудиту. Система екологічних стандартів ISO 14000 орієнтована не на кількісні параметри (обсяг викидів, концентрації забруднюючих речовин і т. д.), не на технічні характеристики чи технологічні рішення, а на принцип постійного удосконалення. Стандарти ISO 14000 згруповані за трьома напрямками: регламентація загальних принципів; формування інструментарію; управління екологічною якістю продукції. Офіційно стандарти ISO 14000 є добровільними; вони не підміняють законодавчих вимог. Виконання умов і вимог входження в європейську систему екологічного менеджменту та аудиту значно полегшуються, якщо організації в цілому починають запроваджувати систему українських стандартів серії ДСТУ ISO 14000-97, які розроблено відповідно до міжнародних стандартів серії ISO 14000. Згідно з ISO 14001, *система екологічного управління (EMS)* – частина загальної системи управління, яка включає в себе організаційну структуру, діяльність з плануванням, обов'язки та відповідальність, практику, процедури, процеси, ресурси для формування, впровадження, досягнення, аналізу та здійснення екологічної політики. Якщо раніше основними завданнями стандартів у ПК було вберегти систему від екологічно несприятливих змін, то сьогодні завдання принципово замінюються: вберегти зміни системи від несприятливих тенденцій.

Підходи до ресурсозберігання та екологізація ПК необхідно розглядати з позицій циркулярної економіки.

Циркулярна економіка – це нова економічна функціональність, заснована на циклічних бізнес-моделях: замість системи, в якій ресурси видобуваються, перетворюються на продукти, а потім стають відходами, циклічна економіка збільшує термін служби продуктів і повторно використовує сировину, надаючи нове життя. Закон США «Збережемо

наші моря 2.0» від 2020 року говорить про циркулярну економіку як про модель, «яка використовує системно-орієнтований підхід і включає промислові процеси та економічну діяльність, які є відновлювальними або регенеративними за своєю схемою, забезпечуючи використання ресурсів у таких процесах і діяльності. підтримувати їх найвищу цінність якомога довше та прагнути до усунення відходів». Підхід циркулярної економіки наголошує на зменшенні впливу матеріалів на життєвий цикл, зменшенні використання шкідливих матеріалів і відокремленні використання матеріалів від економічного зростання. Але це виходить за рамки переробки. Всесвітній економічний форум пояснює, що в правильно побудованій циркулярній економіці слід натомість зосередитися на уникненні етапу переробки будь-якою ціною, тобто запобігання утворенню відходів є ключовим. Переробка – це «кінець труби», тоді як циркулярна економіка йде вгору, щоб вирішити потенційні проблеми на ранніх стадіях. Етап проектування продуктів, коли приймаються рішення про те, як вони будуть створені, є місцем, де виникає переважна більшість екологічних впливів. Це означає, що ми повинні гарантувати, що продукти та матеріали призначені для повторного використання, ремонту та повторного виробництва. Таким чином можна було значно скоротити кількість необхідного нового матеріалу – на 80-98 % для відновлення, на 82-99 % для комплексної реконструкції та на 94-99 % для ремонту. «Перевизначення цінності – революція у виробництві». Прийняття цих заходів також може зменшити викиди парникових газів у деяких секторах на 79-99%. Хоча циркулярність сприяє більш стійкому світу, не всі ініціативи сталого розвитку сприяють циркулярності. Циркулярність зосереджується на ресурсних циклах – стійкість, загалом, більше стосується людей та економіки.

Зелена економіка – це зовсім інше. Екологічна платформа ООН (ЮНЕП) визначає її як економіку, яка сприяє підвищенню добробуту та соціальної рівності при значному зниженні екологічних ризиків і екологічного дефіциту. Він об'єднує виробництво, розповсюдження та споживання товарів і послуг у надії на покращення добробуту людей і навколишнього середовища в довгостроковій перспективі. Визначення зеленої економіки, мабуть, ближче до визначення відновлюваної ділової практики, але поширюється на всю економічну структуру, а не на її цільовий знімок. Циркулярна економіка може вписуватися в зелену, але не навпаки. Точний опис ЮНЕП – це «низьковуглецева, ресурсоефективна та соціально інклюзивна» економіка – свого роду оптимізована стійка економіка. Незважаючи на те, що вона має подібну мету до циклічної економіки, яка полягає в тому, щоб уникнути наражання майбутніх поколінь на значні екологічні ризики та екологічну нестачу, зелена економіка прагне до економічного зростання, яке не матиме негативного

впливу на людей чи навколишнє середовище. Його основна мета – революція виробничих систем і споживчих звичок.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке збалансоване природокористування і які його основні складові?
2. Що таке ресурсозабезпеченість?
3. У чому суть ресурсозберігання?
4. У чому суть ресурсозберігаючих технологій?
5. У чому суть маловідходних технологій?
6. У чому суть реутилізаційних технологій?
7. Що таке «безвідходна технологія»?
8. У чому суть моделі суспільства одноразового споживання?
9. Що таке екологізація?
10. Що таке екодеструктивні процеси?
11. Що таке інтегральний екодеструктивний вплив?
12. Які основні компоненти механізму екологізації економіки?
13. У чому суть доповіді Римському клубу «Фактор чотири. Витрат – удвічі менше, віддача – подвійна»?
14. Які принципи управління процесами екологізації?
15. У чому суть «циркулярної економіки»?
16. У чому суть «зеленої економіки»?

8 ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ ПРИРОДНИХ СИСТЕМ

Термін «екосистемні послуги» (*ecosystem services*) став активно використовуватися з 1981 року, після опублікування роботи П. Ерліх і А. Ерліх [14]. і підкреслити соціальну значущість функцій природних екосистем. Наразі немає єдиного визначення терміну «екосистемні послуги», а також не існує і єдиної методики оцінки таких послуг.

Екосистемні послуги (ЕСП) – це всі корисні ресурси та вигоди, які сучасне людство може отримати від природи (як матеріальні, так і нематеріальні вигоди від абіогенних і біогенних складових різноманітних природних систем. Саме від ЕСП залежить задоволення потреб людства в середовищі існування й продуктах харчування, а також рівень та якість його життя, тому у Документі ООН «*Millenium Ecosystem Assessment*» [15], ЕСП називають «прямим та непрямим внеском у благополуччя людей».

Одним із ключових понять у розмові про важливість ЕСП є добробут (*well-being*). Він складається з багатьох аспектів, що включають базові умови для гідного життя, свободу вибору та дій, здоров'я, стійкі соціальні зв'язки та безпеку. Добробут визначається як протилежність бідності, але про нього немає єдиного уявлення, оскільки складові благополуччя сприймаються людьми по-різному. Це залежить від географічного положення, культури та решти чинників, а також специфічних місцевості умов проживання та періоду історії.

Усі ЕСП безкоштовні, оскільки люди не оплачують їх використання або споживання, але частину таких послуг можна умовно оцінити у грошовому еквіваленті, щоб оцінити масштаби втрат внаслідок зникнення корисних властивостей складових природних систем. Оцінка ЕСП необхідна для розуміння того, наскільки важливим для нормального життя суспільства є збереження ландшафтно-біологічного різноманіття природних систем й підтримання їх у рівноважному стані. Окрім того, оцінка ЕСП є важливим кроком у напрямку визначення їх внеску в різні галузі економіки, а також дозволяє окреслити їх потенційні можливості задля надання цих послуг у конкретному контексті та для конкретних отримувачів матеріальних вимог; при цьому визначається, наскільки надання ЕСП є сталим, а також задля можливості ідентифікувати пороги і переломні моменти.

В основі методів оцінки ЕСП лежать два концептуальних підходи – біоцентричний (екоцентричний) та антропоцентричний (егоцентричний). Біоцентричний підхід сповідує ідею про те, що цінності природи і полягає в здатності задовольняти потреби не тільки людини, а й інших організмів. Тобто елементи довкілля мають внутрішню властиву цінність (*intrinsic value*), яка існує незалежно від того, чи є вони, або не є засобом задоволення потреб людських індивідів. Цей підхід позбавляє людину

права оцінювати, оскільки практично не застосовується, хоча деякі послуги можна розглядати з погляду цієї концепції. Її застосування особливо виправдане в суспільствах, де люди наділяють природу вищою духовною чи культурною цінністю. Наприклад, існування священних гаїв у деяких культурах допомогло захистити природні території та біологічного різноманіття, що міститься в них» Біоцентричний підхід, будучи переважно філософським поглядом, не приділяє уваги практичним аспектам використання навколишнього середовища. Сенс антропоцентричного підходу у тому, що природа цінна лише тією мірою, якою вона приносить задоволення людині. У цьому підході використовується філософський постулат, який полягає у тому, що людина – міра всіх речей. Оцінюється головним чином користь, яку людина отримує при споживанні послуг, що надаються навколишнім природним середовищем. Об'єкт оцінюється з погляду його інструментальної чи утилітарної цінності, тобто його *властивостей* в якості інструменту задоволення потреб і переваг індивідів. Не варто, однак, обмежуватися приземленим тлумаченням словосполучення «задоволення потреб і переваг», адже, наприклад, естетична насолода видами природи також виконує це завдання. В економічній оцінці ЕСП застосовується саме цей підхід, хоча окремі аспекти внутрішньо властивої вартості враховуються у категорії культурних послуг [16].

Фундаментальну залежність людства від послуг ЕС та їх стан і динаміку системно проаналізовано у звіті «*Millennium Ecosystem Assessment*» [15], підготованому під егідою ООН міжнародним науковим колективом. У рамках цього дослідження запропоновано чотири групи ЕСП:

1) забезпечувальні послуги (*provisioning services*) – це ЕСП, які описують матеріальний чи енергетичний результат функціонування ЕС (продукти харчування, деревина й волокно, паливо, прісна вода, медикаменти тощо);

2) регулюючі послуги (*regulating services*) – це послуги з регулювання екосистемних процесів (регулювання якості повітря, очищення води, регулювання стоку води, запобігання ерозії, регулювання клімату, запилення, біологічний контроль);

3) культурні послуги (*cultural services*) – це нематеріальні вигоди, які люди отримують під час контакту з екосистемами (значення для культури, мистецтва, рекреація й туризм, естетичне значення, знання й значення для освіти, духовне та релігійне значення);

4) підтримуючі послуги (*supporting services*) – це послуги, необхідні для підтримки всіх інших екосистемних послуг (грунтоутворення, кругообіг поживних речовин, фотосинтез, біологічне різноманіття).

У багатьох країнах використовується класифікація ЕСП, яка була запропонована в роботі [17]. Вона включає схожі категорії, але замість

«підтримуючих послуг» (*supporting services*) введено «послуги середовища існування» (*habitat services*). Це було зроблено, аби підкреслити важливість місць існування для мігруючих видів та їх потомства.

Поняття «екосистемні послуги» відсутнє в українському законодавстві, тому врахування їх у ході ухвалення рішень – не дуже поширене явище [18], але в Законі України «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» зазначено про доцільність «впровадження *екосистемного підходу* в галузеву політику та удосконалення системи інтегрованого екологічного управління». Нагальна потреба в формуванні інституціональних умов для впровадження екосистемного підходу в практику господарювання актуалізує розроблення конкретних рекомендацій органам державної влади в Україні, тому в роботі О.В. Веклича та ін. [19] представлено систематизований масив науково-прикладних пропозицій та законодавчих ініціатив по реформуванню системи екологічного управління на екосистемних засадах із урахуванням загальних процесів децентралізації та євроінтеграції. Зважаючи на те, що в Україні практично не розроблено механізмів запровадження концепції ЕСП та інституційних норм щодо уникнення протиріч між продуцентами ЕСП та їхніми споживачами, у найближчій перспективі в законодавство України пропонується імплементувати поняття «екосистемна послуга», провести інвентаризацію та оцінку ЕСП із метою запровадження екосистемних платежів та їхнього включення в ринковий обіг. Поглибленого дослідження потребують недооцінені раніше послуги, які треба виявити та інтегрувати в господарську діяльність. Це може бути одним із надійних запобіжників подальшої деградації ЕСП та інструментом майбутнього входження України в міжнародні ринки ЕСП [20].

На сьогоднішній день існує безліч досліджень, присвячених різним аспектам оцінки ЕСП різноманітних ЕС України, а саме: ідентифікації та методології оцінювання ЕСП, екосистемним принципам управління водно-болотними угіддями (*Н.В. Дегтярь, 2012*); *Н. Закорчевна, 2019*); оцінці послуг ЕС, забезпечуваних лісами України, та пропозиціям щодо механізмів плати за послуги ЕС (*І. Соловій, 2016*); екосистемним платежам в контексті формування й оптимізації довкілля (*В. Файфура, С. Надвиничний, 2016*); ЕСП в системі стимулювання сталого розвитку територій (*Ю.Б. Шпильова, Т.М. Носуліч, 2016*); розвитку екосистемного корпоративного підприємства – сільського, лісового, рибного (*Н.П. Миськовець, 2017*); оцінюванню ЕСП лісів за даними дистанційного зондування Землі (*О.І. Фурдичко та ін., 2019*); ЕСП зелених насаджень урбосистем (*А.М. Прищепка, 2019*); аналізу міжнародного та вітчизняного досвідів концепції (*Л.М. Архипова, М.М. Приходько, 2020*); удосконаленню інструментарію здійснення функцій ЕСП (*Н. Гавадзин, І.В. Мельничук, 2020*); формалізації та параметризації оцінювання ЕСП ґрунтів місцевого

екосистемного активу (О.О. Веклич, 2021); ЕСП полезахисних лісових смуг як основи компенсаційних механізмів їхнього створення та утворення (Н.Ю. Висоцька та ін., 2021); концепції ЕСП з урахуванням застосування її для Дніпровського каскаду водосховищ (А.А. Протасов, Й. Узунов, 2021); конфліктам природокористування в контексті втрати ЕСП (О.П. Гавриленко, 2019); екосистемної цінності Голосіївського лісу як міської природоохоронної території (П.Г. Шищенко, О.П. Гавриленко, Є.Ю. Циганок, 2019); нормативно-законодавчим пропозиціям щодо впровадження екосистемного підходу в управлінську практику (О.О. Веклич, В.М. Колкова, І.В. Патока, 2022); оцінці ЕСП північно-західної частини Чорного моря (Т.А. Сафранов, М.А. Берлінський, Юссефель Хадрі, М.Сліже, 2022), оцінці ЕСП окремих частин прибережної зони північно-західної частини Чорного моря (Т.А. Сафранов, 2023), оцінці ЕСП водно-болотних угідь Північно-Західного Причорномор'я (Т.А. Сафранов, 2023) та ін. Як бачимо, існує дуже широкий підхід як до самого поняття «екосистемні послуги», так і до його використання стосовно не тільки природних, але й напівприродних та штучних екосистем, а також в інших аспектах. При цьому, не завжди ураховується зв'язок ЕСП виключно з різноманітними природними екосистемами та їх безкоштовністю.

Деякі дослідники (Т. Браун, Дж. Бергстром, Дж. Лумис, Д.А. Дарбалаева та ін.) вважають термін «екосистемні послуги» невдалим, оскільки природні ЕС не можуть надавати послуги, тому що послуги – це акт, або якась усвідомлена дія. Природа існує, а не надає послуги і природні ресурси й умови існують незалежно від людини. Термін «послуги» не може бути використаний відносно природної екосистеми, оскільки в економічній теорії під «послугами» розуміють цілеспрямовану діяльність саме людини, результат якого має корисний ефект, задовольняючий будь-які потреби людини. Послугою вважається результат діяльності, матеріальний чи нематеріальний продукт, який виробник надає споживачу відповідно до встановлених вимог і до властивостей цього продукту або результату. Поняття «послуги» може трактуватися і як специфічна форма праці, і як результат праці (екологічні, освітні, інформаційні, консультаційні, юридичні, медичні тощо). Наприклад, екологічні послуги – вид послуг, прямим чи непрямим результатом яких є поліпшення стану довкілля та зменшення шкідливого впливу на людину. Виділяють кілька напрямів екологічних послуг: науковий (проведення досліджень), експлуатаційний (використання товарів екологічного спрямування), сервісно-торговельний (продаж товарів екологічного спрямування), освітній, управлінський (управління процесами природокористування), культурно-мистецький, інформаційний (екологічний консалтинг), оздоровчий (рекреація і охорона здоров'я) [1]. Іноді їх помилково називають «екосистемними послугами», а іноді замість цього терміну пропонується поняття «екосистемні блага» (наприклад,

відновлювані та невідновлювані природні ресурси). Нагадаємо, що матеріальні і нематеріальні блага – це об'єкти та засоби задоволення людських потреб, тому природні ресурси (природні об'єкти і явища, що використовуються в теперішньому часі, споживалися в минулому і будуть задіяні майбутньому для прямого або опосередкованого споживання, сприяють створенню матеріальних багатств, відтворенню трудових ресурсів, підтримці умов існування людства і підвищенню якості життя) та *природні умови* (сукупність живих організмів, тіл і явищ природи, існуючих поза діяльністю людей, які впливають на інші живі організми, тіла і явища, що розглядаються як центральні в системі існуючих досліджуваних відносин (М.Ф. Реймерс, 1990), можна розглядати як матеріальні і нематеріальні блага.

Нагадаємо, що у ПК основним об'єктом досліджень є природна система. З позицій ПК інтерес можуть представляти як біогенні, так і абіогенні компоненти ПС, але оптимізація природокористування передбачає збереження сприятливих умов для існування і розвитку живих організмів і, передусім, людської популяції. Наприклад, якщо море розглядати як природну екосистему, то головним об'єктом є сукупність угруповань організмів (біоценоз), якщо ж море розглядати як ПС, то біогенні і абіогенні компоненти є рівнозначними. В ПС інтерес можуть представляти як біологічні ресурси, так і мінеральні ресурси, пріоритетність яких визначається нагальними потребами економіки. Оптимізація природокористування передбачає таку експлуатацію біологічних та/або мінеральних ресурсів, яка б не порушувала рівновагу природної ЕС (ПС), зберігала сприятливі умови, для біоти і людини. У багатьох випадках цього не дотримується (наприклад, при гострому дефіциті вуглеводневої сировини здійснюються пошуки, розвідування і експлуатація нафтогазових покладів в шельфовій зоні морів, а проблеми збереження біологічного різноманіття відсуваються на другий план; в окремих випадках виникає необхідність перезонування територій природно-заповідного фонду і т. д.

При оптимізації природокористування правильніше говорити не про використання природних ресурсів, а про використання їх певної частини, тобто про природно-ресурсний потенціал (ПРП), тобто здатність природних систем без шкоди для себе (а, отже, і для людей) віддавати необхідну для людства продукцію або виконувати корисну роботу в рамках господарства даного історичного типу (М.Ф. Реймерс, 1990), тобто це визначення є досить близьким до поняття «екосистемні послуги»). В.П. Руденко [21] під ПРП розуміє показник, який характеризує сукупність природних ресурсів та їх сукупну продуктивність.

Важливо, що низка вчених важливо проти «присвоєння цінника» багатствам природи. Вони вважають, що цінність природи нескінченна і не може мати грошового висловлювання, а оцінювати її окремі елементи

просто абсурдно. Інші, навпаки, вважають, що це необхідно (Б. Коммонер, 1974; С.Н. Бобильов, В.М. Захаров, 2009, 2014; А.А. Поспелова, 2011; Т.А. Акімова, 2012 та ін.). В даний час економічна оцінка ЕСП важлива для ефективного природокористування і може бути базисом для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Економічна оцінка ЕСП дозволяє раціонально використовувати наявні ресурси, оцінювати інвестиційну привабливість екологічно орієнтованих проектів, а також сприяє розвитку та впровадженню системи компенсаційних платежів. Вважається, що основною причиною деградації природних ЕС є недооцінка їхньої реальної економічної цінності, вартості їх ресурсів та послуг загалом. У тих випадках, коли фінансові ресурси, необхідні для вирішення серйозних економічних проблем, обмежені, плата за ЕСП може забезпечити додаткові ресурси для впровадження екологічно дружніх технологій, створити стимули для інвестицій та посилити залучення бізнесу в охорону навколишнього середовища [22]. Етичний аспект оцінки та плати за екосистемні послуги докладно розглянуто у статті [23]. Величина ПРП, що є елементом суспільного (національного або регіонального) багатства, кількісно може бути представлена лише через вартісні показники у так званих загальнодержавних кадастрових або світових цінах. Наприклад, можна визначити гідроенергетичний потенціал річки, кількість водних і гідробіологічних ресурсів та їх вартісні показники, але неможливо надати вартісну оцінку естетичності річкових ландшафтів, водоспадів та інших унікальних природних куточків. На думку М.Ф. Реймерса (1994), оцінювати природу за вартістю її матеріальних багатств – це все одно, що оцінювати картини великих художників за їх метражем або витратами на полотно і фарбу. Проте, такий підхід є домінуючим тому, що їх монетизація, тобто їх оцінка у грошовому еквіваленті, допомагає зрозуміти людям те, наскільки важливим у їхньому житті є збереження біогенної та абіогенної природних складових ЕС (ПС).

На підставі вищевикладеного, пропонується замість терміну «екосистемні послуги» використовувати поняття «корисні властивості природних систем» (*useful properties of natural systems*), тобто забезпечувальні, регулюючі, культурні та підтримуючі корисні властивості ПС. Обмежують корисні властивості природних систем стихійні природні процеси, а також різноманітні фізичні, хімічні та біологічні забруднення.

Питання для самоконтролю:

1. Що таке збалансоване природокористування і які його основні складові?
2. Що таке ресурсозабезпеченість?
3. У чому суть ресурсозберігання?
4. У чому суть ресурсозберігаючих технологій?
5. У чому суть маловідходних технологій?

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Екологічна енциклопедія: у 3 т. / редколегія: А. В. Тостоухов (головний редактор) та ін. Київ: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2006 – Т.1, 2007 – Т.2, 2008 – Т.3.
2. Верхоглядова Н. І. Класифікація ресурсів та її значення для управління ресурсозбереженням. *Економічна наука*. 2015. № 16. С. 27-31
3. Мельник Л. Г. Екологічна економіка: підручник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2002. 346 с.
4. Екологія: підручник / С. І. Дорогунцов, К. Ф. Коценко, М. А. Хвесик та ін. Київ: КНЕУ, 2005. 371 с.
5. Довгалюк О. М., Безкостний П. І. Дослідження особливостей впровадження сонячних електростанцій в кураїні та їх впливу на роботу електроенергетичних систем. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Енергетика 24 надійність та енергоефективність*. 2018. № 10 (1286). С. 24-31).
6. Геотермальна енергія. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/geotermalna-energiya/> (дата звернення: 28.12.2023)
7. Біодизель та біоетанол / Дубровін В. О., Голуб Г. А., Поліщук В. М. та ін. Київ : ЮНІДО, 2015. 51 с.
8. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text> (дата звернення: 29.12.2023)
9. Перспективи розвитку альтернативної енергетики в Україні / Калда Г. С., Соколан Ю. С., Рибалка К. А., Боричка К. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. №2 (014). С. 48-54.
10. Галецький Л. С., Петрова Л. О. Техногенні відходи, як нове джерело надходження металів // *Зб. наук. пр. ІГН НАН України*. Київ, 2005. С. 48-51.
11. Екологічне підприємництво : навчальний посібник / Шевчук В. Я., Саталкін Ю. М., Навроцький В. М. та ін. Київ : Мета, 2001. 197 с.
12. Туниця Т. Ю. Збалансоване природокористування: національний і міжнародний контекст. Київ : Знання, 2006. 300 с.
13. Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 29.12.2023).
14. Erlich P., Erlich A. Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species. New York, 1981. 305 p.
15. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends Assessment. Washington, DC: Island Press, 2005. 516 p

16. Wallace K. Classification of ecosystem services: Problems and Solutions. *Biological Conservation*. 2007. No. 139. 246 p.
17. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. Malta: Progress Press, 2010. 49 p.
18. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги: огляд. URL: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/EcoPoslugy_web_new.pdf (дата звернення: 27.12.2023).
19. Веклич О. О., Колкова В. М., Патока І. В. Комплекс нормативно-законодавчих пропозицій щодо впровадження екосистемного підходу в управлінську практику. *Економіка і держава*. 2022. №5. С. 56-61.
20. Гавриленко О. П. Конфлікти природокористування в контексті втрати екосистемних послуг. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Географічні науки*. 2019. Вип. 10. С. 101-106.
21. Руденко В. П. Оцінка природно-ресурсного потенціалу України як основа менеджменту природоохоронної діяльності : монографія. Чернівці : Рута, 2014. 248 с.
22. Загорчевна Н. Оценка экосистемных услуг в бассейне нижнего Днестра. 2019. 22 с. URL: <https://iwlearn.net/resolveuid/9a6d0000-7c18-4546-bc5c-5dcb9a51f8d2> (дата звернення: 27.12.2023).
23. Ecosystem services / Villagómez-Cortés, Ángel-Pérez, Villagómez-Cortés J. A., del-Ángel-Pérez A. L. *Res. J. Environ. and Earth Sci.* 2013. Vol. 5, No. 5. Pp. 278-286.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Антиресурси 18
- Біоцентризм 15
- Доповідь Римському клубу 100
- Екологізація 98
 - «атрибути» 99
 - механізми 100
 - управління процесами 101
- Екологічний аудит 101
- Екологічний аналіз життєвого циклу продукції 102
- Еколого-економічний потенціал 16,17
- Еколого-економічна політика 84
- Екосистема 41
- Екосистемні послуги 105
 - групи послуг 106
 - корисні властивості 110
- Економічний розвиток 82
- Екотопія («зелений екстремізм») 83
- Закон
 - внутрішньої динамічної рівноваги 68
 - Баррі Коммонера 70
 - обмеженості природних ресурсів 71
 - відповідності між розвитком продуктивних сил і природно-ресурсним потенціалом 71
 - падіння природно-ресурсного потенціалу 72
 - розвитку природної системи за рахунок навколишнього середовища 72
 - зниження ефективності природокористування 72
 - оптимальності 73
 - максимальної урожайності 73 максимуму 73
 - максимізації енергії 101
 - мінімуму 26
- Зелена економіка 103
- Міжнародні стандарти екологічного менеджменту й аудиту 101
- Моделі суспільства одноразового споживання 98
- Оптимізація 8
 - оптимізація природокористування 8
 - оптимізація ландшафту 10
 - оптимізація природного середовища 11
- Потреби людини 20
- Правило
 - інтегрального ресурсу 71
 - міри перетворення ПС 73
 - територіальної екологічної рівноваги 74
 - спадаючої природної родючості 74
 - зниження природоємності готової продукції 74
 - збільшення темпів обороту природних ресурсів, що залучаються 74
- Принцип
 - гармонізації відносин природи та виробництва 11
 - принципу комплексного використання ПР та концентрації виробництва 12
- Принципи раціонального природокористування 12
 - «нульового рівня» споживання природних ресурсів 12
 - відповідності антропогенного навантаження природно-ресурсному потенціалу регіону 12
 - збереження просторової цілісності природних систем у процесі їх господарського використання 12
 - збереження природообумовленого кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності 13
 - погодження виробничого і природного ритмів 13
- Природокористування 7
 - нераціональне 8
 - раціональне 8-10
 - збалансоване 94
- Природні ресурси 18
 - класифікація 21-24
 - енергетичні 26-56
 - газово-атмосферні 57
 - водні 58
 - ґрунтово-геологічні 60
 - біологічні 63
 - комплексна ресурсна група 65
 - рекреаційні 65
- Природно-ресурсний потенціал 15, 16
 - складові ПРП 21
- Природна система 14
- Природні умови 20
- Природні фактори 18

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Акімова Т.А. 109
Архипова Л.М. 107
Бобильов С.Н. 109
Браун Т. 107
Вайцеккер Е. 100
Васильок О. 107
Веклич О.В. 107
Верхоглядова Н.І. 18
Висоцька Н.Ю. 107
Войтків П. 5
Вронський В.А. 22
Гаваздин Н. 107
Гавриленко О.П. 5, 107
Гофман К.Г. 19, 21
Дедю Т.І. 68
Дегтярь Н.В. 107
Дорогунцов С.І. 12, 22
Закорчевна Н. 107
Ерліх П. 105
Ерліх А. 105
Калда Г.С. 56
Кирилов С.Н. 8
Коммонер Б. 70, 107
Коренюк П.І. 5
Куражковський Ю.М. 7
Максименко Н.В. 5
Мельник Л.Г. 19, 20, 21, 99
Минц А.А. 14, 19
Миськовець Н.П. 107
Міллер Т. 97, 98, 99
Небел Б. 11, 27, 31
Одум Г. 74
Одум Ю. 74
Прищепа А.М. 107
Протасов А.А. 107
Реймерс М.Ф. 7, 8, 9, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 24, 26, 58, 66, 68, 70, 71, 76, 107, 110
Руденко В.П. 16
Сафранов Т.А. 5, 107
Соловій І. 107
Сонько С.П. 5
Туниця Т.Ю. 95
Файфура В. 107
Федулова С.О. 5
Фурдичко О.І. 107
Хільчевський В.К. 58
Хубулава М. 60
Шпильова Ю.Б. 107
Щишченко П.Г. 5, 107

Навчальне електронне видання

САФРАНОВ Тамерлан Абісалович
КОЛІСНИК Алла Вікторівна

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Навчальний посібник

Видавець і виготовлювач

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: info@odeku.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016