

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Т. А. САФРАНОВ, А. В. КОЛІСНИК

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Конспект лекцій

Одеса  
Одеський державний екологічний університет  
2021

УДК 504.06  
С12

**Сафранов Т. А., Колісник А. В.**

**С12** Системний аналіз якості навколишнього середовища: конспект лекцій. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2021. 205 с.  
ISBN 978-966-186-158-8

В конспекті лекцій висвітлені теоретичні основи, інструменти та методи системного аналізу якості навколишнього середовища, принципи оцінки стану та якості природних та антропогенно-змінених екосистем, методи забезпечення якості навколишнього середовища, підходи до екологізації антропогенної діяльності. Може бути використаний студентами при вивченні дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища», яка є важливою стадією підготовки магістрів-екологів зі спеціальності 101 «Екологія».

**УДК 504.06**

*Рекомендовано методичною радою Одеського державного екологічного університету  
Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій (протокол №8 від 27.05.2021 р.)*

ISBN 978-966-186-158-8

© Сафранов Т. А., Колісник А. В., 2021  
© Одеський державний екологічний університет, 2021

## ЗМІСТ

<b>СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>Модуль 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ, ІНСТРУМЕНТИ ТА МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Базові поняття системного аналізу якості навколишнього середовища.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Принципи проведення системного аналізу якості навколишнього середовища.....</b>	<b>23</b>
<b>1.3 Контрольні питання до змістовного модуля 1.....</b>	<b>50</b>
<b>1.4 Перелік посилань до змістовного модуля 1.....</b>	<b>52</b>
<b>Модуль 2. ОЦІНКА СТАНУ ТА ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННО-ЗМІНЕНИХ ЕКОСИСТЕМ.....</b>	<b>54</b>
<b>2.1 Нормативно-правове регулювання природоохоронної діяльності.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2 Методи і критерії оцінки якості компонентів навколишнього природного середовища.....</b>	<b>60</b>
2.2.1 Оцінка якості атмосферного повітря.....	60
2.2.2 Оцінка якості води водних об'єктів.....	62
2.2.3 Оцінка якості ґрунтів.....	66
<b>2.3 Екологічна оцінка стану і якості компонентів навколишнього природного середовища.....</b>	<b>67</b>
2.3.1 Оцінка якості атмосферного повітря на основі комплексних показників.....	67
2.3.2 Методи комплексної оцінки якості води водних об'єктів.....	74
2.3.3 Екологічна оцінка якості ґрунтів.....	84
2.3.4 Оцінка якості геологічного середовища.....	87
2.3.5 Біоіндикація як метод оцінки стану біоценозів і довкілля....	88
<b>2.4 Оцінка складових природно-рекреаційного потенціалу території (акваторій).....</b>	<b>90</b>
<b>2.5 Аналіз і оцінка стану антропогенно-змінених екосистем (ландшафтів).....</b>	<b>93</b>
<b>2.6 Комплексні показники стану довкілля.....</b>	<b>95</b>
2.6.1 Комплексна оцінка якості міського середовища.....	95
2.6.2 Індикатори якості довкілля.....	97
2.6.3 Комплексні показники стану глобальної екосистеми.....	98
<b>2.7 Контрольні питання до змістовного модуля 2.....</b>	<b>101</b>
<b>2.8 Перелік посилань до змістовного модуля 2.....</b>	<b>102</b>

<b>Модуль 3. МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>105</b>
<b>3.1 Екологічна стандартизація, сертифікація та ліцензування у сфері охорони довкілля.....</b>	<b>105</b>
3.1.1 Екологічна стандартизація.....	105
3.1.2 Екологічна сертифікація.....	108
3.1.3 Екологічне ліцензування.....	111
<b>3.2 Планування, впровадження, контроль й аналіз систем екологічного менеджменту.....</b>	<b>114</b>
<b>3.3 Аналіз життєвого циклу продукції та визначення його впливу на довкілля.....</b>	<b>120</b>
<b>3.4 Критерії, методика та процедури проведення екологічного маркування.....</b>	<b>124</b>
<b>3.5 Методологія і методика захисту об'єктів навколишнього середовища: вітчизняний та світовий досвід.....</b>	<b>129</b>
<b>3.6 Інженерно-екологічні методи та технології охорони довкілля.....</b>	<b>132</b>
3.6.1 Очищення промислових викидів.....	132
3.6.2 Очищення промислових стічних вод.....	139
3.6.3 Біохімічні методи очищення міських стічних вод.....	143
3.6.4 Сучасні методи поводження з відходами.....	149
<b>3.7 Екологічне проектування та впровадження природоохоронних технологій.....</b>	<b>159</b>
<b>3.8 Норми, методи контролю та ефективності природоохоронних технологій.....</b>	<b>161</b>
<b>3.9 Біологічна безпека сучасних технологій.....</b>	<b>165</b>
3.9.1 Заходи щодо забезпечення біобезпеки в Україні та світі.....	168
3.9.2 Екологічні аспекти використання генно-модифікованих організмів.....	171
<b>3.10 Контрольні питання до змістовного модуля 3.....</b>	<b>174</b>
<b>3.11 Перелік посилань до змістовного модуля 3.....</b>	<b>175</b>
<b>Модуль 4. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ....</b>	<b>177</b>
4.1 Загальні уявлення про екологізацію.....	177
4.2 Принципи екологізації економіки.....	181
4.3 Моделі виробничих процесів з екологічної точки зору.....	184
4.4 Принципи екологізації окремих галузей економіки.....	186
4.5 Принципи екологізації освіти.....	194
4.6 Контрольні питання до змістовного модуля 4.....	202
4.7 Перелік посилань до змістовного модуля 4.....	203

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БСК – біохімічне споживання кисню  
ГДВ – гранично допустимий викид  
ГДК – гранично допустима концентрація  
ГДН – гранично допустиме навантаження  
ГДР – гранично допустимий рівень  
ГДР – громадська дорадча рада  
ГДС – гранично допустимий скид  
ГМО – генетично модифіковані організми  
ЕА – екологічний аудит  
ЕЕ – екологічна експертиза  
ЕО – екологічна оцінка  
ЕОП – екологічна оцінка проектів  
ЕТ – екологічний туризм  
ЖЦ – життєвий цикл  
ЗР – забруднювальна речовина  
ІЗА – індекс забруднення атмосфери  
ІЗВ – індекс забруднення води  
КІЗ – комбінаторний індекс забруднення  
ЛОШ – лімітуюча ознака шкідливості  
НПС – навколишнє природне середовище  
НС – навколишнє середовище  
НЯНПС – нормування якості навколишнього природного середовища  
ОВНС – оцінка впливу на навколишнє середовище  
ОКР – освітньо-кваліфікаційний рівень  
ОМП – оцінка місць проживання  
ООПТ – особливо охоронювана природна територія  
ОПП – освітньо-професійна програма  
ОЦЖ – оцінка життєвого циклу  
ПЗФ – природно-заповідний фонд  
ПТК – природно-територіальний комплекс  
ПР – природні ресурси  
ПРП – природно-рекреаційний потенціал  
РТД – рекреаційно-туристична діяльність  
СВ – стічні води  
СЗЗ – санітарно-захисна зона  
СЕО – стратегічна екологічна оцінка  
СР – сталий розвиток  
ТПВ – тверді побутові відходи  
ХЕ – хімічний елемент  
ХСК – хімічне споживання кисню  
ШР – шкідлива речовина

## ВСТУП

Вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» необхідна ланка у процесі підготовки фахівців рівня вищої освіти (РВО) «магістр» зі спеціальності 101 «Екологія». Ця навчальна нормативна дисципліна належить до циклу природничо-наукової, професійної та практичної підготовки освітньо-професійної програми (ОПП).

Дисципліна «Системний аналіз якості навколишнього середовища» при підготовці магістрів зі спеціальності 101 «Екологія» на першому навчальному році.

*Метою* вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» є: формування знань про науку як продуктивну силу, її сутність, головні функції класифікації наук про навколишнє середовище, науково-технічний потенціал екологічної науки, організацію науково-дослідної діяльності в сфері охорони природи в Україні, міжнародну науково-технічну співпрацю України в сфері охорони, збереження і відтворення природних ресурсів; формування вченого-еколога як особистості та спонукає до організації: систематичної роботи, творчого підходу, психологічної налаштованості розумових здібностей; організації науково-пошукової аналітичної діяльності, обранню наукового напрямку екологічних досліджень, плануванню методики досліджень на основі екосистемного підходу.

Дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» охоплює певні *компетентності* за освітньо-науковою програмою «Екологічна безпека» (здатність застосовувати теоретичні основи, інструменти та методи системного аналізу якості навколишнього середовища; здатність використовувати сучасні методи оцінки стану і якості природних та антропогенно-природних екосистем). *Результатами навчання*: вміти застосовувати методи та інструменти системного аналізу; вміти оцінювати стан та якість атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтового покриву, геологічного середовища, біоценозів та ландшафтів.

Дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» охоплює певні *компетентності* за освітньо-професійними програмами «Екологічна безпека» і «Екологія та охорона навколишнього середовища» (здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями; здатність генерувати нові ідеї – креативність; здатність спілкуватися іноземною мовою; здатність застосовувати міждисциплінарні підходи при критичному осмисленні екологічних проблем; здатність до використання принципів, методів та організаційних процедур дослідницької та/або інноваційної діяльності; здатність застосовувати теоретичні основи, інструменти та методи системного аналізу якості навколишнього середовища; здатність використовувати сучасні методи оцінки стану і якості природних та

антропогенно-природних екосистем). *Результатами навчання:* знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук про довкілля; уміти використовувати концептуальні екологічні закономірності у професійній діяльності; критично осмислювати теорії, принципи, методи і поняття з різних предметних галузей для вирішення практичних задач і проблем екології; уміти спілкуватися іноземною мовою в науковій, виробничій та соціально-суспільній сферах діяльності; уміти використовувати сучасні інформаційні ресурси з питань екології, природокористування та захисту довкілля; знати правові та етичні норми для оцінки професійної діяльності, розробки та реалізації соціально-значущих екологічних проектів в умовах суперечливих вимог; демонструвати здатність до організації колективної діяльності та реалізації комплексних природоохоронних проектів з урахуванням наявних ресурсів та часових обмежень; вміти застосовувати методи та інструменти системного аналізу; вміти оцінювати стан та якість атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтового покриву, геологічного середовища, біоценозів та ландшафтів.

*Базові знання, які необхідні для опанування дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища»:* 1) знати принципи застосування системного та діалектичного підходів у наукових екологічних і природоохоронних дослідженнях; 2) знати методи збору та узагальнення інформації, спостереження, прогнозування, моделювання даних екологічного і геоінформаційного моніторингу навколишнього середовища; 3) мати уявлення про основи інформаційно-логічного, функціонального та кореляційного (факторного) системно-екологічного аналізу; 4) знати принципи встановлення мети та розроблення програми досліджень навколишнього природного середовища; 5) знати принципи творчого пошуку для вирішення поставлених завдань для подолання глобальних екологічних проблем; 6) мати уявлення про методи експертних оцінок та аналізування їх для формування зваженого результату екологічно орієнтованих природоохоронних рішень.

*Базові вміння, які необхідні для опанування дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища»:* 1) застосувати принципи системного аналізу при оцінці якості навколишнього середовища; 2) оцінювати стан і якість компонентів навколишнього середовища; 3) застосувати сучасні методи захисту довкілля; 4) впроваджувати методи екологізації у всіх сферах діяльності людини.

*Базові навички, які необхідні для опанування дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища»:* використовувати принципи системного аналізу якості навколишнього середовища для вирішення проблем охорони довкілля та збалансованого природокористування

Вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» базується на знаннях, отриманих з таких навчальних

дисциплін, як «Загальна екологія та неоекологія», «Оптимізація природокористування» «Моніторинг довкілля», «Техноекологія», «Заповідна справа», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», «Екологічна оцінка планів, програм, проєктів», «Екологічна безпека» та ін., а отримані знання будуть використовуватись у подальшому при вивченні інших дисциплін («Теоретико-методологічні основи екологічної безпеки», «Забезпечення екологічної безпеки» тощо) підготовки магістрів зі спеціальності 101 «Екологія», а також в процесі підготовки магістерської кваліфікаційної роботи.

Системний підхід та системний аналіз якості навколишнього середовища є обов'язковими складовими сучасної екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування. Задачами навчальної дисципліни є: ознайомлення з теоретичними основами та прикладними аспектами системного аналізу якості навколишнього середовища.

Дисципліна «Системний аналіз якості навколишнього середовища» складається з декількох головних, відносно самостійних, але тісно пов'язаних між собою частин – модулів: 1) теоретичні основи, інструменти та методи системного аналізу якості навколишнього середовища; 2) оцінка стану та якості природних та антропогенно-змінених екосистем; 3) методи забезпечення якості навколишнього середовища; 4) екологізація антропогенної діяльності.



# Модуль 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ, ІНСТРУМЕНТИ ТА МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

## 1.1 Базові поняття системного аналізу якості навколишнього середовища

Для розгляду теоретичних основ системного аналізу необхідно проаналізувати основні *дефініції* (від фр. – пояснення, тлумачення, визначення слова, поняття або предмету) цієї дисципліни, які в науковій літературі з сучасної екології, енвіронментології та риродокористуванні трактуються неоднозначно.

**Поняття «навколишнє середовище».** Широко використовується термін «*навколишнє середовище*» (НС) під яким розуміють всю сукупність зовнішніх для людини чинників. Деякі автори вважають цей термін невдалим, оскільки незрозуміло кого середовище оточує. У зв'язку з цим *М.Ф. Реймерс* (1990) пропонує інший термін – *середовище, що оточує людину*, тобто сукупність абіотичної, біотичної та соціальної середовищ, які сумісно і безпосередньо впливають на людей та їх господарство. У середовищі, що оточує людину, він виділяє: 1) *інтимне середовище* (житло, інші штучні споруди, родина, сусіди, робочий колектив), де людина проводить 60-90 % всього часу життя; 2) *ближня середовище* (населений пункт – від невеликого селища до мегаполісу, включаючи зелені зони, оточення земляків і т.п.); 3) *дальнє* або *регіональне середовище* (частина НС, що забезпечує людей основною масою продовольства і рекреацією, оточення рідного етносу тощо); 4) *глобальне середовище* (біосфера в цілому); 5) *реальне середовище*, що широко використовується людиною; 6) *потенційне середовище*, що не використовується людиною або незначне використовується лише частина регіонального середовища, а також райони можливого для освоєння в перспективі.

*Стосовно до людини* навколишнє середовище включає: 1) *природний компонент* – природні ландшафти; 2) *техногенний компонент* – створені людиною поселення, промислові підприємства, сільськогосподарські угіддя, середовище житла і т.п.; 3) *соціально-економічний компонент* – культурно-технологічний клімат, економічна забезпеченість, вплив людей один на одного та інші компоненти.

За *М.Ф. Реймерсом* (1990), *природне середовище, що оточує людину* («*навколишнє природне середовище*» – НПС) – це сукупність природних і незначно змінених діяльністю людей біотичних і абіотичних природних факторів, що впливають на людину. Відрізняється від інших складових навколишнього середовища людини властивістю самопідтримки і саморегуляції без коригуючого впливу людини.

*Природне середовище* – поняття близьке, але незалежно від безпосередніх контактів з людиною; може розглядатися по відношенню не тільки до людини, але і до тварин, рослин та інших живих організмів.

Таким чином, *навколишнє середовище* можна розглядати як *складну систему*, що складається з *природної* (сукупність абіотичних і біотичних) і *соціальної* (соціально-економічної) *підсистем*. Наприклад, при оцінці впливу на навколишнє середовище (ОВНС) навколишнє середовище (система) розглядається як сукупність природного, соціального і техногенного середовищ (підсистем).

**Поняття «якість навколишнього середовища».** Поняття «якість навколишнього середовища», «захист навколишнього середовища» та «охорона навколишнього середовища» нерозривно пов'язані один з одним.

*Захист середовища* – це комплекс міжнародних, державних, регіональних і локальних адміністративних, правових, технологічних, планових, управлінських, економічних, соціальних, політичних та громадських заходів, спрямованих на охорону навколишнього середовища людини в цілому або природного середовища проживання людей і біоти – (Н.Ф. Реймерс, 1990).

*Охорона середовища (життя)* – сукупність заходів, спрямованих на збереження природи Землі в стані, відповідному еволюційним потребам сучасної біосфери та її живої речовини, включаючи людину (Н.Ф. Реймерс, 1990).

*Охорона навколишнього природного середовища* – це система державних та громадських заходів, спрямованих на забезпечення гармонійної взаємодії системи «суспільство – природа» на основі збереження та відтворення природних об'єктів; їх раціонального використання; поліпшення якості життєво необхідного середовища проживання людини.

*Об'єкти охорони природного середовища* поділяються на: 1) *глобальні* (озоновий шар атмосфери, атмосферне повітря, генетичний фонд, природні екосистеми Землі); 2) *окремі природні компоненти* (надра Землі, ґрунти, води, повітря, флора, фауна); 3) *території та об'єкти природи, що особливо охороняються*.

Наскільки ефективно здійснюється захист та охорона навколишнього середовища можна судити з її якісних характеристик.

*Якість* – це ступінь відповідності будь-яких властивих характеристик встановленим вимогам.

*Якість екологічна* – сукупність властивостей, ознак, умов навколишнього середовища, продукції, послуг, робіт, які визначають їхню здатність задовольняти екологічні потреби суспільства і вимоги екологічних стандартів (*Екологічна енциклопедія*, 2008, Т.3, с. 388).

*Якість середовища* – ступінь відповідності природних умов потребам людей або інших живих організмів (Н.Ф. Реймерс, 1990).

За І.І. Дедю (1990), *якість навколишнього середовища* – поняття екологічне, антропоцентричне, що відображає суб'єктивно-об'єктивні відношення. Критерієм якості навколишнього середовища людини виступає стан його здоров'я. Якість навколишнього середовища – відносне поняття. Наприклад, одне і те ж стан властивостей ландшафту може бути охарактеризоване як неоднакове за якістю для різних груп населення (наприклад, діти – дорослі, здорові – хворі, аборигени – мігранти і т. д.).

У словнику термінів Міністерства надзвичайних ситуацій (2010 р.) під «*якістю навколишнього середовища*» розуміється ступінь відповідності стану навколишнього середовища потребам людини та інших живих організмів.

Середовище оцінюється як *комфортна*, при оптимальних взаємовідношеннях людини з середовищем, коли здоров'я людини знаходиться в нормі, або поліпшується. Середовище вважається *дискомфортної*, якщо взаємовідношення людини з середовищем супроводжуються відхиленнями у стані здоров'я від норми. Середовище вважається *екстремальної*, якщо при взаємовідношеннях людини з середовищем спостерігаються серйозні незворотні зміни в стані здоров'я населення.

*Якість навколишнього середовища* – не застигле поняття, воно може змінюватися в часі в зв'язку із змінами реакції людини на середовище (зміни можуть бути пов'язані, з одного боку, з адаптацією організму, з іншого боку, – з накопиченням у ньому негативних чи позитивних наслідків).

Зазвичай оцінка якості навколишнього середовища проводиться за допомогою порівняння спостережуваних (вимірюваних) станів компонентів ландшафту з нормативами, нормами, стандартами біологічної, хімічної, фізичної безпечності атмосферного повітря, природних вод, ґрунтів, вмістом у них сторонніх або токсичних речовин, наприклад, шляхом зіставлення з гранично допустимими концентраціями (ГДК) забруднювальних речовин (ЗР).

Якість середовища до активного втручання людини забезпечувалося самою природою шляхом саморегуляції, самоочищення від чужорідних агентів нетехногенного походження. Всім природним процесам властивий циклічний (замкнутий) характер на відміну від штучних. Приблизно з 100% створюваної речовини і енергії людство використовує лише 10 і навіть менше відсотків, все інше у вигляді забруднень надходить і накопичується в біосфері, а останнім часом частина відходів виводиться за межі біосфери в область навколоземного космічного простору.

Таким чином, *якість навколишнього середовища* – це система взаємопов'язаних характеристик довкілля, в першу чергу компонентів природного середовища (атмосферного повітря, природних вод, ґрунтів,

геологічного середовища, біоти), що відображають їх здатність без відхилення здійснювати своє призначення.

У цьому зв'язку, необхідно зупинитися на характеристиці якості компонентів навколишнього природного середовища.

**Якість атмосфери** – це сукупність властивостей атмосфери, що визначають ступінь впливу фізичних, хімічних та біологічних факторів на людей, рослинний і тваринний світ, а також на матеріали, конструкції і навколишнє середовище загалом. Якість атмосфери регламентується стандартами, де розглядаються показники якості атмосферного повітря за ступенем забрудненості, правила контролю якості повітря населених пунктів і т. д. Атмосферне повітря лише умовно можна вважати «невичерпним» природним ресурсом, оскільки під впливом антропогенної діяльності погіршуються його фізико-хімічні властивості, а в деяких промислових містах стан атмосферного повітря вже не відповідає вимогам екологічної безпеки (В.В. Тарасова та ін., 2007).

Оскільки атмосфера є досить потужною і складною геосферою, то логічніше говорити про якість повітря в приземному шарі атмосфери, тобто про ступінь відповідності його фізико-хімічних і біологічних характеристик потребам людини та/або технологічним вимогам (Н.Ф. Реймерс, 1990).

**Якість води** – це характеристика складу і властивостей, що визначає придатність для конкретних видів використання або споживання (М.О. Клименко, П.М. Скрипчук, 2006; В.В. Тарасова та ін., 2007). Згідно «Водному кодексу України» (1995), оцінка якості води здійснюється на основі нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічних нормативів водних об'єктів комунально-побутового, господарсько-питного і рибогосподарського призначення.

**Якість водних об'єктів** – це сукупність властивостей води, що визначають ступінь впливу фізико-хімічних та біологічних факторів на людей, рослинний і тваринний світ і навколишнє середовище в цілому. Регламентується стандартами, де розглядаються основні терміни та визначення, правила контролю якості води водойм і водотоків, оцінка якості джерел централізованого господарсько-питного водопостачання, гігієнічні вимоги та контроль якості питної води і т. д. При цьому враховують фізичне (теплове і радіоактивне), хімічну та біологічну (в основному бактеріальне) забруднення (В.В. Тарасова та ін., 2007).

За М.Ф. Реймерсом (1990), якість води – це ступінь відповідності показників якості води потребам людей і/або технологічним вимогам. Їм дано дещо інше визначення *якості природних вод* – ступінь відповідності фізико-хімічних і біологічних характеристик вод розглядаються потребам (питного, промислового, сільськогосподарського використання, як місць існування гідробіонтів). У «Екологічній енциклопедії» (2008, Т.3, с. 388), під якістю води розуміється «характеристика складу і властивостей води як

компонента водної екосистеми і життєвого середовища гідробіонтів, а також у контексті придатності її в конкретних цілях водокористування». За визначенням *С.М. Юрасова та ін. (2012)*, якість природних вод – це її стан, представлений набором показників, який відображає потреби користувачів в складі й властивостях вод.

**Якість ґрунтів** – це сукупність фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунтів, що визначають їх безпеку в епідеміологічному і гігієнічному відношеннях. Визначається якість ґрунтів за показниками їх санітарного стану, по комплексу критеріїв (санітарно-хімічних і санітарно-мікробіологічних). Якість ґрунтів регламентується стандартами, де розглядаються номенклатура показників санітарного стану ґрунтів, методи відбору і підготовки проб для хімічного, бактеріологічного і гельмінологічного аналізу тощо (*В.В. Тарасова та ін., 2007*).

Крім зазначених, існує: система стандартів у галузі безпеки та захисту навколишнього середовища, праці та життєдіяльності населення (стандарти професійної безпеки та промислової гігієни; стандарти безпеки праці та захисту від шумового і вібраційного забруднення; стандарти безпеки праці та захисту від радіаційного забруднення); стандарти системи якості та управління якістю; система стандартів відповідності продукції вимогам природоохоронного законодавства тощо (*М.О. Клименко, П.М. Скрипчук, 2006; В.В. Тарасова та ін., 2007*).

Характеристика якості компонентів НПС, як правило, обмежується відомостями про якість повітря, води і ґрунтів і, на жаль, зазвичай не розглядається якість геологічного середовища та біоти. Якість цих природних компонентів не регламентується і відповідними стандартами.

**Якість геологічного середовища** – це сукупність ресурсних, геодинамічних, геохімічних та геофізичних функцій геологічного середовища (еколого-геологічних особливостей), які відображають умови функціонування біоти (у т. ч. людини) і техногенних об'єктів в даному обсязі земної кори.

**Якість біоти** – це сукупність властивостей продуцентів, консументів та редуцентів, що сприяє підтримці рівноважного стану (гомеостазу) екосистеми, джерелами отримання необхідних людям матеріальних і духовних благ.

**Система критеріїв якості навколишнього середовища** характеризує основні події, що відбуваються в цьому середовищі і важливі при визначенні якості життя. Можна виділити сім критеріїв якості НС: 1) *геономічні* – характеризують явища і процеси, що обумовлюють фізико-географічні та біокліматичні відмінності ділянок земної поверхні; 2) *біогеохімічні* – характеризують природні біогеохімічні цикли та їх порушення; 3) *екогенетичні* – відображають процеси історичного перетворення біоценозів та екосистем в цілому; 4) *ценологічні* – описують видовий склад біоценозів і різноманітність у них живих організмів;

5) *продукційно-біологічні* – характеризують продуктивність популяцій і біоценозів досліджуваного ділянки земної поверхні; 6) *геогігієнічні* – відображають природну здатність атмосферного повітря, природних вод і ґрунтів зберігати свої властивості; 7) *санітарні* – відображають ефективність штучних заходів, спрямованих на збереження та відновлення важливих для людини і біосфери параметрів атмосферного повітря, природних вод та ґрунтів.

Нерідко для оцінки НС застосовують поняття «*комфортність*». Оцінка комфортності включає аналіз різноманітних параметрів, що відображають кліматичні чинники, особливості рельєфу, геологічної будови, характеристики підземних і поверхневих вод, рослинного і тваринного світу, епідеміологічного стану регіону тощо.

**Поняття «якість життя».** *Якість життя* – «сукупність показників життя індивідів або групи людей, яка характеризує ступінь забезпеченості матеріальних і культурних потреб та інтересів людей» (*Екологічна енциклопедія*, 2008, Т.3, с. 389). За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), *якість життя* – «сприйняття індивідом його положення в житті в контексті культури і системи цінностей, в яких він живе, та у зв'язку з цілями, очікуваннями, стандартами й інтересами індивіда».

З *біологічної точки зору*, якість життя – це система взаємопов'язаних характеристик атмосферного повітря, природних вод і ґрунтів, а також умов харчування та індивідуального розвитку організмів. Саме від цих характеристик залежить життєдіяльність, збереження і відтворення організмів, а також їх угруповань.

З *точки зору людини як біосоціального виду*, якість життя відображає ступінь відповідності середовища проживання соціально-психологічним установам особистості.

*Критерії якості життя*, настільки ж різноманітні й багатопланові, як і критерії, що визначають якість навколишнього середовища. Можна виділити сім таких критеріїв: 1) *біогігієнічні* – характеризують стан здоров'я людини; 2) *соціологічні* – дозволяють оцінити взаємодії людей; 3) *демографічні* – оцінюють чисельність, віковий і статевий склад людських популяцій; 4) *нозологічні* – відображають захворюваність; 5) *популяційно-генетичні* – характеризують частоту виникнення та прояви спадкових патологій, відображаючи в цілому особливості мутаційного процесу в популяціях; 6) *трофічні* – оцінюють оптимальність, збалансованість і умови харчування; 7) *санітарні* – дозволяють оцінити ефективність заходів щодо створення умов для збереження нормальної життєздатності організмів при порушенні довкілля.

Якість життя визначається інтегральними параметрами якості та безпеки НПС, життєдіяльності людства, економічної та соціальної громадської діяльності, сталого розвитку і обумовлюється рівноправністю,

доступністю економічного, соціального стану і орієнтованістю на духовні, екологічні цінності цивілізації в період глобалізації. Тому визначення критеріїв якості життя вимагає нормативного забезпечення, науково-методичного обґрунтування та системного аналізу. Якість життя багато в чому залежить від параметрів якості атмосфери, природних вод, ґрунтів, геологічного середовища та біоценозів.

Важливою філософсько-соціологічної категорією, що має безпосереднє відношення до екології людини, є «*спосіб життя*». Це поняття охоплює сукупність типових видів життєдіяльності індивіда, соціальної групи, суспільства в цілому. Спосіб життя найтіснішим чином пов'язаний з умовами життя і ними визначається. Можна визначити *спосіб життя людини* як сукупність матеріальних умов, суспільних соціальних установок (культури, звичаїв і т. д.) і природних факторів, що становлять у своїй єдності умови поведінки особистості і зворотний вплив її на ці умови.

***Якість навколишнього середовища та екологічні стандарти.***  
*Нормування якості навколишнього природного середовища (НЯНПС)* – це процес розробки і додання юридичної норми науково обґрунтованим нормативам у вигляді показників гранично допустимого впливу людини на природу. Це встановлення системи нормативів (показників) гранично допустимого впливу людини на НПС. Цілі НЯНПС: встановлення гранично допустимих норм впливу на природу; гарантованість екологічної безпеки населення; збереження генетичного фонду флори, фауни, людини; раціональне використання і відтворення природних ресурсів.

*Норма* – це міра впливу. *Гранично допустима норма* – це така міра впливу на природу, при якій стабільно забезпечується нормальний процес обміну речовини, енергії, інформації в екологічних системах Землі. Це законодавчо встановлені допустимі впливу людини на НПС. Дотримання екологічних нормативів, що визначають якість НПС, забезпечує: екологічну безпеку населення; збереження генофонду біоти (включаючи людину); раціональне використання і споживання природних ресурсів тощо.

*Нормативи якості* оцінюють за трьома показниками: 1) медичними, які встановлюють пороговий рівень загрози здоров'ю людини, його генетичній програмі; 2) *технологічними* – оцінюючими рівень встановлених меж техногенного впливу на людину і НПС; 3) *науково-технологічними*, оцінюючими можливість наукових і технічних засобів контролювати дотримання меж впливу за всіма характеристиками.

Широку популярність здобули ГДК, ГДР, ГДВ, ГДС. До нормативів якості навколишнього середовища відносяться нормативи хімічних, фізичних, біологічних показників стану середовища.

*Якість навколишнього природного середовища* – це ступінь відповідності природних умов фізіологічним можливостям людини. Звідси

впливає, що для збереження здоров'я населення нашої країни необхідно стежити за якістю НПС. Для цього розроблені наукові оцінки якості НПС, які називаються стандартами якості НПС.

*Екологічні стандарти* встановлюють гранично допустимі норми антропогенного впливу на НПС, перевищення яких несе небезпеку здоров'ю людини, згубно для рослинності і тварин. Дані норми встановлюються у вигляді гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин і гранично допустимих рівнів (ГДР) шкідливого впливу фізичних полів.

ГДК – це кількість шкідливої речовини у природному середовищі, віднесене до маси або об'єму її конкретного компонента, яке при постійному контакті або при впливі в окремий проміжок часу практично не робить впливу на здоров'я людини і не викликає несприятливих наслідків у його потомства. При визначенні ГДК, підкреслюють *Т.А. Акімова* та ін. (2001), враховується не тільки ступінь впливу ЗР на здоров'я людини, а також і вплив їх на природні угруповання в цілому. ГДК з кожним роком все більше встановлюються для ЗР в повітрі, воді, ґрунті. Так, в даний час розроблені ГДК для 200 ЗР у повітряному середовищі і понад 600 ЗР у водному середовищі. ПДР шкідливого фізичного впливу встановлюються, як правило, для шумового та електромагнітного забруднення.

*Виробничо-господарські стандарти* якості НС регламентують екологічно безпечний режим роботи виробничого, комунально-побутового та інших об'єктів. До даного виду стандартів якості відносяться гранично допустимий викид (ГДВ) ЗР в навколишнє середовище і гранично допустимий скид (ГДС) ЗР у водойми і водотоки конкретними техногенними джерелами (підприємствами) тієї чи іншої території. Близько 2 млн. т, не рахуючи мінеральних добрив, становить загальна кількість речовин, щорічно потрапляють в біосферу. Менше гранично допустимого значення може бути концентрація кожного з цих речовин, але сумісне їх присутність викликає такий же ефект, як і при їх утриманні, що перевищує ГДК. Це явище називається *ефектом сумачії дії*. Таким ефектом, наприклад, володіють наступні сполучення ЗР: ацетон – фенол, діоксид сірки – фенол, діоксид сірки – сірководень та ін.

Наприклад, якщо для даного територіально-виробничого комплексу перевищено значення ГДВ, то прийняття рішень не обмежує заходи тільки впливами на технологічні процеси або засоби очищення, які повинні зменшити інтенсивність і небезпечність емісії ЗР. Можуть бути й інші варіанти: перерозподіл і переміщення потужності джерел, заміна технології, збільшення санітарно-захисної зони, відселення людей із зони активного впливу джерела.

*Забрудненням НПС* зазвичай вважають привнесення в середовище нових, не характерних для неї фізичних, хімічних і біологічних агентів або перевищення природного середнього багаторічного рівня цих агентів в



середовищі. Забруднення може обумовлювати будь-який фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид (в основному – мікроорганізми), які у довкілля або утворюються у ній в кількостях, вище природних. Забрудненням НПС можна назвати зміну якості середовища, здатне викликати негативні наслідки. За походженням забруднення ділять на природні й антропогенні. Вважається, що однакові агенти надають однакові негативні впливи незалежно від їх походження, тому пил, джерелом якої є природне явище (наприклад, пилові бурі), повинна вважатися такою же ЗР, як і пил, що викидається промисловим підприємством, хоча остання може бути більш токсичною в силу свого складного складу.

Існують *верхня і нижня критичні межі забруднення НС*, досягнення яких загрожує настанням необоротних зрушень у біологічній системі і в її окремих ланках. Деякі речовини (наприклад, важкі метали) в значних кількостях є сильними токсикантами, а в малих дозах вони необхідні, оскільки зменшення їх вмісту в організмі людини нижче критичної величини викликає важкі функціональні розлади. Здоров'ю шкідливі, як зайва шумове навантаження, так і відсутність звуків; те ж можна сказати про електромагнітних полях, температурних навантаженнях, оптичних явищах та інші фізичних, а також біологічних, інформаційних та інших параметрах.

Взаємодія людини з середовищем проживання може бути позитивним чи негативним, і характер взаємодії визначають потоки речовин, енергій та інформацій. *Негативні впливи* зумовлені елементами техносфери (машини, технічні споруди тощо) і діями людини.

Змінюючи величину будь-якого потоку маси, енергії, інформації, дій людини від мінімально значущою до максимально можливої, можна пройти ряд характерних станів взаємодії в системі «людина – середовище проживання»: 1) *комфортне* (оптимальне), коли потоки відповідають оптимальним умовам взаємодії; 2) *допустиме*, коли потоки, впливаючи на людину та середовище проживання, не мають негативного впливу на здоров'я, але приводять до дискомфорту, знижуючи ефективність діяльності людини; 3) *небезпечне*, коли потоки перевищують допустимі рівні і чинять негативний вплив на здоров'я людини, викликаючи при тривалому впливі захворювання, і/або призводять до деградації природного середовища; 4) *надзвичайно небезпечне*, коли потоки високих рівнів за короткий період часу можуть нанести травму, привести людину до летального результату, викликати руйнування в природному середовищі.

*Критерії безпеки техносфери* – обмеження, що вводяться на концентрації речовин і потоки енергій в життєвому просторі.

*Нормативи якості навколишнього середовища* – нормативи, які встановлені відповідно з фізичними, хімічними, біологічними та іншими

показниками для оцінки стану НС і при дотриманні яких забезпечується сприятлива довкілля.

У ряді країн національні стандарти з управління якістю навколишнім середовищем існують з середини 1970-х рр. У першу чергу, вони розроблялися і застосовувалися в цілях забезпечення якості на етапах проектування і виробництва в найважливіших галузях промисловості – авіації, космонавтиці, виробництві військової техніки тощо.

Дослідженням критеріїв якості займається *екологічна квалітологія* (*квалітологія* – наука про якість) – комплексна наука про визначення якісних показників складових і об'єктів навколишнього середовища, систем управління та якості виробників товарів, послуг для впровадження екологічно-орієнтованих рішень (М.О. Клименко, П.М. Скрипчук, 2003, 2006).

**Поняття «система».** Під системою розуміється будь-який об'єкт, що складається з безлічі взаємозалежних частин і існуючий як єдине ціле.

*Система* – це набір елементів, котрі взаємодіють (Л. фон Берталанфі, 1960). Елемент системи через ієрархічну структури світу сам виявляється системою зі своїми елементами. Фіксація системи ділить світ на дві частини – на *систему і середовище*. При цьому підкреслюється велика сила зв'язків елементів усередині системи в порівнянні з силою зв'язків з елементами середовища. Під системою мають на увазі також «впорядковані взаємодіючі і взаємозалежні компоненти, що утворюють єдине ціле».

Системи поділяються на: 1) *матеріальні* (дерево, будівля, людина, планета Земля, Сонячна система тощо); 2) *нематеріальні* (людський мова, мова програмування, математика тощо); 3) *змішані* (університет, включає в себе як матеріальні частини – будівля, обладнання, підручники та ін., так і нематеріальні частини – стандарти освіти, навчальні плани, програми, розклад занять і т.д.).

Все розмаїття існуючих систем можна розділити на дві категорії: 1) *природні системи* – існуючі в природі (Сонячна система, біосфера); 2) *штучні системи* – створені людиною (комп'ютер, автомобіль, різні техногенні об'єкти і т. д. Для всякої штучної системи існує мета її створення людиною (комп'ютер – працювати з інформацією, автомобіль – перевозити людей і вантажі, завод – виробляти продукцію і пр.); в системології штучну систему визначають як «засіб досягнення мети».

Доцільністю системи визначається її *склад і структура*.

*Склад системи* – це безліч входять до неї частин. Як приклад системи можна розглянути розглянемо об'єкт – персональний комп'ютер, складовими частинами якої є системний блок, клавіатура, монітор, принтер, миша. Кожна з цих частин – це теж система, що складається з безлічі взаємозалежних частин. Іншим прикладом може бути озеро – природна екосистема, що складається з сукупності і взаємозв'язку біотопу і

біоценозу. У свою чергу, складові біотопу (водна товща, донні відкладення) і біоценозу (продуценти, консументи і редуценти) також складаються з сукупності взаємопов'язаних компонентів нижчого порядку. Наприклад, в межах біоценозу можна виділити: біотичні угруповання – популяції – види – особини – органи – тканини – клітини – молекули (гени). Систему, що входить до складу якоїсь іншої, більш великої системи, називають *підсистемою*.

Концепція екосистем по Ю. Одуму (1986) є чільною в сучасній екології. Всі спільно функціонуючі організми на даній ділянці (біоценоз) і взаємодіє з фізико-хімічної середовищем (біотопом) таким чином, що потік енергії створює чітко визначені біотичні структури та кругообіг речовин між живою в неживій частинами, являє собою *екосистему*.

*Структура системи.* Будь-яка система визначається не тільки складом своїх частин, але також порядком і способом об'єднання цих частин в єдине ціле. Всі частини (елементи) системи знаходяться в певних відносинах або зв'язках один з одним. *Структура* – це сукупність зв'язків між елементами системи, внутрішня організація системи.

*Складність системи* на «структурному рівні» задається числом її елементів і зв'язків між ними. Дати визначення «складності» в цьому випадку надзвичайно важко: дослідник стикається з так званим «*ефектом купи*» (одна куля - не купа, дві кулі - не купа, три - не купа, сто куль - купа, дев'яносто дев'ять - купа; так де ж межа між «купою» і «не купою»?) – Д.И. Башмаков (2004).

*Зв'язки в системах* бувають *матеріальними* та *інформаційними*. У природних системах неживої природи (космічні системи, атоми і молекули і пр.) зв'язки носять тільки матеріальний характер, а в системах живої природи існують зв'язки матеріальні та інформаційні. Інформаційні зв'язки – це обмін інформацією між частинами системи, що підтримує її цілісність і функціональність. Очевидно існування інформаційних зв'язків у тваринному світі, в людському суспільстві. У технічних системах, що використовуються в інформаційній сфері (радіо, телебачення, комп'ютерні мережі), також діють зв'язку інформаційного типу.

*Системний ефект* – всяка система набуває нові якості, не притаманні її складовим частинам. Поява нової якості у системи називається системним ефектом. Це ж властивість виражається фразою: «Ціле більше суми своїх частин».

Наші уявлення про реальні системах носять наближений, *модельний характер*. Описуючи в будь-якій формі реальну систему, ми створюємо її інформаційну модель.

Залежно від особливостей системи-оригіналу і задач дослідження використовуються найрізноманітніші моделі.

За типом реалізації розрізняються реальні та знакові моделі. *Реальна модель* відображає суттєві риси оригіналу вже по самій природі своєї

фізичної реалізації (наприклад, акваріум як модель природних водойм). *Знакова модель* – це умовний опис системи-оригіналу за допомогою даного алфавіту символів і операцій над символами, в результаті чого отримуються слова і словосполучення деякої мови, які за допомогою певного коду інтерпретуються як образи деяких властивостей елементів системи-оригіналу і зв'язків між ними.

*Концептуальна модель* представляє собою більш формалізований і систематизований варіант традиційного опису досліджуваної природної екосистеми, що складається з наукового тексту, супроводжуваного блок-схемою системи, таблицями, графіками та іншим ілюстративним матеріалом.

При кількісному вивченні динаміки екосистем набагато ефективніші методи *математичного моделювання*. Якщо знайдено точний аналітичний вираз, що дозволяє для будь-яких вхідних функцій і початкових умов безпосередньо визначати значення змінних стану в будь-який потрібний момент часу, то модель прийнято називати *аналітичною*. Водночас, якщо сукупність рівнянь і нерівностей несуперечлива і сповнена, то нерідко вдається знайти алгоритм чисельного рішення цих рівнянь на ЕОМ. Такі моделі називаються *чисельними (імітаційними)*.

Залежно від ступеня визначеності передбачення моделі діляться на детерміновані і стохастичні (ймовірні). У *детермінованій моделі* значення змінних стану визначаються однозначно (з точністю до помилок обчислення). *Стохастична модель* для кожної змінної стану дає розподіл можливих значень, що характеризується такими імовірнісними показниками.

За характером тимчасового опису динаміки змінних стану розрізняють *дискретні і неперервні моделі*. Дискретна модель описує поведінку системи на фіксованій послідовності моментів часу  $t_0 < t_1 < \dots < t_n$ , тоді як у неперервній моделі значення змінних стани можуть бути розраховані для будь-якої точки  $t$  розглянутого інтервалу.

Розглянемо три різновиди інформаційних моделей систем: модель чорного ящика; модель складу; структурна модель.

*Модель «чорного ящика»*. Будь-яка система – це щось цілісне і виділене з навколишнього середовища. Система і середовище взаємодіють між собою. У системології використовуються уявлення про входи і виходи системи. *Вхід системи* – це вплив, на систему з боку зовнішнього середовища, а *вихід* – це вплив, який чиниться системою на навколишнє середовище. Таке уявлення про систему називається моделлю «чорного ящика».

*Модель складу системи* дає опис входять до неї елементів і підсистем, але не розглядає зв'язків між ними.

*Структурну модель системи* ще називають *структурною схемою*. На структурній схемі відбивається склад системи та її внутрішні зв'язки. Поряд з терміном «зв'язок» нерідко вживають термін «ставлення».

Основні *принципи системології* (науки про системи):

*Принцип емерджентності* – у міру об'єднання компонентів (підмножин) в більш великі функціональні одиниці, у цих нових одиниць виникають нові властивості, відсутні на попередньому рівні.

*Принцип ієрархічної організації* (*принцип інтегративних рівнів Ю. Одума*) – принцип супорядності один одному як природних, так і штучні систем.

*Принцип несумісності Л. Заде* – складність системи і точність, з якою її можна аналізувати, пов'язані зворотною залежністю.

*Принцип контрінтуїтивної поведінки Дж. Форрестера* – дати задовільний прогноз поведінки складної системи на досить великому проміжку часу, спираючись лише на власний досвід та інтуїцію, практично неможливо.

*Принцип множинності моделей В.В. Налимова* – для пояснення і передбачення структури і/або поведінки складної системи можливо побудова декількох моделей, що мають однакове право на існування.

*Принцип здійсненності Б.С. Флейшмана* – ми не сподіваємося на везіння і у нас мало часу; системологія розглядає тільки ті моделі, для яких алгоритм здійснимо, тобто рішення може бути знайдено з заданою вірогідністю  $p_0$  час  $t_0$ .

*Принцип формування законів* – закони системології носять дедуктивний характер і ніякі реальні явища не можуть спростувати або підтвердити їх справедливості.

*Принцип рекурентного пояснення властивості систем* даного рівня ієрархічної організації світу пояснюються, виходячи властивостей елементів цієї системи, що з постулюються, і зв'язків між ними.

*Принцип мінімаксної побудови моделей* – теорія повинна складатися з простих моделей (*min*) систем наростаючої складності (*max*).

**Поняття «системний підхід».** *Системний підхід* – це напрям методології наукового пізнання, в основі якого лежить розгляд об'єкту як системи, тобто сукупності взаємодіючих об'єктів (*Л. фон Берталанфі, 1960*), що дозволяє досліджувати складні властивості і відносини в об'єктах.

Системний підхід полягає у тому, що будь-який малий чи великий складний об'єкт потрібно розглядати як відносно самостійну, креативну систему зі своїми особливостями функціонування та еволюції. Ґрунтуючись на ідеях цілісності і відносної незалежності об'єктів, що перебувають у цілісному світі, принцип системності передбачає розгляд досліджуваного об'єкта як певної системи, котру описують за: 1) елементним (компонентним) складом; 2) структурою як формою зв'язку елементів;

3) функціями елементів і цілого; 4) єдністю внутрішнього і зовнішнього середовища системи; законами розвитку системи та її складників (П.С. Гнатів, П.Р. Хірівський, 2010).

*Основні принципи системного підходу:*

- *Цілісність*, що дозволяє розглядати одночасно систему як єдине ціле і в той же час як підсистему для вищих рівнів.

- *Ієрархічність будови*, тобто наявність безлічі (принаймні, двох) елементів, розташованих на основі підпорядкування елементів нижчого рівня елементам вищого рівня. Реалізація цього принципу добре видно на прикладі будь-якої конкретної організації. Як відомо, будь-яка організація являє собою взаємодію двох підсистем: керуючої і керованої. Одна підпорядковується іншій.

- *Структуризація*, що дозволяє аналізувати елементи системи та їх взаємозв'язки в рамках конкретної організаційної структури. Як правило, процес функціонування системи обумовлений не стільки властивостями її окремих елементів, скільки властивостями самої структури.

- *Множинність*, що дозволяє використовувати безліч кібернетичних, економічних та математичних моделей для опису окремих елементів і системи в цілому.

- *Системність*, властивість об'єкта володіти всіма ознаками системи.

Найбільш загальним поняттям, яке позначає прояв системи, є «системність», яку пропонується розглядати у трьох аспектах: 1) *системна теорія* дає суворе наукове знання про світ систем і пояснює походження, будову, функціонування і розвиток систем різної природи; 2) *системний підхід* виконує орієнтаційну та світоглядну функції, забезпечує не тільки бачення світу, а й орієнтацію в ньому; 3) *системний метод* реалізує пізнавальну та методологічну функції.

Системний підхід не є чимось принципово новим у дослідженні навколишнього світу і його проблем – він базується на природничому підході. На відміну від традиційного підходу, при якому проблема вирішується в суворій послідовності певних етапів, системний підхід полягає в багатозв'язності процесу рішення.

Головною ознакою системного підходу є наявність домінуючої ролі складного, а не простого, цілого, а не складових елементів. Якщо при традиційному підході до дослідження, думка рухається від простого до складного, від частин – до цілого, від елементів – до системи, то при системному підході, навпаки, думка рухається від складного до простого, від цілого до складових частин, від системи до елементів.

Існує кілька підходів до передбачення поведінки складних систем: користування інтуїції і багатого досвіду дослідника, порівняння з даними експериментів, пророблених на тотожних або схожих системах, і, нарешті, математичне моделювання. У екологічних дослідженнях повинні використовуватися всі можливі підходи. Однак у наш час масштаби і

характер втручання людини у природні екосистеми настільки безпрецедентні, що інтуїція дослідника часто-густо відмовляє. Можливості ж експериментування з природними екосистемами зі зрозумілих причин більш ніж обмежені. Звідси якими стають важливість і актуальність математичного моделювання в екології.

Взагалі кажучи, системний підхід не є строго методологічної концепцією: він виконує евристичні функції. *Евристичний метод викладання* – метод навідних питань, розрахований на те, що учень самостійно знайде рішення поставленого питання (у Древній Греції під евристикою розуміли систему навчання, яку використав Сократ, коли вчитель наводить учня до самостійного вирішення якої-небудь завдання, задаючи йому навідні запитання). По-перше, його змістовні принципи дозволяють фіксувати недостатність старих, традиційних методів вивчення екосистем для постановки і вирішення нових завдань їх цілісного дослідження. По-друге, поняття і принципи конструктивного системного підходу допомагають створювати нові програми вивчення, орієнтовані на розкриття сутності процесів трансформації енергії, передачі речовини та інформації в екосистемах.

**Поняття «системний аналіз».** *Системний аналіз* – наука, що займається проблемою прийняття рішення в умовах аналізу великої кількості інформації різної природи. З визначення випливає, що метою застосування системного аналізу до конкретної проблеми є підвищення ступеня обґрунтованості прийняття рішення, розширення безлічі варіантів, серед яких проводиться вибір, з одночасним зазначенням способів відкидання тих, що свідомо поступається іншим. У системному аналізі виділяють: методологію; апаратну реалізацію; практичні додатки. У вузькому розумінні, системний аналіз – це методологія дослідження складних, часто не цілком певних проблем теорії і практики.

Більш детально основи теорії систем, її понятійний апарат, підходи до класифікації, вивчення структури, внутрішніх і зовнішніх функцій систем, а також принципи системного аналізу подані у багатьох підручниках і начальних посібниках (А.И. Уемов, 1978; О.Д. Шаранов та ін., 2003; А.П. Ладанюк, 2004; В.В. Добровольський, 2005; П.С. Гнатів, П.Р. Хірівський, 2010 тощо).

## **1.2 Принципи проведення системного аналізу якості навколишнього середовища**

Суть системного аналізу. *Системний аналіз* – сукупність понять, методів, процедур і технологій для вивчення, опису, реалізації явищ і процесів різної природи і характеру, міждисциплінарних проблем; це сукупність загальних законів, методів, прийомів дослідження таких систем.

Для того щоб отримати інформаційну модель будь-якого реального об'єкта або процесу, необхідно розглянути його з системної точки зору, тобто виконати системний аналіз об'єкта. Завдання системного аналізу – впорядкувати свої уявлення про об'єкт дослідження для того, щоб відобразити їх в інформаційній моделі.

Таким чином, проглядається наступний порядок етапів переходу від реального об'єкта до інформаційної моделі: *реальний об'єкт – системний аналіз – система даних, істотних для моделювання – інформаційна модель*.

Системний аналіз тісно пов'язаний з синергетикою. *Синергетика* – міждисциплінарна наука, що досліджує загальні ідеї, методи та закономірності організації (зміни структури, її просторово-часового ускладнення) різних об'єктів і процесів, інваріанти (незмінні сутності) цих процесів. Синергетика – це наука про самоорганізацію складних систем, про перетворення хаосу в порядок; це теорія виникнення нових якісних властивостей, структур на макроскопічному рівні. Найбільш прийнятним є визначення Г. Хакена: «Синергетика – це міждисциплінарна ділянка дослідження кооперативних процесів самоорганізації в різних системах природи». Як відмічає В.М. Петлін (2013, с. 23): «Синергетика – це дійсно міждисциплінарний науковий пласт досліджень явищ спрямовано-узгодженого функціонування (в том числі й самоорганізації) поєднаних складних систем».

Системний аналіз тісно пов'язаний і з філософією. Філософія дає загальні методи змістовного аналізу, а системний аналіз – загальні методи формального, міжпредметного аналізу предметних областей, виявлення та опису, вивчення їх системних інваріантів. Можна дати і філософське визначення системного аналізу: системний аналіз – це прикладна діалектика.

Є наступні основні типи ресурсів у природі і в суспільстві.

*Речовина* – найбільш добре вивчений ресурс, який в основному представлений таблицею Д.І. Менделєєва досить повно і поповнюється не так часто. Речовина виступає як відображення сталості матерії в природі, як міра однорідності матерії.

*Енергія* – неповністю вивчений тип ресурсів, наприклад, ми не володіємо керованою термоядерною реакцією. Енергія виступає як відображення мінливості матерії, переходів з одного виду в інший, як міра незворотності матерії.

*Інформація* – мало вивчений тип ресурсів. Інформація виступає як відображення порядку, структурованості матерії, як міра порядку, самоорганізації матерії (і соціуму).

*Людина* – виступає як носій інтелекту вищого рівня і в економічному, соціальному, гуманітарному сенсі є найважливішим і унікальним ресурсом суспільства, розглядається як міра розуму, інтелекту



і цілеспрямованої дії, міра соціального начала, вищої форми відображення матерії (свідомості).

*Організація (організованість)* виступає як форма ресурсів в соціумі, групі, яка визначає його структуру, включаючи інститути людського суспільства, його надбудови, застосовується як міра впорядкованості ресурсів. Організація системи пов'язана з наявністю деяких причинно-наслідкових зв'язків у цій системі. Організація системи може мати різні форми, наприклад, біологічну, інформаційну, екологічну, економічну, соціальну, тимчасову, просторову, і вона визначається причинно-наслідковими зв'язками в матерії і соціумі.

*Простір* – міра протяжності матерії (події), розподілу її (його) в навколишньому середовищі.

*Час* – міра оборотності (необоротності) матерії, подій. Час нерозривно пов'язане із змінами дійсності.

Можна говорити про різні поля, в які «поміщений» людина, – матеріальному, енергетичному, інформаційному, соціальному, про їх просторових, ресурсних (речовина, енергія, інформація) і тимчасових характеристиках.

Відповідно до принципу системного мислення суспільство складається з людей (і, зрозуміло, з громадських інститутів). Кожна людина – також система (біологічна). У людини, в свою чергу існують властиві йому як організму системи, наприклад, система кровообігу. Коли люди взаємодіють з іншими людьми, утворюються нові системи – сім'я, етнос та ін. Ця взаємодія може відбуватися на рівні громадських інститутів, окремих людей (наприклад, соціальні взаємодії) і навіть окремих систем кровообігу (наприклад, при прямому переливанні крові). Відповідно до принципу системного підходу, кожна система впливає на іншу систему. Весь навколишній світ – взаємодіючі системи. Мета системного аналізу – з'ясувати ці взаємодії, їх потенціал і «направити їх на службу людини».

Необхідні *атрибути системного аналізу* як наукового знання: 1) наявність предметної сфери – системи і системні процедури; 2) виявлення, систематизація, опис загальних властивостей і атрибутів систем; 3) виявлення та опис закономірностей і інваріантів в цих системах; 4) актуалізація закономірностей для вивчення систем, їх поведінки та зв'язків з навколишнім середовищем; 5) накопичення, зберігання, актуалізація знань про системи (комунікативна функція).

Системний аналіз базується на *ряді загальних принципів*, серед яких: – *принцип дедуктивної послідовності* – послідовного розгляду системи по етапах: від оточення та зв'язків з цілим до зв'язків частин цілого;

– *принцип інтегрованого розгляду* – кожна система має бути нероз'ємною, як ціле навіть при розгляді лише окремих підсистем системи;

– *принцип узгодження ресурсів і цілей розгляду*, актуалізації системи;  
– *принцип безконфліктності* – відсутності конфліктів між частинами цілого, що призводять до конфлікту цілей цілого і частини.

Системно в світі все: практика і практичні дії, знання і процес пізнання, навколишнє середовище та зв'язку з нею (в ній).

Системний аналіз як методологія наукового пізнання структурує все це, дозволяючи досліджувати і виявляти інваріанти (особливо приховані) об'єктів, явищ і процесів різної природи, розглядаючи їх спільне та відмінне, складне і просте, ціле і частини.

Навколишній світ нескінченний у просторі і в часі; людина існує кінцевий час, розташовуючи при реалізації мети кінцевими ресурсами (матеріальними, енергетичними, інформаційними, людськими, організаційними, просторовими і тимчасовими).

Суперечності між необмеженістю бажання людини пізнати світ і обмеженою (ресурсами, невизначеністю) можливістю зробити це, між нескінченністю природи і кінцівкою ресурсів людства, мають багато важливих наслідків, в тому числі – і для самого процесу пізнання людиною навколишнього світу. Одна з таких особливостей пізнання, яка дозволяє поступово, поетапно вирішувати ці суперечності: використання аналітичного і синтетичного способу мислення, тобто поділу цілого на частини та подання складного у вигляді сукупності більш простих компонент, і навпаки, поєднання простих і побудови складного. Це також відноситься і до індивідуального мислення, і до суспільної свідомості, і до всього знання людей, і до самого процесу пізнання.

До розвитку системного аналізу в сучасному науковому світі існує декілька підходів – *філософський, математичний і прикладний*. Системний аналіз вчені розглядають як основу наукового мислення методологію з одночасним конкретним застосуванням на практиці, а саме використання специфічного комплексу методів і прийомів проектування, прогнозування, прийняття рішень та аналізу проблемних ситуацій.

Як зазначено вище, системний аналіз НС – це загальнометодологічний принцип використання узагальненої теорії систем у сучасній екології, з одного боку, а з іншого – системний аналіз результатів екологічних досліджень в прагненні вивчення явищ і процесів у навколишньому середовищі і зв'язків між ними повною мірою.

Системний аналіз НС включає: 1) філософські аспекти в екології та методологію системного аналізу зовнішнього середовища; 2) теорію систем в екології і теорію екологічних систем (походження, будова, динаміка і розвиток складних систем); 3) математичне моделювання та прогнозування стану і розвитку навколишнього середовища; 4) прикладний системний аналіз – екологічних аспектів техноекології, агроекології, урбоекології, економіки природокористування, соціальної екології, екологічного права, екологічної освіти, екології людини і т. д.

Системна технологія екологічного аналізу включає наступні взаємопов'язані *кроки*: 1) аналіз екологічної проблеми і формулювання цілей, досягнення яких призводить до її рішення; 2) аналіз ресурсів, які необхідні для «повнометражної» реалізації комплексу потенційних рішень; 3) аналіз можливих методів прийняття та реалізації рішень; 4) аналіз потенційно можливих обмежень на цілі, методи, ресурси рекомендованих рішень; 5) імітація застосування варіанта рішення; 6) аналіз доцільності використання на практиці даного варіанту рішення і передача підрозділу, що координує екологічний аналіз для архіву поки негідних рішень або для включення в перелік рекомендованих; 7) координація екологічного аналізу.

Етапи системного аналізу. Єдиного алгоритму системного аналізу немає і створити такий неможливо. Але існують певні правила його організації, які надають змогу віршувати проблеми, що виникають у практичній діяльності. Вони передбачають порядок виконання системного аналізу, процедури та засоби, які використовують на його певних етапах (П.С. Гнантів, П.Р. Хірівський, 2010).

Наприклад, у багатьох роботах пропонується шість основних етапів системного аналізу: 1) формулювання мети і завдань рішення екологічної проблеми; 2) визначення, розробка і перевірка можливих та альтернативних засобів, методів, способів вирішення екологічної проблеми; 3) прогнозування стану або розвитку даної екологічної проблеми; 4) розробка та застосування моделей і сценаріїв прогнозу розвитку екологічних ситуацій; 5) порівняння та вибір альтернативних шляхів вирішення відповідної екологічної ситуації; 6) реалізація програми та контроль виконання, представлення результатів.

За Дж. Джефферсом (1981), системний аналіз у вирішенні практичних завдань екології традиційно має сім взаємозв'язаних етапів: *вибір проблеми – постановка завдання – встановлення ієрархії цілей і завдань – вибір шляхів вирішення – моделювання – оцінка можливих стратегій – впровадження результатів.*

Нижче наведена стисла характеристика цих етапів системного аналізу (П.С. Гнантів, П.Р. Хірівський, 2010).

*Вибір проблеми (I етап)* є результатом вибору головних цінностей у суспільстві. Визнання того, що існує деяка проблема (або сукупність взаємопов'язаних проблем), яку можна досліджувати за допомогою системного аналізу, і яка цілком важлива для детального вивчення, не завжди виявляється тривіальним кроком. Усвідомлення того, що дослідження справді необхідне, настільки ж важливе, як і вибір правильного методу дослідження. З одного боку, можна взятися за вирішення проблеми, що не піддається системному аналізу, а з іншого – вибрати проблему, яка не вимагає для свого вирішення усієї потужності системного аналізу, і вивчати яку цим методом було би розкішно. Така

дилема першого етапу робить його критичним для успіху або невдачі всього дослідження.

*Постановка завдання (II етап).* Завдання має бути настільки простим, щоби мати аналітичне рішення за збереження всіх тих елементів, які роблять проблему досить актуальною для практичного вивчення. Саме на цьому етапі можна зробити найвагоміший внесок у вирішення проблеми.

*Встановлення ієрархії цілей і завдань (III етап).* Зазвичай мета і завдання утворюють деяку ієрархію. Причому як мета, так і основні завдання послідовно підрозділяють на першочергові й другорядні. Генеральну мету методом декомпозиції слід розділити на *дерево цілей*\*.

Необхідно визначити пріоритети різних стадій і зіставити їх із тими зусиллями, які потрібні для досягнення поставлених цілей.

*Вибір шляхів вирішення (IV етап).* Шляхи або засоби залежать від обсягу знань матеріально-технічних засобів, що є в арсеналі фахівця із писемного аналізу. Як правило, на початку системного аналізу потрібен вербальний опис проблеми, який повинен окреслити певну піддослідну проблему. У загальному випадку аналітик шукатиме найзагальніше аналітичне рішення, що дозволяє використовувати результати дослідження вже виконаних аналогічних завдань і результативний математичний апарат.

*Моделювання (V етап)* – етап активних маніпуляцій із копіями й відображеннями систем, або модельних досліджень чи експериментів зі складними динамічними взаємозв'язками між різними аспектами проблеми.

*Оцінка можливих стратегій (VI етап).* У ході цього етапу досліджують чутливість результатів до допусків, зроблених за побудови моделі, оскільки правомірність цих допусків можна перевірити лише в процесі використання моделі. Якщо виявиться, що основні допуски некоректні, можливо, доведеться повернутися до етапу моделювання, але часто вдається поліпшити модель, трохи модифікувати вихідний варіант.

---

\*«Дерево цілей» – структурована, побудована за ієрархічним принципом сукупність цілей системи, програми, плану, в якій виділені: генеральна мета («вершина дерева»); підлеглі їй підцілі першого, другого і подальшого рівнів («гілки дерева»). Дерево цілей пов'язує між собою перспективні цілі та конкретні завдання на кожному рівні ієрархії. Мета вищого порядку (генеральна, головна мета) відповідає вершині дерева, в гілках дерева розташовуються локальні цілі (завдання), які забезпечують досягнення цілей верхнього рівня. Основною вимогою до дерева цілей є відсутність циклів. Представлення цілей починається з верхнього рівня, потім вони конкретизуються. Основним правилом розукрупнення цілей є повнота – кожна мета верхнього рівня повинна бути представлена у вигляді підцілей наступного рівня таким чином, щоб об'єднання понять підцілей повністю визначало поняття вихідної мети. Дерево цілей - це графічна схема, яка демонструє розбивку загальних цілей на підцілі. Метод дерева цілей є головним універсальним методом системного аналізу .

*Впровадження результатів (VII етап).* Системний аналіз не можна вважати завершеним доти, поки дослідження не дійде до стадії практичного впровадження, управлінського чи виробничого використання – перевірки ефективності розробки для вирішення виниклої проблеми.

Основні методи неформального системного аналізу. Будь-яка науково-дослідна та практична діяльність проводиться на базі *методів* (прийомів або способів дії), *методик* (сукупності методів і прийомів проведення будь-якої роботи) і *методологій* (сукупності прийомів дослідження). Методологія системного аналізу представляє сукупність принципів, концепцій і конкретних методів, а також методик. Методологія системного аналізу дозволяє побудувати системну картину світу із застосуванням принципів системного проектування, прогнозування і моделювання. Найбільший вплив системний аналіз має процеси управління в соціальних, економічних, екологічних і політичних системах (П.М. Хомяков, 2007).

Важливою складовою системного аналізу є генерування альтернатив, тобто гіпотез про можливі шляхи та способи досягнення визначеної мети. При цьому застосовуються різні *неформальні (якісні) методи (процедури)*: метод експертних оцінок, метод Дельфі\*, метод мозкового штурму, метод сценаріїв, тощо.

*Метод експертної оцінки.* Суть методу в сучасному розумінні зводиться до процедури отримання оцінки проблем на основі думки спеціалістів даної галузі знань (експертів) з метою наступного прийняття рішення. Ці думки зазвичай виражені в кількісній або якісній формі. Експертні дослідження проводять з метою підготовки інформації для прийняття рішень.

---

\*Назва методу дана по асоціації з давнім звичаєм для отримання підтримки при прийнятті рішень звертатися в храм Аполлона в м. Дельфі (Давня Греція, VII-IV ст. до н.е.). Жриці храму в стані трансу починали пророкувати, вимовляючи незрозумілі слова. Спеціальні «перекладачі» – жреці храму тлумачили ці слова і відзначали на питання прийшли зі своїми проблемами паломників. За традицією говорять, що Дельфійський храм знаходився в Греції, але там немає вулканів. У США в 1960-х роках методом Дельфі назвали експертну процедуру прогнозування науково-технічного розвитку. У 1-му турі експерти називали ймовірні дати тих чи інших майбутніх звершень. У 2-му турі кожен експерт знайомився з прогнозами всіх інших. Якщо його прогноз сильно відрізнявся від прогнозів основної маси, його просили пояснити свою позицію, і часто він зраджував свої оцінки, наближаючись до середніх значень. Ці середні значення і видавалися замовнику як групова думка. Треба сказати, що реальні результати дослідження виявилися досить скромними - хоча дата висадки американців на Місяць була передбачена з точністю до місяця, всі інші прогнози провалилися – керованого термоядерного синтезу і надійних засобів від раку у XX ст. людство не дочекалося.

Для проведення роботи по методу експертних оцінок створюють робочу групу. Експертні оцінки бувають індивідуальні та колективні. Метод експертної оцінки використовується в тому випадку, коли об'єкти прогнозу не піддаються формалізації повністю або частково. За допомогою методів експертної оцінки можна підвищити надійність прогнозів, отриманих за допомогою інших методів.

Існує маса методів отримання експертних оцінок. Один з найбільш відомих методів експертних оцінок – це *метод Дельфі*. Основними особливостями методу Дельфі є: анонімність гіпотез; обґрунтування думок експертів із граничними оцінками; наявність зворотного зв'язку, що реалізується за допомогою багатокрокового опитування. Метод Дельфі розроблений для вирішення стратегічних проблем за граничного зменшення впливу суб'єктивного фактора, стимулювання способів мислення спеціалістів шляхом створення інформаційної системи зі зворотними зв'язками, усунення перешкод в обмінні інформацією між фахівцями, тиску авторитету та інших форм тиску, підвищення достовірності прогнозів шляхом спеціальних процедур кількісного оцінювання думок експертів та їх опрацювання. У найрозвинутіших варіантах методу експертам присвоюють вагові коефіцієнти значимості їхніх тверджень, які обчислюють на основі попередніх опитувань. Їх уточнюються від туру до туру і враховують при одержанні узагальнених результатів оцінок.

Технічна процедура методу Дельфі наступна: 1) *формування групи компетентних експертів*; 2) *формулювання мети роботи*; 3) *розроблення опитувальної форми для експертів*; 4) *опитування експертів за розробленою формою*; 5) *статистичне опрацювання результатів опитування*; 6) *аналіз кожним експертом підсумків опрацювання даних і надання йому шансу врахувати думку всієї групи*; 7) *корегування думки окремих експертів, повторне опитування й статистичне опрацювання всіх думок* (П.С. Гнантів, П.Р. Хірівський, 2010).

Ще один варіант експертного оцінювання – *мозковий штурм* («конфедерація ідей» і «колективна генерація ідей»), який використовується для глибокого і швидкого вчення проблеми у вузьких сферах чи напрямках. Спочатку здійснюється групування завдань з використанням універсального методу сканування. Цей етап завжди використовують для першого осмислення виниклої проблеми у найширшому спектр підходів для розв'язання проблеми, коли відсутній попередній практичний досвід її опрацювання. Суть методу мозкового штурму зводиться до того, що експертам надається повна свобода мислення і висловлювання нових ідей. Розглядаючи всі генеровані ідеї, не допускається критика і не припиняється обговорення жодної ідеї. З цією метою створюють атмосферу, котра сприяє генерації нетривіальних ідей і звільняє експертів від стереотипного мислення.

Процедура мозкового штурму має такий вигляд: 1) *взуьке формулювання завдання*; 2) *створення групи взуьких фахівців*; 3) *генерування (часто анонімне) множини ідей та підходів*; 4) *групування відібраних ідей на актуальні й перспективні, відбір актуальних рішень*; 5) *документація ідей, придатних для використання на подальших етапах роботи* (П.С. Гнантів, П.Р. Хірівський, 2010).

Зазвичай з 100 ідей 30 заслуговують подальшого опрацювання, з 5-6 дають можливість сформулювати прикладні проекту, а 2-3 опиняються у результаті приносять корисний ефект – прибуток, підвищення екологічної безпеки, оздоровлення навколишнього природного середовища і т. д.

*Метод сценаріїв* передбачає, що способи та процедури підготовки й узгоджень уявлень про проблему чи об'єкт, які досліджують, викладені у письмовому вигляді (сценарій). Як правило, сценарій готує кожен експерт, а потім думки експертів узгоджують. Цей метод застосовують для розв'язання слабоструктурованих проблем, у яких стратегія розвитку системи сприяються на гостро конфліктну ситуацію (П.С. Гнантів, П.Р. Хірівський, 2010).

Метод сценаріїв необхідний не тільки в екологічній чи соціально-економічній галузі. Наприклад, при розробці методологічного, програмного та інформаційного забезпечення аналізу ризику хіміко-технологічних проектів необхідно скласти детальний каталог сценаріїв аварій, пов'язаних з витоками токсичних хімічних речовин. Кожен з таких сценаріїв описує аварію свого типу, зі своїм індивідуальним походженням, розвитком, наслідками, можливостями попередження. Таким чином, метод сценаріїв – це метод декомпозиції задачі прогнозування, що передбачає виділення набору окремих варіантів розвитку подій (сценаріїв), у сукупності охоплюють всі можливі варіанти розвитку. При цьому кожен окремий сценарій повинен допускати можливість досить точного прогнозування, а загальне число сценаріїв має бути оглядатися. Набір сценаріїв повинен бути доступним для огляду. Доводиться виключати різні малоімовірні події – приліт інопланетян, падіння астероїда, масові епідемії раніше невідомих хвороб і т. д. Саме по собі створення набору сценаріїв – предмет експертного дослідження. Крім того, експерти можуть оцінити ймовірності реалізації того чи іншого сценарію.

Як відомо, при прийнятті рішень на основі *аналізу ситуації (ситуаційному аналізі)*, в тому числі аналізі результатів прогнозних досліджень, можна виходити з різних критеріїв. Наприклад, можна орієнтуватися на те, що ситуація складеться найгіршим, або найкращим, або середнім (в будь-якому сенсі) чином. Можна спробувати намітити заходи, що забезпечують мінімально допустимі корисні результати при будь-якому варіанті розвитку ситуації і т. д.

*Метод комісії* полягає в організації та проведенні відкритої дискусії з метою отримання єдиного угодженого висновку експертів, причому цей

висновок визначають шляхом голосування (бажано таємного). Перевагою цього методу можливість підвищення рівня інформованості експертів і зміна їхніх попередніх висновків у процесі обговорення. До вад метода комісії можна віднести: відсутність анонімності, що може призвести до неформального впливу авторитетних експертів; різну активність експертів, яка часто не залежить від їхньої компетентності; заангажованістю експертів.

Одним із різновидів неформального методу системного аналізу є *метод суду*, коли частина експертів підтримує певну альтернативу і наводить аргументи на її користь, а частина – є противники, котрі обґрунтовують її вади. В країнах із розвиненим громадським суспільством саме суди найчастіше стають ефективними засобами захисту безпеки довкілля, оскільки навіть рядові громадян все більш звертаються у ці інстанції з позовами і скаргами щодо дій влади, компаній, окремих порушників екологічної безпеки (П.С. Гнантів, П.Р. Хірівський, 2010).

Осторонь від основного русла експертних оцінок, знаходиться *SWOT-аналіз*. *SWOT* – це *strengths* (сильні сторони), *weaknesses* (слабкі сторони), *opportunities* (можливості) і *threatening* (погрози). Внутрішня елементи системи (наприклад, урбоєкосистеми) відбивається в основному в *S* і *W*, а зовнішні – в *O* і *T*. *SWOT-аналіз* є ефективним засобом систематичного вивчення та оцінки потенціалу, яким система має для реалізації її екологічної місії та відповідних даної місії цілей. Процедура *SWOT-аналізу* зводиться до чотирьох ключових положень: 1) огляду внутрішніх і зовнішніх факторів в розрізі *SWOT-аналізу*; 2) формуванню переліку ранжируваних за рівнем важливості внутрішніх і зовнішніх факторів екологічної складової міста; 3) побудові матриці *SWOT-аналізу*, яка дозволяє визначити взаємозв'язки між розглянутими внутрішніми і зовнішніми факторами; 4) аналізу комбінацій факторів, як у кожному секторі, так і у всій матриці *SWOT-аналізу*.

Одним з видів науково-практичної діяльності, де реалізується метод експертної оцінки, є *екологічна експертиза*, що являє собою систему державних природоохоронних заходів, направлених на перевірку відповідності проектів, планів і заходів в області господарського будівництва і використання природних ресурсів вимогам захисту довкілля. Екологічна експертиза – це вид науково-практичної діяльності, яка може здійснюватися ефективно лише на системному підході з використанням методології системного аналізу. Крім того, екологічна експертиза є одним з інструментів системного аналізу НС.

#### Основні інструменти системного аналізу навколишнього середовища.

При оцінці якості НС використовуються такі основні інструменти: *оцінка впливу на навколишнє середовище* (ОВНС), *екологічна експертиза* (ЕЕ) та *екологічна оцінка* (ЕО).

Оскільки дається оцінка планованої діяльності природне, соціальне та



техногенне середовище, то процедура ОВНС є одним з інструментів системного аналізу НС. На відміну від традиційних методів управління, що базуються на застосуванні екологічно орієнтованих норм і правил планування, проектування та будівництва, ліцензування видів діяльності, з яким пов'язано вплив на НС, для ОВНС характерні превентивність, комплексність підходів і оцінок і демократичність використовуваних процедур. Слід нагадати, що ОВНС – це «процедура обліку» екологічних вимог або їх виявлення та обґрунтування (тобто чисто інформаційна міра). Вона реалізується при підготовці оптимального рішення (на стадії намірів чи проектування). ОВНС є процесом дослідження впливу проектованої діяльності та прогнозу його наслідків для НС і здоров'я людини.

Як правило, ОВНС в Україні проводиться згідно до *ДБН А.2.2.-1-2003*, і є окремим розділом до проектної документації, тобто оцінка впливів розпочинається, коли рішення про впровадження певної господарської діяльності вже фактично прийняте і земельна ділянка під будівництво – відведена. Тобто, ОВНС не передуює прийняттю рішення, не є його складовою, а здійснюється здебільшого – постфактум. При цьому, потенціал ОВНС значно втрачає у своїй економічній значимості, зберігаючи одночасно свою екологічну сутність.

*Екологічна експертиза* – це «встановлення відповідності» екологічним вимогам вже готового проекту і «визначення допустимості» прийняття рішення про його реалізацію (тобто адміністративна міра). Її є процесом попередньої контрольної перевірки прийнятих господарських рішень на відповідність вимогам екологічного законодавства.

Найважливішим інструментами системного аналізу НС є *екологічна оцінка*, яка охоплює як *екологічну оцінку проектів* (ЕОП) та проектних задумів, так і оцінку загальної політики, планів і програм країни – *стратегічну екологічну оцінку* (СЕО).

Аналогом системи ЕО в Україні була *екологічна експертиза (ЕЕ)*, яка складалася з *ОВНС та державної екологічної експертизи (ДЕЕ)*. Практика проведення ОВНС в Україні показала, що процедура ЕО не стала процесом, який супроводжує всі стадії інвестиційного проекту, починаючи з моменту проектного задуму, як це прийнято у світовій практиці, до моменту впровадження діяльності та після реалізації проекту.

Таким чином, *оцінка впливу на навколишнє середовище та екологічна експертиза та екологічна є складовими частинами системи екологічної оцінки*. Тому нижче наведені показані принципи проведення екологічної оцінки за даними *Я.О. Адаменко (2013)* з урахуванням з урахуванням нормативно-законодавчої бази, що існувала в Україні.

***Екологічна оцінка (ЕО)***. Екологічна оцінка у країнах колишнього СРСР заснована на процедурі, яка одержала назву «державна екологічна експертиза». При ДЕЕ, експертні комітети розглядають або проводять оцінку проектів і планів, які повинні включати розділ за назвою «Оцінка впливу на

навколишнє середовище» (ОВНС). В матеріалах розділу ОВНС описувалися екологічні ефекти пропонуваного проекту або плану і передбачувані міри їхнього пом'якшення. Разом, обидва процеси називаються ДЕЕ/ОВНС. В провідних країнах світу та банківських установах ЕО відрізняється від ОВНС, і насамперед це пов'язано з витриманістю певних кроків загальноприйнятої процедури, яка починається під час інвестиційного задуму. Термін «екологічна оцінка» відноситься до світової практики виконання експертних оцінок впливу на навколишнє середовище, а термін «Оцінка впливу на навколишнє середовище» – це, те що стосується вітчизняного досвіду з галузі екологічної експертизи.

ЕО проводиться для запобігання або мінімізації несприятливих впливів, одночасно допомагаючи країнам оцінити реальний потенціал їх ресурсів, максимізуючи вигоди від діяльності, яка планується.

ЕО – це процес систематичного аналізу й оцінки екологічних наслідків діяльності що намічається, консультацій із зацікавленими сторонами, а також урахування результатів цього аналізу і консультацій у плануванні, проектуванні, твердженні і здійсненні даної діяльності.

*Метою* ЕО є забезпечення того, щоб проекти, плани розвитку, програми і т. ін. були прийнятні з точки зору НС та сталого розвитку суспільства.

Системи ЕО відповідають *основним принципам*: 1) *участь* – адекватний і своєчасний доступ до процесу ЕО для всіх зацікавлених сторін; 2) *прозорість* – усі рішення ЕО і підстави для її прийняття повинні бути відкриті і доступні; 3) *визначеність* – процедура і тимчасові рамки екологічної оцінки повинні бути погоджені заздалегідь і дотримуватися всіма учасниками; 4) *підзвітність* – особи, що приймають рішення, підзвітні всім сторонам за свої дії і рішення, прийняті в процесі ЕО; 5) *надійність* – оцінка виконується професійно й об'єктивно; 6) *рентабельність* – процес ЕО і її результати забезпечують захист НС з найменшими витратами для суспільства; 7) *гнучкість* – повинна бути можливість адаптації процесу ЕО, для того щоб якісно й ефективно застосовувати його в будь-якій ситуації або при ухваленні рішення; 8) *практична застосовність* – інформація і результати, отримані в процесі ЕО, необхідно застосовувати для прийняття рішень і планування.

ЕО *застосовується*: 1) для будь-якої діяльності, що може заподіяти істотні несприятливі впливи або внести вклад у фактичні або потенційно можливі сукупні впливи; 2) як основний інструмент для керування НС з метою виключення, мінімізації або компенсації негативних впливів запланованої діяльності; 3) таким чином, щоб обсяг робіт відповідав характеру проекту або діяльності, характеру і масштабу ймовірних проблем і впливів; 4) базуючись на чітко визначених правилах і обов'язків всіх зацікавлених сторін.

ЕО *повинна починатися*: 1) у ході всього проектного циклу, починаючи

якомога раніше на стадії розробки концепції проекту; 2) у тісному зв'язку з вимогами та твердженнями проекту і після проектним заходам, включаючи керування впливами; 3) з застосуванням найкращих досягнень науки, а також технології зниження негативних впливів; 4) відповідно до встановленої процедури і технічним завданням на проект, включаючи погоджені терміни; 5) забезпечуючи ефективні консультації з громадськістю, групами і сторонами.

ЕО розглядає: 1) усі фактори, які пов'язані з намічуваною діяльністю, включаючи соціальні і фактори ризику впливу на здоров'я; 2) сукупні, довгострокові і великомасштабні впливи; усі можливі і реальні альтернативи, які б задовольняли головну мету запропонованої діяльності; 3) концепцію стійкого розвитку, включаючи продуктивність ресурсів, асимілює здатність і біологічну різноманітність.

Результатом ЕО є: 1) точна і достовірна інформація щодо характеру, ймовірної величини і значимості потенційного впливу, ризиків і наслідків намічуваної діяльності і альтернатив її здійснення; 2) документ, який представляє інформацію в ясній, зрозумілій і доречній формі для ухвалення рішення, включаючи зведення про зроблені припущення і межі вірогідності в прогнозах впливу; 3) методи вирішення можливих проблем і конфліктів у рамках процесу ЕО та при впровадженні діяльності.

ЕО повинна забезпечувати підстави для: 1) прийняття взаємоприйняттого з екологічної точки зору рішення, у якому ясно визначені і запропоновані умови здійснення діяльності; 2) планування, розробки і здійснення прийнятних проектів, які задовольняють екологічним стандартам і цілям керування ресурсами; 3) комплексу відповідних пост-проектних заходів з вимогами щодо моніторингу, менеджменту, аудиту й оцінці їх ефективності, заснованими на значимості потенційного впливу, ступеня невизначеності.

Попередня екологічна оцінка – «скринінг». Термін «скринінг» (від англ. *screening* – просіювання, сортування, вловлювання тощо) в міжнародних системах ЕО – це процедура визначення необхідності проведення повномасштабної ЕО для конкретного проекту або діяльності та визначення рівня необхідної оцінки. В процесі проведення скринінгу необхідно також одержати відповідь про ступінь значимості потенційних впливів на НС від запропонованої діяльності. Для більшості проектів достатньо небагато часу, для того щоб прийти до висновку, що в подальшій ЕО немає необхідності. Скринінг є першим етапом у ЕО – попередня ЕО. В українському природоохоронному законодавстві як термін так і сама процедура скринінгу для оцінок впливу на НС офіційно не визнані.

В Україні процедури ЕО та ЕЕ регламентував Закон України «Про екологічну експертизу» (1995) та Державні будівельні норми (ДБН А.2.2-1-2003). Відповідно до статті 7 Закону України «Про екологічну експертизу», об'єктами ЕО є проекти законодавчих та інших нормативно-правових актів,

передпроектні, проектні матеріали, документація щодо впровадження нової техніки, технологій, матеріалів, речовин, продукції, реалізація яких може призвести до порушення екологічних нормативів, негативного впливу на стан НПС, створення загрози здоров'ю людей. Також в законі визначено, що екологічній оцінці можуть підлягати екологічні ситуації, що склалися в окремих населених пунктах і регіонах, а також діючі об'єкти та комплекси, що мають значний негативний вплив на НПС та здоров'я людей.

В Україні процедура скринінгу називається «*Попередня оцінка впливу об'єкта на навколишнє середовище*», яка передуює складанню Заяви про наміри і здійснюється при підготовці вихідних даних щодо об'єкта, наміченого до будівництва, визначенні його виробничої програми, потреб у сировині, енергоресурсах і кадрах.

Досвід проведення процедур ЕО за вимогами Агентства охорони середовища США та ЄС показує, що процедуру скринінгу в українське законодавство можна впровадити. За результатами проведених ЕО, а також світового досвіду процедури скринінгу, в нашій державі найбільш доцільні її наступні методологічні положення.

Аналіз необхідності ЕО повинен проводитися якомога раніше в процесі розробки проекту, щоб ініціатор діяльності був проінформований про свої зобов'язання щодо ЕО. Принципи скринінгу повинні бути чітко сформульовані і процедури, які використовуються, повинні бути такими, щоб аналізуючи один й той же проект з використанням одних й тих же методів, різні люди могли прийти до одного й того ж рішення.

Вибір методу скринінгу, як правило, розробляється при формуванні національної системи ЕО особами, які приймають політичні рішення. Всі методи скринінгу вимагають інформації про діяльність, що планується та для кожного з цих методів використовуються суб'єктивні оцінки на початковому етапі прийняття рішення про доцільність ЕО.

Світовий досвід проведення процедури скринінгу показує, що рішення про доцільність проведення повномасштабної ЕО можна прийняти одним з наступних методів або ж деякою їх комбінацією: рішення за розсудом відповідальних осіб; попередня екологічна оцінка; переліки проектів, що становлять підвищену екологічну небезпеку; переліки виключень.

Модель скринінгу складається з п'яти основних кроків, в процесі проходження яких особа що приймає рішення про подальшу екологічну оцінку проектного задуму (ініціатор діяльності), повинен відповісти на такі питання: чи буде запланована діяльність екологічно небезпечною? чи буде мати планована пропозиція значні наслідки для НС за місцем розташування? чи підпадає запланована діяльність на чутливу зону? чи буде мати запланована діяльність значний масштаб впливу? чи є вимога зацікавлених сторін у проведенні оцінки впливів на НС?

Отримуючи відповіді на ці питання, інвестор може усвідомити сам процес екологічної оцінки та аргументувати перед вищими організаціями

його необхідність. Усі запропоновані проекти повинні бути об'єктами процедури скринінгу при ОВНС. Важливо, щоб рішення приймалось якомога раніше відносно тривалості необхідної ОВНС.

Як тільки вирішено, що потрібно проводити ОВНС, необхідно визначити питання, які слід проаналізувати та вивчити в процесі ЕО. Погодження цих питань важливе для забезпечення якомога скорішої відповідної і ефективної за витратами роботи над ОВНС. Ця процедура називається *скоупінгом*.

*Визначення завдань екологічної оцінки – скоупінг.* *Скоупінг* (від англ. *scoping*. – діапазон, поле дій, компетенція, обсяг тощо) – це процедура визначення задач, який дозволяє виявити проблеми, що, імовірно, будуть важливі для ЕО, і знімає ті, котрі не є важливими. Таким чином, цей етап запобігає витрати часу і грошей на непотрібні дослідження. Для ефективного та систематизованого проведення ЕО треба визначити на початку процесу обсяг питань, які потребують детального вивчення. Ця стадія раннього планування процесу ЕО часто називається «визначенням сфери діяльності» або «скоупінг». Слід зазначити, що, у деяких національних системах ЕО концепції скринінгу і скоупінгу об'єднані, тому що, методи і процедури для них досить схожі, а інформація, що є результатом скринінгу, часто є основою для скоупінгу.

Як правило, результатом етапу визначення задач є підготовлений документ, що встановлює, які питання повинні бути охоплені при ЕО і яким чином це повинно бути здійснено. На практиці цей документ часто називають «Технічне завдання». Досвід показує, що технічне завдання не повинно бути твердим документом. Воно повинно бути досить гнучким, щоб дозволити збільшувати або зменшувати обсяг досліджень, у міру виявлення нових питань або встановлення низької значимості раніше сформульованих.

Для успішного вирішення етапу ЕО «формування мети» необхідно використовувати наступний *покроковий алгоритм*: 1) формування конкретної мети, вираженої так, як буцімто вона є факт, який вже існує (це акцентує увагу на позитивному аспекті досягнення мети); 2) усвідомити вигоди від реалізації мети; 3) встановити кінцевий термін для досягнення мети; 4) визначення головних перешкод, які можуть опинитися на шляху досягнення мети та які необхідно подолати; визначення проблем (скоупінг) – це 50-75 % її рішення; 5) визначення знань та навичок, які необхідні для досягнення мети; 6) визначення групи експертів, організацій чи установ, з якими можна співпрацювати для досягнення мети; 7) розробка плану дій для досягнення конкретної мети.

Логічне сформоване древо мети дозволяє інвестору перейти на наступний етап екологічної оцінки – формування задач ЕО або скоупінг.

*Методи оцінки альтернатив.* В поняття альтернатива визначається як необхідність вибору однієї з двох або декількох взаємовиключних можливостей. Загальна ефективність ЕО і подібних до неї досліджень

посилюється, якщо вони включають систематичний аналіз розумних альтернатив. Загалом, мети запланованої діяльності можна досягти різними шляхами. І ці шляхи в процедурах ЕО прийнято називати альтернативами. В процедурах ЕО слід чітко розрізняти такі поняття як альтернатива і варіант. Якщо *альтернатива* – це засіб досягнення мети проекту, то *варіант* – це модифікації рішень для запропонованої діяльності в рамках однієї альтернативи. Тому одна альтернатива може мати декілька варіантів.

Існує два основних типи альтернатив – *альтернативи запропонованій діяльності* та *альтернатива відмови від запропонованої діяльності*. Крім цього, існують варіанти в межах запропонованого проекту, як, наприклад, альтернативні процеси, аспекти дизайну розміщення на території розташування об'єкту чи інші.

В процесі роботи над екологічною оцінкою необхідно концентруватись на систематичних оцінках впливів на чинники НС та проблемах, які визначені під час скоупінгу і затверджені у технічному завданні. Ці впливи необхідно порівняти один з іншим в рамках усіх альтернатив та з повною відмовою від запропонованої діяльності.

Неефективно використовувати зусилля та кошти лише на дослідження усіх можливих впливів великого ряду альтернатив. Тому, одним з найважливіших результатів попереднього етапу процесу ЕО – скоупінгу, є погодження між всіма зацікавленими сторонами проекту, включаючи громадськість, щодо об'єму альтернатив, які слід оцінити та найважливіших впливів, які необхідно передбачити та оцінити.

Як правило, в процесі генерації *альтернатив формують такі їх типи*:

1) відмова від діяльності – розгляд цієї альтернативи припускає опис сучасного стану навколишнього середовища у випадку повної відмови від діяльності, що намічається; 2) принципові підходи до досягнення мети запропонованої діяльності; 3) географічне місце розташування проектного майданчику для здійснення діяльності, що намічається; 4) масштаб ймовірного впливу від запропонованої діяльності; 5) тип виробничого процесу, техніко-технологічного устаткування; 6) планування виробничого майданчику, розміщення об'єктів, дизайн; 7) режим функціонування об'єкта запропонованої діяльності.

Розгляд і оцінка альтернативних рішень проводиться, базуючись на таких критеріях: відповідність місцевим умовам – природничим, соціальним, економічним та ін.; види потенційного впливу на НС; потреба у додатковій інфраструктурі; капітальні і експлуатаційні витрати за проектом в цілому.

Відносні переваги кількох альтернатив розглядаються у трьох перспективних напрямках: інженерні можливості та вимоги; економічні можливості існування; екологічна безпека.

*Інженерні можливості та вимоги* – кількісний опис інженерних вимог до підприємства, які оцінюються у витратах для забезпечення необхідних характеристик, витрат на встановлення обладнання та його підтримання, а

також оцінки витрат комерційних та інженерних структур на місцях у режимі планування нового обладнання.

*Економічні можливості* при виборі тієї чи іншої альтернативної діяльності може бути визначена у грошових одиницях, що добре зрозумілі всім зацікавленим сторонам, тому їх необхідно визначати для кожної реальної альтернативи. Оцінка економічних витрат, економічних здобутків, змін у податкових структурах, інфраструктурні вимоги та потужності, а також експлуатаційні можливості, що складають основу такого оцінювання, добре зрозумілі та використовують загально прийняті методи.

*Екологічна безпека* – найскладніший аспект у процесі альтернативного вибору стосовно кількісної оцінки. Можна розрахувати ризики та здобутки запропонованої діяльності, але ці прогнози, що оцінюються як й екологічні зміни, можуть тільки іноді бути виражені у економічних показниках.

*Види впливів на НС* за запропонованими альтернативами визначаються, виходячи з таких кваліфікаційних ознак: привнесення у НС забруднюючих речовин, радіоактивних речовин та випромінювань, шуму і вібрації, теплового випромінювання, електромагнітного випромінювання тощо; вилучання з навколишнього середовища земельних, водних та біологічних ресурсів, корисних копалин, родючих ґрунтів, місць проживання цінних видів флори і фауни, культурних, історичних і природних пам'яток тощо.

Після процедур прогнозу впливу на НС за альтернативами проводять їх порівняння та вибір однієї, яка б була найбільш доцільна з боку експертів, але не інвестора та інших зацікавлених сторін. При цьому інші альтернативи розглядаються в обов'язковому порядку, з метою подальшого прийняття рішення щодо впровадження запропонованої діяльності.

*Процедура залучення громадськості* в процесі ЕО важлива для досягнення мети запропонованої діяльності та створення прозорого процесу прийняття рішення у ході ЕО. Участь громадськості є характерною рисою майже всіх національних систем ЕО, її результатом може бути поліпшення процесу прийняття рішень, прийнятність для зацікавлених сторін. Вона може вимагати значного часу і зусиль, але без цього проекти рідко розробляються на надійній основі, зберігається ймовірність того, що вони викликають протести з боку зацікавленого населення. Продуктивно організована участь громадськості, підтримана реальним прагненням використовувати отриману інформацію для поліпшення проекту, приведе до кращих результатів, і закладе фундамент для діючих позитивних відносин між учасниками.

Одним з найефективніших методів попередження негативних екологічних наслідків запланованої господарської діяльності є широке залучення громадськості до інвестиційних процесів. Участь широких верств зацікавлених осіб громадськості у процесі оцінок впливу на навколишнє середовище господарської або іншої діяльності, надає громадським організаціям та окремим громадянам можливість висловити свою позицію з приводу питань, які мають безпосереднє відношення до їх права на життя у

сприятливому довкіллі.

Залучення громадськості до процесу ОВНС є обов'язковою процедурою, що регламентувалася Законом України «Про екологічну експертизу», Міжнародною конвенцією «Про оцінку впливу на навколишнє середовище в трансграничному контексті», Міжнародною конвенцією «Про доступ до інформації, залучення громадськості в процес прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища» та постановою Кабінету Міністрів України від 18.06.1998 р. №1122 «Про порядок проведення громадських слухань з питань використання ядерної енергії та радіаційної безпеки».

Для створення і підтримки певного іміджу процесу ОВНС, привернення уваги до мети діяльності, як з боку населення та громадських організацій так й владних структур, необхідно створити *громадську дорадчу раду* (ГДР), у яку входять представники адміністрації території, де планується діяльність, та особи, які мають інтерес або кому не байдужа нова діяльність. Крім ГДР на початку інвестиційного процесу рекомендується створювати *Наглядний комітет* за проектом ОВНС, до складу якого необхідно залучати представників місцевої адміністрації, інвестора, державних органів екобезпеки, проектних установ, а також голову громадської дорадчої ради.

Основним засобом залучення громадськості до процедури ОВНС є звернення до місцевих Рад народних депутатів, які представляють інтереси населення. Залучення громадськості до процесу ОВНС, як правило, містить такі процедури, які можуть використовуватися комплексно, або в поєднанні з декількома іншими: призначення координатора по роботі з громадськістю; створення громадської дорадчої ради (ГДР); організація та проведення громадських зборів з членами ГДР; розробка план-графіку роботи з громадськістю; проведення громадських слухань; створення інформаційних пунктів в зоні впливу діяльності; соціологічні опитування населення; громадська екологічна експертиза проектованої діяльності; оголошення «Заяви про екологічні наслідки» в засобах масової інформації. *Координатор роботи з громадськістю* призначається Замовником проектних робіт, входить до складу робочої групи з проведення ОВНС та відповідає за процедуру «Залучення громадськості до ОВНС».

*Громадські слухання* є публічним засобом розповсюдження та збору інформації з питань ОВНС, що підлягають розгляду державними органами місцевого самоврядування та контролюючими органами охорони навколишнього середовища України.

З метою широкого та прозорого інформування громадськості щодо запланованої діяльності, як правило, організуються так звані *інформаційні пункти* для проектів, які мають велику проектну територію або регіональний масштаб впливів. Інформаційні пункти слід влаштовувати у місцях вільного доступу громадськості – школи, приміщення територіальної державної



адміністрації (селищні або міські ради), клуби, бібліотеки тощо.

*Соціологічні опитування* – допоміжний засіб з'ясування громадської думки за конкретно поставленими питаннями. Соціологічні опитування проводять за умов: наявності неадекватного розуміння або категоричних заперечень з боку населення про запропоновану діяльність; для проектів, де є достатня чисельність різних груп населення (респондентів), що проживають у межах зон впливів запропонованої діяльності; анонімності опитування.

Вітчизняне законодавство не заперечувало проведення *громадської екологічної експертизи* згідно Закону України «Про екологічну експертизу» (ст.1, 4, 5, 16, 41, 42) не залежно від проведення ОВНС та державної екологічної експертизи. За результатами громадської екологічної експертизи складаються висновки або протокол експертизи (згідно положень статті 42 Закону України «Про екологічну експертизу»), які затверджуються головою місцевої Ради народних депутатів. Висновки громадської екологічної експертизи можуть бути висвітлені у засобах масової інформації та надіслані відповідним Радам народних депутатів, органам місцевої держадміністрації, органам державної екологічної експертизи, Генпроектувальнику, інвестору та виконавцям ОВНС запропонованої діяльності, а також іншим зацікавленим сторонам проекту. Результати роботи по залученню громадськості висвітлюються в окремому розділі звіту ОВНС, а копії протоколів громадських слухань проекту, протоколів громадської екологічної експертизи та висновки ГДР, щодо думки громадськості про запропоновану діяльність, обов'язково підшиваються у додатки звіту «Матеріали ОВНС». Фінансування робіт по залученню громадськості до процесу ОВНС здійснюється завдяки коштам замовника (інвестора) проектних робіт. Можливе залучення додаткових коштів для роботи з громадськістю (позабюджетні екологічні та благодійні фонди, цільові внески тощо).

*Методи оцінки чинників навколишнього середовища.* Оцінку впливів чинників НС при розгляді запропонованої діяльності, як правило проводять таким чином: 1) аналіз стану НС (збір і аналіз існуючої інформації в межах території впливу запропонованої діяльності; прямі методи вивчення чинників НС в межах території впливу запропонованої діяльності; вивчення чинників НС за питаннями скоупінгу); 2) оцінка стану НС (існуючого – в межах території впливу запропонованої діяльності; за запропонованими альтернативами); 3) порівняння чинників НС (з існуючим станом; між альтернативами); 4) вибір найкращої альтернативи з точки зору максимального збереження НС.

Кількість певних методологій, які розроблені для оцінки впливу діяльності людини на НС, є занадто великою, для того щоб прийти в ЕО до єдиної методики їх застосування. Проте загальна методологія прямує до зменшення їх до такої кількості загальних категорій, якими можна оперувати.

Методології оцінки чинників НС поділяються на дві групи: методології, які використовують емпіричні значення для вироблення

матеріалів, які передбачають майбутні умови (абсолютні методи екологічної оцінки); методології, які використовують відносні засоби для передбачення різниці між двома множинами умов (порівняльні методи екологічної оцінки).

*Екологічні індекси* відносяться до групи абсолютних методів. За допомогою цього методу спрощують складні множини даних чинників НС до шкал 0-1 чи 0-100 для їхнього впорядкування однорідності множини чинників. Підрахунок індексів з детальних множин даних може спростити не тільки оцінку різних типів чинників НС але й їх порівняння. Для вибірки вихідні дані нормуються до свого середнього значення, до фонового значення на рівні регіону або до санітарно-екологічної норми (ГДК, ГДР), що дозволяє отримати індекси у шкалах від 0 до 1 чи від 0 до 100.

*Усереднення таблиць і графіків.* Найбільш простим і ефективним засобом попередньої обробки даних є усереднення таблиць і графіків за трьома точками. Для цього кожне значення рядка або стовпця осереднюється з попереднім та наступним. Число членів ряду повинно хоча б на порядок перевищувати кількість точок усереднення (>30). За рахунок усереднення, залежності в значній мірі вирівнюються й проявляється тенденція зміни показників.

*Причинний аналіз* – сукупність методологічних і методичних підходів до вивчення обумовленості одних явищ дійсності (слідство) іншим (причина). Найпростішим засобом є побудова граф безпосередніх зв'язків між причинами та слідствами для багатомірних систем змінних. Напрямок впливу позначається стрілкою. Графи задаються на основі експертних або експериментальних оцінок. Одним з варіантів причинного аналізу є «метод діаграм потоків», що передбачає послідовне виявлення або прогнозування залежностей між впливами та їх наслідками. Для цього необхідно уявляти зміни в природному середовищі без та з реалізацією планової діяльності.

*Статистичні оцінки.* Для ЕО впливів широко застосовують методи статистичного аналізу та прогнозування часових рядів. Статистичні багатофакторні методи включають аналіз зв'язку факторів: регресійний – визначення математичної функції зв'язку; кореляційно-регресійний – метод групового урахування аргументів; факторний – виділення однорідних груп даних; визначення принципів компонентів – головної осі, вздовж якої групуються дані; дисперсійний – визначення достовірності зв'язку; дискримінантний – відокремлення ключових змін без врахування окремих факторів; імовірнісний за Байєсом – визначення ваги факторів; кластер-аналіз – поділ на таксони, та інші.

*Побудова кумулят.* Залежність імовірності того, що значення чинника навколишнього середовища нижче певного граничного рівня, від величини цього порогу називають інтегральною функцією розподілення значень параметрів або кумулятою. Кумулята, це емпірична оцінка інтегральної функції розподілення:

$$F(P_0, \Phi) = P\{P(\Phi) \leq P_0\}, \quad (1.1)$$

де  $P$  – параметр, що вимірюється;  $P_0$  – порогове значення параметра;  
 $\Phi$  – набір факторів середовища, які впливають на зміни параметра.

Для екологічних процесів, кумуляту визначають як залежність часу перебування процесу нижче заданого граничного рівня від величини цього порога. При ЕО вплив чинники НС, які розглядаються, пов'язані з відсутністю запропонованої діяльності або з її реалізацією. Побудова кумулят для прогнозованого фону і стану території після реалізації запланованої діяльності дозволяє чітко визначити величину та ступінь достовірність змін за непараметричним критерієм  $\lambda$  Колмогорова-Смирнова.

*Математичні моделі* використовують не тільки для оцінки екологічних чинників, але й для наступного етапу ЕО – прогнозування екологічної ситуації при впровадженні будь-якої альтернативи. Моделі використовують для кількісної оцінки очікуваного рівня впливу, критеріїв небезпеки діяльності, статистичних методів визначення достовірності оцінок, відбирають аналогічні (споріднені) прогностичні розробки. Моделювання – це метод дослідження складних об'єктів, процесів та явищ на їх моделях із використанням методу подібності.

*Метод оцінки місць проживання (ОМП)* – це абсолютний територіально-картографічний метод. ОМП визначають бінарні, зростаючі чи неперервні (градієнтні) значення для певних умов навколишнього середовища регіону або для окремих їх видів, які нанесені на топографічну основу. Результати цього методу дають інформацію про кожний екотип, що проживає на території, у одиницях індексу придатності місця проживання ( $I_n$ ) в діапазоні від 0 до 1. Ці індекси розраховуються для кожного з оцінюваних видів і для всієї території, яка оцінюється, в цілому. Одиниці індексу придатності місця проживання можуть бути об'єднані простим добутком, щоб отримати загальну одиницю місця проживання для кожної категорії ареалів проживання екотипів та для ряду сценаріїв з різноманітними комбінаціями землекористування. Місця проживання об'єднуються простим накладенням карт-схем, що дозволяє отримати кількісну оцінку.

*Графічне накладення.* Це метод, техніка проведення якого завжди була винятково корисною при визначенні територій, які мають екологічну чутливість. Метод передбачає окреме нанесення на карту різних критичних екологічних характеристик та територій – боліт, крутих схилів, ґрунтів, заливних земель, виступів корінної породи, територій дикої природи, рослинних угруповань та культурних ресурсів – за тим же масштабом, що і на плані місця запропонованої діяльності. Графічне накладання може проводитися двома методами: «вручну» – екологічні характеристики наносяться на карту з прозорою основою з подальшим накладанням карт одну на іншу для встановлення найвищої екологічної чутливості проектної території; «автоматизоване» – цей метод використовує ГІС-технології – карту

району представляють в електронному вигляді з збереженням інформації для кожного чинника навколишнього середовища та географічною прив'язкою. Накладання карт відбувається шляхом розрахунку апроксимованого індексу.

*Пом'якшення впливів* – це результат спеціальних заходів, які плануються підчас ЕО, з метою максимального зменшення небажаних впливів на навколишнє середовище при впровадженні запропонованої діяльності за будь-якою з альтернатив.

За діючим природоохоронним законодавством України в матеріалах розділу ОВНС слід розробляти комплексні заходи, щодо забезпечення нормативного стану НС та його безпеки. Цей комплекс включає: 1) *ресурсозберігаючі заходи* – збереження і раціональне використання земельних, водних, енергетичних, паливних ресурсів, повторне їх використання та ін.; 2) *захисні заходи* – влаштування захисних споруд (дренажі, екрани, завіси та ін.), включаючи технологічні заходи (використання екологічно чистих і безвідхідних технологій, очищення, екологічно безпечне поводження з відходами та ін.), планувальні заходи (функціональне зонування, організація санітарно-захисних зон, озеленення та ін.), усунення наднормативних впливів; 3) *відновлювальні заходи* – технічна і біологічна рекультивация земель, нормалізація стану окремих компонентів навколишнього середовища тощо; 4) *компенсаційні заходи* – компенсація незворотного збитку від планованої діяльності і шляхом проведення заходів щодо рівноцінного поліпшення стану природи соціального і техногенного середовища в іншому місці і/або в інший час, грошове відшкодування збитків; 5) *охоронні заходи* – моніторинг території зон впливів планованої діяльності, система повідомлення населення.

*Порівняння та вибір альтернатив.* Для порівняння альтернатив і варіантів в їх складі, експертам необхідно здійснити перехід від багатокритеріальної оцінки до зведеної (узагальненої) однокритеріальної.

На відміну від методів оцінки впливів методи порівняння не вимагають абсолютні значення екологічних параметрів, не потребують точного кількісного виразу. Порівняльна оцінка також має принципове значення у оцінці альтернатив – для справедливого та повного вивчення усіх розумних альтернатив повинна існувати еквівалентність у описі потенційного екологічного впливу для кожної альтернативи. Існує велика кількість *методів для порівняння багатокритеріальних змінних*, найбільш розповсюдженими з яких є: метод переліків для перевірки; табличний або матричний метод; аксіоматичний метод; метод графічного накладання; метод ранжування; цифрові процедури логічного виводу; метод компенсації; методи порогів порівняльності; дескриптивно-нормативний підхід; ітеративні процедури; кваліметрія; метод розпізнавання образів; метод рангової кореляції та факторного аналізу (Я.О. Адаменко, 2013).

*Документування процесу екологічної оцінки* є одним з центральних елементів процедури. Багато задач, що виникають в ході екологічної оцінки,

можуть бути вирішені лише на основі документації. Так, не задокументовані результати не піддаються обліку в процесі ухвалення рішень, тому й не можуть бути предметом систематичної оцінки. Контроль якості проведення ЕО державними органами або іншими зацікавленими сторонами практично завжди заснований на аналізі документації. Як приклад, можна навести розроблення матеріалів ОВНС у складі проектної документації на нове будівництво, розширення, реконструкцію та технічне переоснащення об'єктів промислового та цивільного призначення, основні вимоги до складу й змісту цих матеріалів.

У склад матеріалів ОВНС входять: 1) загальні положення щодо проектування та проведення ОВНС; 2) мета ОВНС; 3) порядок виконання та підготовки матеріалів ОВНС; 4) структура розділу ОВНС (підстави для проведення ОВНС; фізико-географічні особливості району і майданчика (траси) будівництва об'єкта проектування; загальна характеристика об'єкта проектування; оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє природне середовище; оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє соціальне середовище; оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє техногенне середовище; комплексні заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища і його безпеки; оцінка впливів на навколишнє середовище під час будівництва; Заява про екологічні наслідки діяльності).

*Контроль якості процедури екологічної оцінки.* Перевірка якості ЕО може здійснюватися через оцінку документації з ЕО або оцінку процесу ЕО. Зрозуміло, перевірку документації організувати набагато легше. Процес оцінювати складніше, особливо якщо предметом такої оцінки є не просто наявність тих або інших його складових, а їх якість. Для цього необхідно або мати докладну і надійну інформацію про процес ЕО (одним з основних джерел якої є документація), або бути присутнім при самому процесі, що не завжди можливе. Крім того, саме документація є тим результатом попередніх етапів ЕО, який потім використовується при ухваленні рішення.

Поняття «*контроль*» це не тільки оцінка, але і можливість використовувати результати цієї оцінки для впливу на подальшу процедуру. Тобто, термін «*контроль якості*» розумно використовувати для формально встановлених процедур, тоді як «*оцінка*» якості може бути однією з складових «*контролю*», а також проводитися неформально, з чисто дослідницькою або освітньою метою. Термін «*експертиза*», це всебічний аналіз документації, якій адекватно описує даний процес. Так, *екологічна експертиза в Україні* – вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці перед проектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи

здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

*Системи екологічної безпеки в процедурах екологічної оцінки.* Рівень небезпеки техногенного об'єкту для довкілля і здоров'я людини може бути різним – від найнезначнішого відхилення від норми до критичного і навіть катастрофічного. При цьому сама норма є досить невизначеною і, як правило, вона відповідає первинному екологічному стану довкілля, який був до будівництва промислового об'єкта. Такий стан називають нульовим екологічним фоном. При цьому враховується відсутність чи наявність інших технічних об'єктів у зоні впливу проєктованого об'єкта. Системи екологічної безпеки (СЕБ), дозволяють стежити за змінами екологічної ситуації в зоні впливу об'єкту, прогнозувати ці зміни для запобігання негативного впливу на навколишнє середовище та для їх попередження. В системі СЕБ інвестиційної діяльності, розрізняють чотири взаємопов'язаних блоки: оцінка впливів на навколишнє середовище; екологічний моніторинг об'єкту або діяльності в зоні його впливу; екологічний аудит функціонування запланованої діяльності; екологічний менеджмент.

*Екологічні впливи,* які необхідно передбачити та встановити при проведенні процедури ОВНС – це сукупність дій природних і антропогенних чинників на певній території, які спрямовані на зміну навколишнього середовища. Екологічні впливи можуть бути природними, антропогенними або природно-антропогенними. Причому, всі три різновиди процесів можуть спричинити позитивні і негативні зміни у НС, як свого так й протилежного чинника. Ці зміни, також можуть бути прямі та опосередковані, довготривалі та короткотривалі, кумулятивні.

**Оцінка впливу на довкілля (ОВД).** Згідно Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (далі – Закон про ОВД), який вступив в дію 18.12.2017, здійснення оцінки впливу на довкілля є обов'язковим у процесі прийняття рішень про провадження планованої діяльності.

*ОВД замінює процедуру державної екологічної експертизи.* Якщо екологічна експертиза застосовувалася до проєктів нормативно-правових актів, документації з впровадження нової техніки, технологій, матеріалів, речовин, продукції, генетично модифікованих організмів, то ОВД охоплює більше ніж 100 видів діяльності та об'єктів. В Законі України «Про екологічну експертизу» строки проведення останньої коливалися від 1,5 до 4 місяців, залежно від складності експертизи та від суб'єкта, який її проводив. Процедура ОВД, виходячи з кількості її стадій та строків їх проходження, займатиме *близько 4-8 місяців, тобто це більш тривалий час, ніж екологічна експертиза.*

Різниця між ОВД та екологічною експертизою полягає також у тому, що ОВД є документом дозвільного характеру, який отримується ще до початку реалізації майбутнього проєкту, а екологічна експертиза проводилася

вже на етапі його затвердження.

Закон «Про екологічну експертизу» поділяв її на три види: державну, громадську та інші. Державна експертиза мала обов'язковий характер, всі інші – лише рекомендаційний. Закон про ОВД передбачає лише висновок про оцінку впливу на довкілля, який є обов'язковим документом у визначених законодавством випадках. Відсутність висновку може бути підставою для відмови у подальшій видачі рішення про провадження планованої діяльності.

Законом про ОВД також введено процедуру післяпроектного моніторингу. Такий моніторинг застосовується, якщо це передбачено висновком з оцінки впливу на довкілля з метою виявлення будь-яких розбіжностей і відхилень у прогнозованих рівнях впливу та ефективності заходів із запобігання забрудненню довкілля та його зменшення.

Процедура ОВД складається з таких етапів: 1) подання повідомлення про плановану діяльність, яка підлягає ОВД (у письмовому та електронному вигляді); 2) підготовка звіту з ОВД; 3) громадське обговорення; 4) отримання висновку з ОВД; 5) прийняття рішення про здійснення планованої діяльності; 6) післяпроектний моніторинг (якщо про це зазначено у висновку про ОВД).

Розширено також заходи відповідальності, які можуть бути застосовані до суб'єктів господарювання за порушення ними законодавства про оцінку впливу на довкілля. Такими заходами є тимчасова заборона (зупинення) та припинення діяльності підприємств у разі порушення ними законодавства про оцінку впливу на довкілля.

Процедура ОВД спрямована на попередження та запобігання шкоді довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорони довкілля, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, у процесі прийняття рішень про провадження господарської діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля, з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів.

Результатом проходження процедури ОВД є висновок, який видає Уповноважений орган (Мінприроди або Департамент екології Облдержадміністрації) відповідно до «Порядку передачі документації для надання висновку з оцінки впливу на довкілля».

Відповідно до статі 7 Закону проводиться громадське обговорення з метою виявлення, збирання та врахування зауважень і пропозицій громадськості до планованої діяльності. В рамках громадського обговорення проводяться громадські слухання відповідно до «Порядку проведення громадських слухань».

Отримання висновку про ОВД обов'язкове для отримання дозволу з провадження такої господарської діяльності: нафтопереробні та газопереробні заводи; теплові електростанції; чорна та кольорова металургія; хімічне виробництво; будівництво аеропортів, автомагістралей, автомобільних доріг; діяльність у сфері поводження з відходами; видобування нафти та природного газу на континентальному

шельфі; виробництво та переробка целюлози, виробництво паперу та картону; кар'єри та видобування корисних копалин відкритим способом; потужності для інтенсивного вирощування птиці та свиней; сільське господарство, лісівництво та водне господарство; зміна цільового призначення земель сільськогосподарського призначення та зміна цільового призначення особливо цінних земель; видобувна промисловість; енергетична промисловість; харчова промисловість; підприємства текстильної, шкіряної, деревообробної і паперової промисловості; інфраструктурні проекти; туризм та рекреація; господарська діяльність, що призводить до скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти.

**Стратегічна екологічна оцінка (СЕО).** З 12.10.2018 року в Україні набув чинності закон «Про стратегічну екологічну оцінку». СЕО – це оцінка ймовірних екологічних і соціально-економічних наслідків реалізації різних сценаріїв довгострокового розвитку. СЕО – методичний інструмент, який тільки починає використовуватися в Україні, проте вже кілька десятиліть успішно застосовується в інших країнах.

СЕО допомагає значно знизити негативні наслідки на навколишнє середовище планів / програм, забезпечує прийняття рішень на макроекономічному рівні з урахуванням думки громадськості, сприяє розширенню міжнародного співробітництва. Важливо, що СЕО знижує ймовірність виникнення конфліктів в процесі прийняття рішень з конкретних проектів будівництва підприємств, які суттєво впливають на навколишнє середовище і здоров'я громадян. Як «слабкої сторони» СЕО називають збільшення видатків на розробку планів (програм на 5-10 %). Однак ці витрати можна вважати незначними в порівнянні з тими витратами, які можуть виникнути у зв'язку з заподіянням шкоди навколишньому середовищу і здоров'ю громадян в результаті реалізації плану / програми.

Сфера застосування закону «Про СЕО» не поширюється на державні бюджетні та фінансові програми; програми соціального, економічного розвитку і документи державного планування, пов'язані з ліквідацією надзвичайних ситуацій або національної оборони.

Процедура СЕО кілька схожа з процедурою ОВД: характерною рисою ОВД і СЕО є проведення публічних слухань з метою врахування громадської думки про вплив на навколишнє середовище і безпеки їх життєдіяльності.

Нижче наведені етапи проведення стратегічної екологічної оцінки: 1) визначення обсягу СЕО; 2) розробка звіту про СЕО; 3) проведення громадських слухань, а в разі транскордонного впливу – транскордонних консультацій; 4) облік звіту про СЕО та результатів громадських слухань; 5) надання інформації про затвердження програми державного планування, предмета СЕО; 6) подальший моніторинг наслідків реалізації державної програми планування; 7) вся інформація, документи та звіт СЕО розміщуються на сайті замовника.

У документі державного планування, який проходив стратегічну



екологічну оцінку, повинні відображатися звіт про СЕО, результати громадського слухання та транскордонних консультацій (в разі транскордонного впливу від виконання програм державного планування). Після затвердження документа, що пройшов СЕО, Замовник протягом п'яти робочих днів повинен розмістити на своєму веб-сайті документ державного планування, а також інформацію про розроблені заходи з метою моніторингу наслідків виконання документа.

**Екологічний аудит (ЕА)** визначає діагноз «екологічного здоров'я» підприємства, спроможність його «технологічного організму», виробничих систем самоочищуватися і не забруднювати НПС, виробляти екологічно чисту продукцію і бути привабливим для залучення інвестицій (В.Я. Шевчук та ін., 2000).

Згідно Закону України «Про екологічний аудит» (2004 р.), *екологічний аудит* – це документально оформлений системний незалежний процес оцінювання об'єкта екологічного аудиту, що включає збирання і об'єктивне оцінювання доказів для встановлення відповідності визначених видів діяльності, заходів, умов, системи екологічного управління та інформації з цих питань вимогам законодавства України про охорону навколишнього природного середовища та іншим критеріям екологічного аудиту.

*Об'єктами* ЕА є підприємства, установи і організації та інші господарюючі об'єкти, а також системи управління навколишнім середовищем.

*Суб'єктами* ЕА є замовники (організація або особа, яка подає заявку на проведення аудиту) та виконавці ЕА (екологічні аудитори, аудиторські фірми, експерти).

*Критеріями* ЕА є вимоги нормативно-правових актів щодо охорони НПС, методики, настанови, організаційні вимоги тощо.

*Мета* ЕА – забезпечення додержаного законодавства про охорону НПС в процесі господарської та іншої діяльності.

*Завдання* ЕА: збір достовірної інформації про екологічні аспекти виробничої діяльності об'єкта ЕА та формування на її основі висновків ЕА; встановлення відповідності об'єктів ЕА вимогам законодавства з охорони НПС та іншим критеріям ЕА; оцінка впливу діяльності об'єкта ЕА на стан НПС; оцінка ефективності, повноти і обґрунтованості заходів, що вживаються для охорони НПС на об'єкті ЕА.

Найважливішим завданням ЕА оцінка рівня екологічної безпеки підприємства і виконання планів превентивних заходів з нейтралізації загрози забруднених природних об'єктів.

Законом України «Про екологічний аудит» передбачено два види ЕА: добровільний і обов'язковий. *Добровільний* ЕА здійснюється з ініціативи керівництва об'єкта аудиту або за погодженням з ним. *Обов'язковий* ЕА для об'єктів або видів діяльності, які становлять

підвищену екологічну небезпеку, відповідно до переліку КМУ, здійснюється у таких випадках: банкрутство; приватизація, передача в концесію об'єктів державної та комунальної власності; передача або придбання в державну чи комунальну власність; передача в довгострокову оренду об'єктів державної або комунальної власності; створення на основі об'єктів державної та комунальної власності спільних підприємств; екологічне страхування об'єктів; завершення дії угоди про розподіл продукції відповідно до закону; в інших випадках, передбачених законом.

*Звіт про ЕА* повинен вмісти: загальні відомості про об'єкт і замовника ЕА; підстави для проведення ЕА, його мету, завдання, програму та обсяг виконаних робіт; відомості про виконавців ЕА; перелік основних законодавчих актів та нормативних документів, для перевірки на відповідність яким проводився ЕА, характеристику фізичного стану об'єкта ЕА; висновки ЕА щодо виявлених невідповідностей екологічних характеристик об'єкта ЕА вимогам законодавчих актів та нормативних документів; відомості щодо підприємств, установ, організацій та осіб, яким надається звіт. Звіт про ЕА може вмісти рекомендації щодо заходів, які необхідне вжити для усунення виявлених невідповідностей (Т.П. Галушкіна, 2008).

*Екологічний аудит території* – це процедура об'єктивної оцінки та аналізу екологічної, соціально-економічної та правової інформації про конкретну територію, яка здійснюється з метою підвищення ефективності інвестиційної діяльності.

### **1.3 Контрольні питання до змістовного модуля 1**

1. Що таке «навколишнє середовище»?
2. Що таке «середовище, що оточує людину»?
3. Що таке «навколишнє природне середовище»?
4. Що таке «якість навколишнього середовища»?
5. Що таке «якість природного середовища»?
6. Що таке «якість атмосфери»?
7. Що таке «якість води»?
8. Що таке «якість ґрунтів»?
9. Що таке «якість геологічного середовища»?
10. Що таке «якість біоти»?
11. Які основні критерії якості навколишнього середовища?
12. Що таке нормування якості навколишнього природного середовища?
13. Що таке «якість життя»?
14. Які існують критерії якості життя?
15. Що таке «нормування якості навколишнього середовища»?
16. Що таке «екологічні стандарти»?

17. Що таке «екологічна квалітологія»?
18. Що таке «система»?
19. Що таке «склад системи»?
20. Що таке «структура системи»?
21. Що таке «модель»?
22. Які основні типи моделей?
23. Які основні принципи системології?
24. Що таке «системний підхід»?
25. Що таке «синергетика»?
26. Які основні принципи системного підходу?
27. У чому полягає суть системного аналізу?
28. Що таке «синергетика»?
29. Які атрибути системного аналізу як науки?
30. Які основні етапи системного аналізу?
31. Що таке «дерево цілей»?
32. У чому полягає суть методу експертних оцінок?
33. У чому полягає суть Дельфі?
34. У чому полягає суть методу «мозкового штурму»?
35. У чому полягає суть методу сценаріїв?
35. У чому полягає суть аналізу ситуації?
36. У чому полягає суть комісії?
37. У чому полягає суть *SWOT*-аналізу?
38. Які основні інструменти системного аналізу навколишнього середовища?
39. Що таке «ОВНС»?
40. Що таке «екологічна»?
41. У чому полягає суть ОВД?
42. У чому полягає суть СЕО?
43. Вкажіть, що є предметом екологічної оцінки?
44. Що таке «скоупінг»?
45. З чого починається процес екологічної оцінки?
46. Яка основна мета контролю якості екологічної оцінки?
47. Який з методів використовується для проведення процедури скринінгу?
48. Які шляхи залучення громадськості до екологічної оцінки?
49. Для чого розробляють методи пом'якшення впливів?
50. Що належить до методів пом'якшення негативних впливів?
51. На яких критеріях базується розгляд альтернатив?
52. Які Ви знаєте методи генералізації альтернатив?
53. Які Ви знаєте методи порівняння альтернатив?
54. У чому суть екологічного аудиту?

#### 1.4 Перелік посилань до змістовного модуля 1

1. Адаменко Я.О. Оцінка впливів на навколишнє середовище: навчальний посібник. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2013. 283 с
2. Акімова Т.А., Кузьмін А.П., Хаскін В.В. Екологія. Природа - Человек - Техника: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 343 с.
3. Башмаков Д.И. Системная экология (применение системного анализа в экологии). Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. 32 с.
4. Берталанфі Л. Общая теория систем. 2-е изд. М.: Мир, 1960. 328 с.
5. Галушкіна Т.П. Екологічний аудит: теорія та практика. Одеса: ТОВ «ІНВАЦ», 2008. 47 с.
6. Гнатів П.С., Хірівський П.Р. Теорія систем і системний аналіз в екології: навчальний посібник. Львів: Камула, 2010. 204 с.
7. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування. К.: Держкомбударх, 2004. 20 с.
8. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Главная редакция Молдавской советской энциклопедии, 1990. 408 с.
9. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии / пер с. англ. Д.О. Логофета; под ред. Ю.М. Свирежева. М.: Мир, 1981. 252 с.
10. Добровольський В.В. Основи теорії екологічних систем: навчальний посібник. К.: Професіонал, 2005. 272 с.
11. Закон України «Про екологічну експертизу» (та зміни до нього) від 09.02.1995, № 45/95-ВР / Збірник законодавчих актів України про охорону навколишнього середовища. Т.1. Чернівці, 1996.
12. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». *Відомості Верховної Ради (ВВР)*, 2017, № 29, ст. 315.
13. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку». *Відомості Верховної Ради (ВВР)*, 2018, № 16, ст.138.
14. Екологічна енциклопедія: в 3 т. / за ред. А.В. Тостоухов та ін. К.:ТОВ«Центр екологічної освіти та інформації», 2006 Т.1, 2007 Т.2, 2008 Т.3.
15. Клименко М.О., Скрипчук П.М. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології: підручник. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 368 с.
16. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу: навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2004. 176 с.
17. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986.
18. Петлін В.М. Синергетичні залежності в організації природних територіальних систем. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. 396 с.

19. Постанова Кабінету Міністрів України «Про перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку» (та зміни до неї) від 27.07.1995 №554 / Збірник законодавчих актів України про охорону навколишнього середовища. Т.2. Чернівці, 1996. С. 39-45.

20. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.

21. Тарасова В.В., Малиновський А.С., Рибак М.Ф. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище: навч. посібник / за ред. В.В. Тарасової. К.: Центр учбової літератури, 2007. 276 с.

22. Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978.

23. Хомяков П.М. Системный анализ: краткий курс лекций / за ред. В.П. Прохорова. М.: КомКнига, Изд. 2-е 2007. 216 с.

26. Шарапов О.Д., Дербенцев В.Д., Семьонов Д.Є. Системний аналіз: навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисципліни. К.: КНЕУ, 2003. 154 с.

27. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод: навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2012. 168 с

28. Екологічний аудит / Шевчук В.Я. та ін. К.: Вища школа, 2000. 344 с.

26. Экологическая оценка и экологическая экспертиза / Черп О.М. и др. М.: Эколайн, 2000. 223 с.

## Модуль 2. ОЦІНКА СТАНУ ТА ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННО-ЗМІНЕНИХ ЕКОСИСТЕМ

### 2.1 Нормативно-правове регулювання природоохоронної діяльності

Державне регулювання охорони довкілля і раціонального використання природних ресурсів в Україні здійснюється комплексом заходів правового, адміністративного і економічного характеру, сукупність яких формує екологічну політику держави. Проте основою організації природоохоронної діяльності виступає законодавство.

*Суб'єктами* нормативно-правового регулювання стосунків у сфері охорони НПС та раціонального природокористування на національному рівні є Верховна Рада України і Верховна Рада Автономної Республіки Крим, Кабінет Міністрів України і уряд Автономної Республіки Крим, Міністерство екології та природних ресурсів України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Міністерство доходів і зборів України, Міністерство охорони здоров'я України, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України та інші.

*Об'єктами* правової охорони НС в Україні є: 1) НПС як сукупність природних і природно-соціальних умов та процесів; 2) природні ресурси: як залучені в господарський обіг, так і ті, які не використовуються в економічній діяльності в даний період (земля, надра, води, атмосферне повітря, ліс та інша рослинність, тваринний світ); 3) ландшафти і інші природні комплекси; 3) території і об'єкти природно-заповідного фонду; 4) здоров'я і життя людей (*Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»*, редакція від 18.11.2012).

Нормативно-правова база з регулювання природоохоронної діяльності включає:

1. Закони і кодекси: «Про охорону навколишнього природного середовища» (від 25.06.1991 р.); «Про природно-заповідний фонд України» (від 16.06.1992 р.); «Про охорону атмосферного повітря» (від 16.10.1992 р.); «Про рослинний світ» (від 09.04.1999 р.); «Про тваринний світ» (від 3.03.1993 р.); «Про відходи» (від 5.03.1998 р.); Лісовий, Водний, Земельний кодекси і кодекс «Про надра» та ін. Вказані закони і кодекси регламентують основні питання правового положення окремих видів природних ресурсів, право власності і право користування ними, заходи охорони і відповідальність за порушення екологічного законодавства, міжнародне співробітництво тощо.

2. Підзаконні нормативно-правові акти: укази Президента України, Постанови Кабінету Міністрів України, інструкції міністерств і відомств, рішення органів місцевого самоврядування тощо (наприклад, Указ

Президента України «Про Положення про державну екологічну інспекцію України»; Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту з екологічного маркування», «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами»).

3. Міжнародні нормативно-правові акти: Кіотський протокол і Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (1992 р.), Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з судів (МАРПОЛ 73/78), Конвенція про захист озонового шару (1985 р.), Конвенція про біологічну різноманітність (1992 р.), Конвенція про захист Чорного моря від забруднення (1992 р.) та ін.

#### 4. Система екологічних стандартів і нормативів.

*Екологічні стандарти* – це єдині і обов'язкові для усіх об'єктів цього виду і рівня системи норм і вимог по відношенню до НС. Екологічними стандартами є нормативи НПС (Г.Т. Васюкова, 2009; С.І. Дорогунцов, 2005). Нагадаємо, що *якість НПС* – це сукупність показників, що характеризують стан НПС. *Нормативи якості НПС* – це встановлені характеристики стани природного довкілля, при яких забезпечується якість природного довкілля необхідне для життєдіяльності людини, мешкання тварин, рослин інших живих організмів.

Метою нормування якості об'єктів довкілля і антропогенного навантаження на НПС є створення орієнтирів мінімізації антропогенного впливу на довкілля.

Класифікація нормативів якості НПС та антропогенного навантаження надзвичайно складна. Так, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» виділяє екологічні нормативи, до яких відносяться гранично допустимі викиди, скиди, нормативи використання ПР тощо, та нормативи гранично допустимих концентрацій ЗР у довкіллі та рівні шкідливих фізичних та біологічних впливів на нього. Очевидно, що класифікація нормативів дещо ширша та має враховувати комплексні екологічні нормативи. На основі деяких класифікацій (В.А. Ситаров, В.В. Пустовойтов, 2013; В.А. Коновалова, 2011, А.С. Степановських, 2001; В.С. Рибкин, 2011 та інші), можна запропонувати таку систему екологічних нормативів. Отже, розрізняють: 1) *нормування якості НПС* (екологічне і санітарно-гігієнічне нормування); 2) *нормування антропогенного навантаження на довкілля* (науково-технічне нормування).

Нормуванню якості НПС присвячена перша група нормативів – *санітарно-гігієнічні*. До санітарно-гігієнічних нормативів відносяться гігієнічні і санітарно-захисні нормативи.

*Гігієнічні нормативи*: а) гранично допустимі концентрації (ГДК) ЗР в природних компонентах; б) гранично допустимі рівні (ГДР) фізичних властивостей природного середовища (смакові якості, прозорість, запах, територіальна цілісність і так далі); в) до гігієнічних нормативів також

відносять *токсикометричні показники*, які є концентраціями, дозами шкідливих речовин або фізичними чинниками, що викликають фіксовані реакції організму. Отже, гігієнічні нормативи – це ГДК ЗВ і ГДР фізичних впливів, що не чинять будь-якого шкідливого впливу на організм людини нині і у віддалені проміжки часу, а також не впливають на здоров'я подальших поколінь.

При визначенні ГДК ЗР виходять з принципу пороговості, коли за певних умов організм може пристосуватися до шкідливої дії фактора. Порогова доза речовини викликає такі реакції організму, що не можуть бути компенсовані за рахунок внутрішніх гомеостатичних механізмів організму, що призводить до виникнення патології (В.А. Коновалова, 2011; В.С. Рибкин, 2011). Останні дослідження привели до висновку про відсутність нижніх безпечних порогів, а значить і ГДК, при впливі канцерогенів антропогенного походження (наприклад, діоксину і бенз(а)пірену) та іонізуючого випромінювання.

Гігієнічні нормативи можна розглядати як першу спробу встановити вимоги до якості НПС. Ця група нормативів розроблялася ще за часів колишнього СРСР, але з часом зазнала деяких змін. Такі нормативи є найбільш поширеними і, як правило, спільними для країн СНД.

ГДК використовують для ЗР, що містяться в атмосферному повітрі, воді водних об'єктів, ґрунті, харчових продуктах і питній воді. ГДК здебільшого враховують вплив ЗР на людину, проте є розроблені нормативи для об'єктів тваринного світу (рибогосподарські ГДК).

Аналіз змін ГДК ЗР свідчить про відносність знань щодо безпечності речовин (наприклад, ДДТ).

Недоліки ГДК: 1) рідко враховує ефект спільної дії декількох ЗР; 2) не враховує ефект комплексного впливу ЗР, які одночасно надходять в організм різними шляхами (з повітрям, водою, їжею, крізь шкіру тощо);

---

З історії ГДК. Перша ГДК була введена у 1896 р. для хлористого водню в США, а в СРСР перші ГДК ЗР в атмосферному повітрі робочих місць були введені у 1922 р. для трьох речовин: сірчистий ангідрид, хлористий водень та оксиди азоту. У 1941 р. вже були розроблені нормативи для 80 речовин (Коновалова В.А., 2011). Зараз в атмосферному повітрі населених пунктів нормується вміст більш ніж 700 ЗР.

Перші ГДК для ЗР у питній воді були встановлені в 1939 р. У 1982 р. був введений ГОСТа 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством», який був прийнятий за основу перших «українських» вимог до питної води – ДержСанПіН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» (затверджені Наказом МОЗ України № 383 від 23.12.1996). Наразі вони замінені новим документом – ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Як бачимо, вимоги щодо якості питної води постійно вдосконалювалися. Так, за ГОСТом 2874-82 контролювались 30 показників якості води, а в ДержСанПіНі 2.2.4-400-10 вже містяться вимоги по 92 показникам складу та властивостей води.



3) не враховує сумісний вплив факторів різної природи: хімічної, фізичної та біологічної; 4) ГДК визначаються для середньостатистичної людини, однак поріг негативного впливу ЗР для хворої чи похилого віку людини може виявитися значно нижчим; 5) при визначенні ГДК ЗР превалює антропоцентричний підхід.

*Санітарно-захисні нормативи* призначені для захисту здоров'я населення і забезпечення екологічної безпеки в місцях водокористування. Їх використовують при створенні зон санітарної охорони джерел водопостачання. Також сюди відносяться нормативи санітарно-захисних зон (СЗЗ) підприємств.

*Друга група нормативів* стосується нормування антропогенного навантаження – *виробничо-господарські нормативи*. Науково-технічне нормування передбачає введення обмежень діяльності господарчих суб'єктів по відношенню до впливу на НПС, тобто, визначає гранично допустимі потоки шкідливих речовин, які можуть потрапляти від джерел забруднення у повітря, води, ґрунти. Отже, основним принципом при встановленні таких нормативів є те, що при їх дотриманні з боку джерела забруднення мають виконуватися санітарно-гігієнічні нормативи якості НПС. Зафіксоване перевищення ГДК в НПС не є порушенням з боку підприємства, а може свідчити про невиконання встановлених для нього науково-технічних нормативів (В.С. Рибкин, 2011).

Виробничо-господарські нормативи призначені для обмеження параметрів виробничо-господарської діяльності конкретного підприємства з точки зору екологічного захисту природного середовища. До них відносяться технологічні, містобудівні, рекреаційні та інші нормативи господарської діяльності (В.А. Ситаров, В.В. Пустовойтов, 2013).

1. *Технологічні нормативи* включають ГДВ, ГДС ЗР у водойми та ліміти на утворення відходів. Ці нормативи встановлюються для кожного джерела забруднення довкілля і тісно пов'язані з профілем роботи, об'ємом і характером надходження ЗР від конкретного підприємства. Ці нормативи, характеризуючи гранично допустиму кількість забруднень, що надходять у НПС в зоні розташування джерел, не дозволяють дати оцінку системам очищення та знешкодження ЗР.

2. *Містобудівні нормативи* розробляють для забезпечення екологічної безпеки при плануванні і забудові міст та інших населених пунктів. В Україні діють ДержСанПіН планування і забудови населених пунктів України (1996 р.).

3. *Рекреаційні нормативи* визначають правила користування природними комплексами з метою забезпечення умов для повноцінного відпочинку і туризму та не порушення природного середовища.

*Третя група нормативів* – це *комплексні нормативи*. Серед них виділяють такі (Н.А. Мельникова, М.В. Лапшина, Н.В. Громова, 2003):

гранично допустимі норми навантаження на НПС (ГДН); нормативи санітарних і захисних зон.

*ГДН* – це допустимі розміри антропогенного впливу на природні ресурси або природні комплекси, що не призводять до порушення екологічних функцій НПС. При визначенні норм антропогенного навантаження важливим є таке поняття, як місткість або асимілюючий потенціал окремих компонентів та усього природного середовища. Ці показники свідчать про потенційні можливості природного середовища протистояти деградації внаслідок антропогенного впливу.

При будівництві нових промислових і сільськогосподарських підприємств, розвитку населених пунктів, формуванні територіально-виробничих комплексів проектувальники і місцева адміністрація мають керуватися нормативами ГДН на НПС з урахуванням його потенційних можливостей щодо самоочищення, раціонального використання природних ресурсів, забезпечення сприятливих умов життя населення, недопущення безповоротних змін в навколишній природі.

Мета розробки і застосування норм ГДН – забезпечення раціонального поєднання господарської і рекреаційної діяльності з охороною НПС.

Розрізняють галузеві і регіональні норми ГДН.

Галузеві норми ГДН відносяться до окремих видів природних ресурсів, наприклад: 1) оптимальне число мисливців, що припадає на певну кількість диких тварин або одиницю мисливських угідь; 2) гранична кількість худоби, що припадає на одиницю пасовищних угідь; 3) граничні норми відвідувачів, що перебувають одноразово на екскурсії в заповіднику; 4) інтенсивність зріджування деревостану під час проведення рубок тощо.

Галузеві норми ГДН за змістом тотожні нормативам гранично допустимого вилучення компонентів НПС, що виділяються в окрему групу серед комплексних нормативів (В.А. Коновалова, 2011).

Регіональні норми ГДН розробляються з урахуванням господарської діяльності або рекреаційного навантаження на окремі природні комплекси. Наприклад, відомі «Нормативы допустимого воздействия на экологическую систему озера Байкал», які встановлюють екологічні обмеження на використання водних ресурсів, рибних запасів, лісових багатств, розвиток господарської діяльності. Ці обмеження пов'язують з інтересами збереження цілісності екосистеми озера.

*Нормативи санітарних і захисних зон* визначаються в залежності від природоохоронних завдань. Ці зони виконують основні взаємозв'язані функції – охоронні та оздоровчі. До числа санітарних і оздоровчих зон відносяться зони навколо заповідників, пам'ятників природи, національних парків, захисні зони навколо річок і водойм, зони екологічного лиха, зони надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф. У рамках охоронно-

оздоровчих функцій кожна з існуючих зон має своє призначення.

Наприклад, для біосферних заповідників встановлюють заповідну, буферну зону, зону антропогенних ландшафтів, в яких діють певні обмеження щодо господарської діяльності. Наприклад, в зоні антропогенних ландшафтів дозволено землекористування, водокористування, але заборонено полювання. Ще один приклад – зони радіоактивного забруднення територій: 1) зона відчуження (30 км від епіцентру вибуху); 2) зона безумовного відселення (50-60 км); 3) зона гарантованого добровільного відселення; 4) зона посиленого радіоекологічного контролю, де, наприклад, заборонено будівництво оздоровчих установ.

В окрему *четверту групу* можна виділити *екологічні нормативи*, які визначають межу антропогенного впливу на довкілля, перевищення якої може створити загрозу збереженню оптимальних умов спільного існування людини і його зовнішнього оточення. Слід зазначити, що ця група нормативів тісно пов'язана з іншими, але основною метою встановлення таких нормативів є необхідність збереження екосистем різного рівня.

Вони включають: еколого-гігієнічні нормативи; еколого-захисні нормативи; гранично допустимі нормативи навантаження на НПС.

При встановленні *еколого-гігієнічних нормативів* слід враховувати, що багато живих організмів є більш чутливими до забруднення, ніж людина, тому доцільно визначити та встановити норматив на рівні, що забезпечує нормальну життєдіяльність живих організмів.

Останнім часом при розробці нормативів якості окремих компонентів природного середовища враховуються не лише гігієнічні аспекти (ГДК), але і вплив на диких тваринах, рослини, гриби, мікроорганізми, а також на природні співтовариства в цілому (так звані гранично допустимі екологічні нормативи). Якщо речовина справляє шкідливу дію на компонент НПС в менших концентраціях, чим на людину, то при нормуванні виходять з порогу впливу цієї речовини на найуразливіший компонент НПС. Наприклад, рибогосподарські нормативи якості води більш жорсткі, аніж гігієнічні.

---

За 50 років, з 1925 по 1975 рік, півтора мільйони китів було убито заради їх м'яса, жиру (ворвані) і кісток. У 1982 році Міжнародна китова комісія – організація китобійних і некитобійних країн – була вимушена накласти заборону на китобійний промисел впродовж 10 років. Деякі країни-члени комісії, включаючи Японію, Норвегію і Ісландію, не погодилися із заборонаю, хоча перестали полювати на китів для наживи. Чималим досягненням Міжнародної конвенції по китобійному промислу (1946 рік) було те, що вона поставила в обов'язок заснованої на її основі Комісії встановити ліміти на здобич китів в Антарктиці. Але практичному дотриманню цих обмежень серйозно перешкоджає той факт, що досі продовжує існувати лише загальний ліміт в одиницях синіх китів. Обмеження термінів мисливського сезону або навіть повна заборона полювання на деякі види вусатих китів (наприклад на південних синіх китів і горбанів) лише певною мірою забезпечує їх захист.

*Еколого-захисні нормативи* спрямовані на збереження генофонду Землі, відновлення екосистем, збереження пам'ятників всесвітньої культурної і природної спадщини і т.п. Вони використовуються при організації охоронних зон заповідників, природних національних парків, біосферних заповідників, зелених зон міст тощо.

Застосування системи показників *гранично допустимих нормативів навантаження на довкілля* спрямовано на запобігання деградації екосистем, забезпечення раціонального використання і відтворення природних ресурсів. До цих нормативів відносяться науково обґрунтовані гранично допустимі нормативи антропогенного впливу на окремі природно-територіальні комплекси (ПТК). За змістом такі нормативи тотожні регіональним нормативам ГДН.

## **2.2 Методи і критерії оцінки якості компонентів навколишнього природного середовища**

### **2.2.1 Оцінка якості атмосферного повітря**

Отримання інформації про стан атмосферного повітря здійснюється шляхом створення мережі моніторингу. Спостереження за якістю повітря проводяться на постах спостережень 3-х категорій: стаціонарних, маршрутних і пересувних (підфакельних). Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводяться за однією з чотирьох програм: повній, неповній, скороченій, добовій.

Моніторинг атмосферного повітря проводиться в 53 містах України на 163 стаціонарних постах, двох маршрутних постах спостережень та двох станціях транскордонного переносу. Пріоритетними ЗР, що визначаються на усіх постах являються пил,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  (*Моніторинг довкілля*, 2010).

Оцінка якості атмосферного повітря базується на двох підходах (методах): 1) метод порівняння – полягає в порівнянні вимірної або розрахованої величини показника з нормативом (метод ГДК); 2) метод інтегральної оцінки – дозволяє оцінити якість атмосферного повітря в певному районі або по місту в цілому за однією або декількома ЗР на основі розрахунку комплексних показників.

*Метод ГДК.* Суть методу полягає в порівнянні величини показника з нормативом (стандартом). В якості таких нормативів використовуються величини гранично допустимих концентрацій (ГДК), тимчасово допустимих концентрацій (ВДК), орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) та ін. На сьогодні розроблені нормативи ГДК і ОБВР більш ніж для 700 токсичних речовин в атмосферному повітрі.

*Гранично допустима концентрація* – це максимальна концентрація шкідливої речовини в атмосферному повітрі, віднесена до певного часу

усереднювання, яка при періодичному впливі або упродовж усього життя людини не впливає і не вплине негативним чином (включаючи віддалені наслідки) на нього і на довкілля в цілому. Залежно від часу впливу ЗР в атмосферному повітрі розрізняють: ГДК максимально разові (ГДК<sub>мр</sub>), середньодобові (ГДК<sub>сд</sub>) і робочої зони (ГДК<sub>рз</sub>).

ГДК<sub>мр</sub> – належить 20-30-хвилинному інтервалу осереднення; встановлюється для попередження рефлекторних реакцій людини (відчуття запаху, світлочутливість) і не викликає змін біоелектричної активності головного мозку.

ГДК<sub>сд</sub> – це концентрація ЗР в повітрі, що при цілодобовому вдиханні людиною не справляє на неї прямого чи опосередкованого шкідливого впливу; належить необмеженому періоду осереднення і вводиться з метою попередження загальнотоксичної, мутагенної, канцерогенної та іншої дії.

ГДК<sub>рз</sub> – це рівень концентрації інгредієнта, який не повинен викликати у робітників при щоденному вдиханні протягом 8 годин (але не більш 41 години на тиждень) захворювань або призводити до погіршення стану здоров'я у віддалені терміни. Під робочою зоною розуміють шар повітря висотою 2 м, де розташовується постійне або тимчасове робоче місце.

Розроблено чотири класи небезпеки шкідливих речовин: 1 – надзвичайно небезпечні; 2 – високонебезпечні; 3 – помірно небезпечні; 4 – малонебезпечні. ГДК та класи небезпеки деяких ЗР приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – ГДК ЗР в атмосферному повітрі

Речовина	ГДК <sub>мр</sub>	ГДК <sub>сд</sub>	ГДК <sub>рз</sub>	Клас небезпеки
Діоксид азоту	0,2	0,04	5,0	3
Діоксид сірки	0,5	0,05	10,0	3
Оксид вуглецю	5,0	3,0	-	4
Пил	0,5	0,15	-	3
Аміак	0,2	0,04	20,0	4
Ртуть	-	0,0003	0,01	1

Якість атмосферного повітря відповідає нормам, коли виконується таке співвідношення між концентрацією і-ої ЗР ( $C_i$ ) і  $ГДК_i$  (мг/м<sup>3</sup>):

$$C_i < ГДК_i \quad (2.1)$$

Встановлено, що в місцях відпочинку людей (рекреаційні зони) рівень забруднення атмосфери не повинен перевищувати 0,8 ГДК.

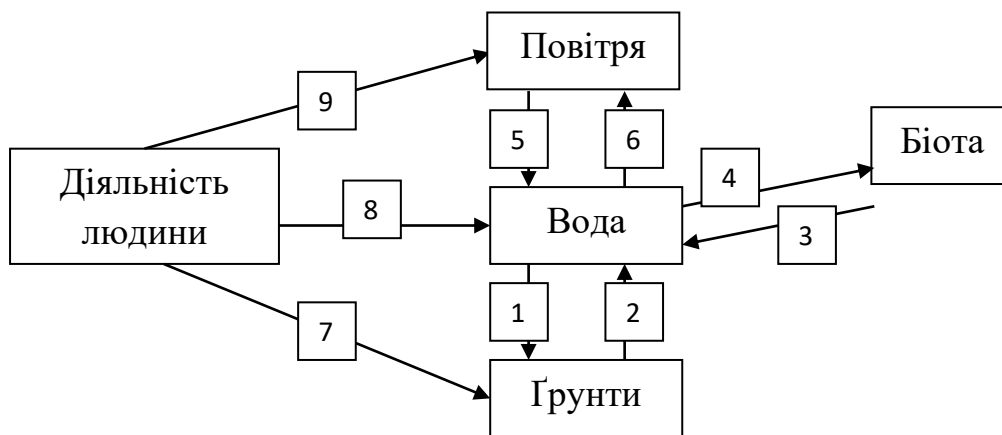
Деякі ЗР володіють ефектом сумачії біологічної дії. За наявності в атмосфері декількох (n) шкідливих речовин, які справляють сумарну дію, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати одиниці:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1 \quad (2.2)$$

Ефектом сумачії володіють, наприклад, фенол і ацетон, діоксиди сірки і азоту, аміак і сірководень та ін. Перелік речовин, що володіють ефектом сумачії біологічної дії налічує 51 групу. Характер комбінованої дії декількох ЗР може характеризуватися не тільки сумачією біологічної дії.

### 2.2.2 Оцінка якості води водних об'єктів

Формування якості природних вод являє собою складну сукупність процесів обміну хімічними речовинами природних вод з іншими природними середовищами в різних географічних умовах і при різному антропогенному навантаженні (рис. 2.1).



1 – адсорбція; 2 – десорбція; 3 – виділення екскрементів водних організмів; 4 - біоаккумуляція хімічних речовин у гідробіонтах; 5 – надходження речовин з опадами; 6 – випаровування з поверхні водойм і зв'язаний з ним потік речовин; 7 – внесення агрохімізасобів, меліорації, водна ерозія, яка викликана механічною деформацією структури ґрунту; 8 – стічні води (СВ), водний транспорт, зарегулювання стоку; 9 – викиди забруднюючих речовин в атмосферу

Рисунок 2.1 – Обмін хімічними речовинами між водою й іншими середовищами

Комплекс факторів, що регулюють якість води, складають 5 основних блоків: гідрометеорологічний, гідрохімічний, гідробіологічний, фізико-географічний, антропогенний. Їх можна назвати блоками регулювання якості води. Кожен з цих блоків характеризується великим

переліком різноманітних показників, що відображають внутрішню структуру і специфічні властивості цього фактора.

*Гідрометеорологічний фактор* включає характеристики водного стоку (поверхневий, поверхнево-схиловий, підземний, твердий), метеорологічні показники (кількість опадів, температурний режим і т.д.).

Під *гідрохімічним фактором* необхідно розуміти сукупність фізико-хімічних процесів, що протікають між основними групами хімічних речовин, розчинених у воді (головні іони, біогенні й органічні речовини, мікроелементи, специфічні забруднювачі антропогенного походження). Фактор виділяється умовно, тому що усі характеристики його зв'язані з аналогічними характеристиками інших факторів.

Серед основних ознак *гідробіологічного блоку* виділені: зообентос, фітопланктон, зоопланктон, перифітон, мікробіологічні показники.

*Фізико-географічний фактор* відображає особливості ландшафту, у якому проходить формування хімічного складу води конкретної ріки. Він може включати характеристики лісистості, заболоченості, озерності, еродованості.

Роль і ступінь участі *антропогенного блоку* в загальних процесах формування якості води визначаються такими ознаками: розораність, скидання СВ, внесення добрив, меліорування, густина населення, питома вага поголів'я великої рогатої худоби, інших тварин, зарегулювання стоку та ін.

Кількість ознак, що характеризують кожний із блоків, може змінюватися в залежності від складності поставленого завдання, можливості інструментального визначення ряду ознак, наявності тих чи інших видів господарської діяльності, фізико-географічних особливостей території (С.І. Сніжко, 2001).

Можна виділити три групи методів оцінки якості вод: 1) метод зіставлення; 2) методи оцінки якості вод як середовища існування; 3) методи комплексної оцінки якості або забрудненості водних об'єктів на основі системи інтегральних показників.

*Оцінка відповідності якості води встановленим нормам (метод зіставлення)* базується на порівнянні показників хімічного складу, фізичних властивостей і біологічних характеристик води з відповідними нормативними показниками. Нормування якості води здійснюється відповідно до «Правил охорони поверхневих вод от загрязнення» (1989 р). В залежності від виду водокористування розрізняють гігієнічні та рибогосподарські норми якості води водних об'єктів.

Оцінка якості води виконується методом зіставлення значень показників якості води (вимірних або розрахованих) з нормативами.

*Норми якості води водних об'єктів* включають: 1) загальні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів (нормується 11 основних показників складу і властивостей води – температура, зважені речовини,

мінералізація (сухий залишок), хлориди, сульфати, розчинений кисень,  $pH$ , БСК, збудники захворювань, отруйні речовини); 2) список ГДК речовин у воді водних об'єктів (ГДК встановлені для 420 ЗР).

До господарсько-питного відноситься водокористування водними об'єктами в якості джерел централізованого господарсько-питного водозабезпечення, а також для забезпечення підприємств харчової промисловості. До комунально-побутового водокористування відноситься використання водних об'єктів для купання, заняття спортом і відпочинку населення. В цьому випадку норми якості води – *гігієнічні*.

Визначення гігієнічних ГДК ЗР ґрунтується на вивченні впливу ЗР за трьома лімітуючими ознаками шкідливості (ЛОШ): 1) *санітарно-токсикологічною* – чутливість живих організмів до впливу ЗР; 2) *органолептичною* – смак, запах і колір; 3) *загальносанітарною* – інтенсивність БСК, процесів мінералізації азотовмісних речовин та інші характеристики, що визначають інтенсивність процесів самоочищення води.

По кожній з ЛОШ визначають діючу (граничну) і недіючу (підпорогову) концентрацію. В якості ГДК береться мінімальна з трьох, визначених за кожною із ЛОШ, і відзначається ЛОШ для цієї речовини. Отже, у списках гігієнічних ГДК речовини поділені на три групи за ЛОШ: перша група об'єднує речовини з санітарно-токсикологічною ЛОШ; друга – з органолептичною ЛОШ; третя – із загальносанітарною ЛОШ.

Для ЗР, що не володіють ефектом сумачії, вміст у воді не повинен перевищувати норматив, тобто

$$C_i \leq ГДК_i \quad (2.3)$$

До таких ЗР відносять нормовані з ЛОШ або без, але 3-го або 4-го класу небезпеки.

Якщо речовини володіють ефектом спільної дії (згідно з гігієнічними нормативами це ЗР, нормовані з ЛОШ 1-го і 2-го класу небезпеки), то сума їх відносних концентрацій не повинна перевищувати одиниці

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1 \quad (2.4)$$

Водний об'єкт вважається придатним для комунально-побутового і господарсько-питного водокористування, якщо виконуються загальні вимоги до складу і властивостей води, а також умови (2.18) і (2.19).

Норми якості води повинні дотримуватися: 1) у *водотоках* – на відстані 1 км вище за межу району водокористування; 2) у *водоймах* – на відстані 1 км від меж району водокористування на всі боки.



Якщо природні властивості і склад води не відповідають нормам водокористування, то оцінка якості води виконується виходячи з цих природних особливостей водного об'єкту.

*Рибогосподарські норми якості води* використовуються для оцінки якості водних об'єктів при рибогосподарському водокористуванні (використанні для проживання, розмноження і міграції риб і інших організмів). Рибогосподарські водні об'єкти можуть бути 3-х категорій:

1) *вища категорія* (місця розміщення нерестилищ, масового нагулу та зимувальних ям особливо цінних і цінних видів риб та інших промислових водних організмів, а також охоронні зони господарств будь-якого типу для штучного розведення і вирощування риб, інших водних тварин і рослин);

2) *перша категорія* (водні об'єкти для збереження і відтворення цінних видів риб, що мають високу чутливість до вмісту кисню);

3) *друга категорія* (водні об'єкти, що використовуються для інших рибогосподарських цілей).

ЗР за рибогосподарськими нормативами характеризуються 5-ма ЛОШ. До трьох ЛОШ за гігієнічними нормативами додаються ще 2: токсикологічна – чутливість окремих видів гідробіонтів до дії токсичних речовин; рибогосподарська – втрата товарних якостей рибної продукції внаслідок накопичення в ній неприпустимої кількості ЗР.

Оцінка якості води за рибогосподарськими нормативами дещо жорсткіша, оскільки відповідно до них ефектом сумачії володіють усі речовини з однаковою ЛОШ, а встановлені рибогосподарські ГДК ЗР у ряді випадків нижчі за гігієнічні (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Гігієнічні і рибогосподарські ГДК деяких ЗР

№ п/п	Речовина	ГДК, мг/дм <sup>3</sup>		Клас небезпеки
		гігієнічні	рибогосподарські	
1	Азот амонійний	20	0,39	3
2	Азот нітратний	10,0	9,10	3
3	Кобальт	1,0	0,1	-
4	Нікель	0,1	0,01	-
5	Свинець	0,03	0,1	2
6	Цинк	1,0	0,01	3
7	Хром (III)	0,5	0,005	3
8	Хром (VI)	0,1	0,05	3
9	Нафтопродукти	0,3	0,05	-

Згідно рибогосподарських норм склад і властивості води повинні задовольняти вимогам нормативів або безпосередньо в місці випуску СВ, або в створі, визначеному органами рибоохорони не далі, ніж в 500 м від місця випуску (*Правила...*, 1989, *Обобщённый перечень...*, 1990).

### 2.2.3 Оцінка якості ґрунтів

Проблема оцінки якості ґрунтового покриву досить складна і мало вивчена. Найбільш розробленим напрямом є оцінка забрудненості ґрунтів з використанням нормативів ГДК, яка дозволяє судити про ступінь хімічного забруднення. ГДК ЗР в ґрунті – це максимальна масова доля речовини, що забруднює ґрунти, яка не справляє прямого або непрямого впливу (включаючи віддалені наслідки) на НПС і людину.

Завдання розробки нормативів ГДК для ґрунту дуже складне, оскільки забруднення впливає на здоров'я людини не прямим шляхом, а по трофічних ланцюгах: ґрунти – рослина – людина, ґрунти – рослина – тварина – людина, ґрунти – вода – людина тощо.

При санітарно-гігієнічному нормуванні враховуються такі показники шкідливості: *транслокаційний* ( $K_1$ ) – лімітуючий перехід нормованої ЗР у рослину; *міграційний водний* ( $K_2$ ) – лімітуючий перехід нормованої ЗР у водне середовище; *міграційний повітряний* ( $K_3$ ) – лімітуючий перехід нормованої ЗР у повітряне середовище; *загальносанітарний* ( $K_4$ ) – оцінюючий здатність ґрунту до самоочищення і ґрунтовий мікробіоценоз, можливості хімічних перетворень – табл. 2.3 (*Инженерно-геологические...* 1997).

Таблиця 2.3 – ГДК окремих хімічних речовин в ґрунтах і допустимий вміст за показником шкідливості

Речовина	Клас небезпеки	Форма, вміст	ГДК, мг/кг з урахуванням фону	Показник шкідливості ( $K_{max}$ )			
				$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Zn</i>	1	рухома	23,0	23,0	200,0	-	37,0
<i>Cu</i>	2	-«-	3,0	3,5	72,0	-	3,0
<i>Ni</i>	2	-«-	4,0	6,7	14,0	-	4,0
<i>Co</i>	2	-«-	5,0	25,0	> 1000,0	-	5,0
<i>Cr</i>	2	-«-	6,0	6,0	6,0	-	6,0
<i>F</i>	1	водорозчинна	10,0	10,0	10,0	-	25,0
<i>Pb</i>	1	валовий вміст	30,0	35,0	260,0	-	30,0
<i>As</i>	1	-«-	2,0	2,0	15,0	-	10,0
<i>Hg</i>	1	-«-	2,1	2,1	33,0	2,5	5,0
<i>Pb + Hg</i>	1	-«-	20,0+1,0	20,0+1,0	30,0+2,0	-	50,0+2,0
<i>Sb</i>	2	-«-	4,5	4,5	4,5	-	50,0
<i>Mn</i>	3	-«-	1500,0	3500,0	1500,0	-	1500,0
<i>V</i>	3	-«-	150,0	170,0	350,0	-	150,0

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
$Mn + V$	3	-«-	1000,0 +100,0	1500,0+ 150,0	2500,0 +200,0	-	1000,0 +100,0
$H_2S$	3	-«-	0,4	160,0	140,0	0,4	160,0
$H_2SO_4$	1	-«-	160,0	180,0	380,0	-	160,0
$NO_3^-$	2	-«-	130,0	180,0	130,0	-	225,0
Бензол	2	-«-	0,3	3,0	10,0	0,3	50,0
Толуол	2	-«-	0,3	0,3	100,0	0,3	50,0
Стирол	2	-«-	0,1	0,3	100,0	0,1	1,0
Ксилол	2	-«-	0,3	0,3	100,0	0,4	1,0

## 2.3 Екологічна оцінка стану і якості компонентів навколишнього природного середовища

### 2.3.1 Оцінка якості атмосферного повітря на основі комплексних показників

Для оцінки забруднення атмосфери певною ЗР (або групою ЗР) по місту в цілому або по якому-небудь району використовується ряд інтегральних показників забруднення атмосфери.

#### Індекс забруднення атмосфери як інтегральний показник якості атмосферного повітря

Для оцінки ступеня забруднення атмосфери отримані в результаті спостережень середні і максимальні концентрації нормуються на величину середньої (максимальної) концентрації для більш великого регіону або на санітарно-гігієнічний норматив, наприклад на ГДК. Нормовані характеристики забруднення називають індексом забруднення атмосфери (ІЗА).

ІЗА окремою домішкою розраховується за формулою:

$$I = \left( \frac{q_p}{ГДК_{mp}} \right) C_i, \quad (2.5)$$

$$\text{або } I = \left( \frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right) C_i, \quad (2.6)$$

де  $q_p$  та  $\bar{q}$  – фактичні максимальна та середня концентрації ЗР в атмосферному повітрі, мг/м<sup>3</sup>;

$C_i$  – константа, що набуває значень 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 відповідно для 1; 2; 3; 4-го класу небезпеки речовини і дозволяє привести ступінь шкідливості  $i$ -ї речовини до ступеня шкідливості діоксиду сірки.

Розрахунок ІЗА заснований на принципі, що на рівні ГДК усі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину і при подальшому збільшенні концентрації ступінь їхньої шкідливості зростає з різною швидкістю, що залежить від класу небезпеки речовини. Вважається, що при  $ІЗА \leq 1$  якість повітря за вмістом окремої ЗР відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Комплексний ІЗА (КІЗА) – це кількісна характеристика рівня забруднення атмосфери, утвореного  $n$  речовинами, присутніми в атмосфері міста. КІЗА розраховується за формулою:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n \left( \left( \frac{\bar{q}}{ГДК_{сд}} \right) C_i \right) I_i, \quad (2.7)$$

Розраховується КІЗА по одному або  $K$  постах міста як сума всіх ІЗА. Комплексний ІЗА враховує  $n$  речовин, що присутні в атмосфері (А.В. Чугай, В.Г. Ільїна, 2009).

Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою КІЗА можна використати значення одиничних індексів ІЗА тих п'яти ЗР, для яких ці значення найбільші. Тобто

$$I_5 = \sum_{i=1}^5 I_i \quad (2.8)$$

За величиною  $I_5$  виділяють чотири рівні забруднення: 1) *безпечний* ( $I_5 \leq 5$ ); 2) *підвищений* ( $5 < I_5 \leq 7$ ); 3) *високий* ( $7 < I_5 \leq 13$ ); 4) *дуже високий* ( $I_5 > 13$ ).

Існує також інша характеристика рівня забруднення атмосферного повітря за величиною  $I_5$ . Величини  $I_5$  менші 2,5 відповідають чистій атмосфері; від 2,5 до 7,5 – слабо забрудненій атмосфері; від 7,6 до 12,5 – забрудненій атмосфері; від 12,6 до 22,5 – сильно забрудненій атмосфері; від 22,6 до 52,5 – високо забрудненій атмосфері; більше 52,5 – екстремально забрудненій атмосфері (О.В. Івлієва, 2003).

Існують інші види ІЗА. Наприклад, запропонований Інхабером для Канади індекс, заснований на даних про викиди завислих речовин і  $SO_2$ . Такий індекс для різних районів Канади визначався за формулою:

$$I_{ki} = \frac{M_i / N}{\overline{M_i} / \overline{N}}, \quad (2.9)$$

де  $\bar{M}_i$  – сумарні викиди речовини для всієї території Канади;  
 $M_i$  – сумарні викиди для окремого району;  
 $N$  і  $\bar{N}$  – чисельність населення відповідно цього району і Канади в цілому.

Цей індекс являє собою оцінку внеску району (або міста) у загальний рівень забруднення повітря розглянутою домішкою в країні.

*Инхабер* запропонував також ще один *ІЗА*, заснований на фізичному показнику забруднення повітря – видимості:

$$I_k = B_i / 2B, \quad (2.10)$$

де  $B_i$  – видимість для розглянутого району,  
 $B$  – видимість в «чистому» повітрі, отримана осередненням результатів спостережень за видимістю на двох північних станціях Канади.

*А.В. Приймак* запропонував в якості *ІЗА* використати «індекс безпеки забруднення»:

$$I_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2}, \quad (2.11)$$

де  $k_i$  – перевищення *ГДК* розглянутої домішки.

*Т.А. Акімова* та *Ю.М. Мосейкин* (2009) запропонували «енергетичний» підхід у визначенні *ІЗА* – індекс забруднення повітря для певної території:

$$ІЗП = 0,05 \cdot \left( \frac{P_0}{B_0} + \frac{A}{T} \right), \quad (2.12)$$

де  $P_0$  – енергетичне споживання кисню, тис.т/рік;

$B_0$  – біопродукція кисню, тис.т/рік;

$A$  – річна сума викидів ЗР від стаціонарних джерел, т/рік;

$T$  – площа території, км<sup>2</sup>.

#### Інтегральні показники фонового забруднення атмосферного повітря

Фонове забруднення повітряного басейну міста формується в результаті взаємного перемішування викидів ЗР від усіх джерел. Характеристики фонового забруднення менш схильні до різних коливань, чим концентрації домішки в окремих точках міста. Вони менше залежать від режиму викидів і в основному визначаються метеорологічними

чинниками, термодинамічними умовами розсіяння домішок в атмосфері і тощо.

Нижченаведені показники доцільно об'єднати в групу інтегральних показників, що характеризують фонове забруднення по місту в цілому.

Найбільш розповсюдженим є середнє значення концентрації інгредієнта, обчислене за даними вимірів за конкретний термін або за добу у всіх точках міста, нормованих на середньосезонну концентрацію ( $\tilde{q}$ ):

$$\tilde{q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\bar{q}_{ci}}{\bar{q}_{cc}}, \quad (2.13)$$

де  $N$  – кількість контрольно-вимірювальних постів у місті;

$\bar{q}_{ci}$  – середньодобова концентрація домішки на  $i$ -ому посту;

$\bar{q}_{cc}$  – середньосезонна концентрація на  $i$ -ому посту.

У залежності від значення параметра  $\tilde{q}$  розрізняють такі класи забруднення повітря: 1 – *високе* ( $\tilde{q} \geq 1,5$ ); 2 – *підвищене* ( $1,0 \leq \tilde{q} < 1,5$ ); 3 – *знижене* ( $0,6 \leq \tilde{q} < 1,0$ ); 4 – *слабке* ( $\tilde{q} < 0,6$ ).

Нормування на середньосезонну концентрацію дозволяє виключити вплив зміни загальної концентрації від року до року, що дає можливість використовувати для аналізу ряд спостережень за декілька років.

Для характеристики забруднення повітря по місту в цілому як узагальнений показник рекомендується використовувати також параметр  $P$ :

$$P = \frac{m}{n}, \quad (2.14)$$

де  $n$  – загальна кількість спостережень за концентрацією домішок у місті протягом доби на всіх стаціонарних пунктах;

$m$  – кількість спостережень протягом цієї ж доби з концентрацією  $q$ , що перевищує середньосезонне значення більш ніж у 1,5 рази.

Параметр  $P$  може змінюватися від 1 (якщо всі вимірювані концентрації перевищують  $1,5 \bar{q}_{cc}$ ) до нуля (якщо жодна з концентрацій не перевищує  $1,5 \bar{q}_{cc}$ ).

Отже, параметр  $P$  характеризує частину істотно підвищених, концентрацій від загального числа вимірів впродовж доби.

Для розрахунку параметра  $P$  і його використання як характеристики фонового забруднення повітря необхідно дотримуватися таких умов: а) кількість стаціонарних пунктів в місті має бути не менше трьох; б) кількість спостережень за концентраціями домішок в повітрі на усіх пунктах впродовж доби повинно бути не менше 20.

Параметр  $P$  обчислюють окремо для кожної домішки і по усіх

домішках разом. Найбільший інтерес представляє цей показник, розрахований по усіх домішках, оскільки в цьому випадку він характеризує загальний стан забруднення повітряного басейну міста.

У залежності від значень параметра  $P$  розрізняють три групи забруднення атмосферного повітря: 1 – високий рівень забруднення ( $P \geq 0,35$ ); 2 – підвищений рівень забруднення ( $0,2 \leq P < 0,35$ ); 3 – знижений рівень забруднення ( $P < 0,2$ ).

Оцінка якості атмосферного повітря на основі показників фактичного і гранично допустимого забруднення

Методика міститься в нормативному документі «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)» (1997 р.)

В основу методики оцінки якості атмосферного повітря покладений розрахунок та порівняння двох показників.

Показник гранично допустимого забруднення (ГДЗ) атмосферного повітря – відносний інтегральний критерій оцінки забруднення атмосферного повітря населених місць, який характеризує інтенсивність і характер сумісної дії усієї сукупності присутніх в нім шкідливих домішок. ГДЗ розраховується для кожного випадку на основі визначених експериментально та затверджених у встановленому порядку коефіцієнтів комбінованої дії ( $K_{\kappa\delta}$ ).  $K_{\kappa\delta}$  відображає характер сумісної біологічної дії одночасно присутніх в атмосферному повітрі ЗР (сумація, посилення, послаблення або незалежна дія). Його цифрове значення встановлюється експериментальним (або розрахунковим) шляхом та виражається в долях від індивідуальних ГДК ЗР.

Для речовин зі встановленим ефектом сумації біологічної дії  $K_{\kappa\delta} = 1$ . Для групи речовин з неповної сумацією біологічної дії  $K_{\kappa\delta}$  може приймати значення 1,6; 2,0; 2,5. У випадку, коли одночасно присутні ЗР посилюють негативний вплив на живі організми, тобто спостерігається ефект потенціювання,  $K_{\kappa\delta} = 0,8$ . Для речовин з офіційно встановленим характером незалежної біологічної дії  $K_{\kappa\delta}$  дорівнює кількості речовин, що входять у групу. Перелік груп речовин, що володіють різним характером біологічної дії наведений у «Державних санітарних правилах...»

ГДЗ розраховується за формулою (2.15)

$$ГДЗ = K_{\kappa\delta} \cdot 100\%. \quad (2.15)$$

У випадках, коли значення  $K_{\kappa\delta}$  відсутні, їх визначення проводиться за формулою (2.14)

$$K_{к\partial} = \sqrt{n}, \quad (2.16)$$

де  $n$  – число речовин, присутніх у повітряному середовищі, для яких офіційно не встановлено характер комбінованої дії.

У випадках, коли присутні в атмосферному повітрі ЗР являють собою складну суміш з встановленими та не встановленими  $K_{к\partial}$ , для розрахунку ГДЗ значення  $K_{к\partial}$  цієї суміші визначається за формулою (2.17)

$$K_{к\partial_{cc}} = \sqrt{\sum_{i=1}^j K_{к\partial_j} + n + K_m}, \quad (2.17)$$

де  $K_{к\partial_{cc}}$  – коефіцієнт комбінованої дії складної суміші;

$K_{к\partial_j}$ ; коефіцієнти комбінованої дії сумісно присутніх речовин 1, 2 ...

$j$  ЗР;

$n$  – число речовин в суміші, значення  $K_{к\partial}$  яких відсутні в офіційних списках;

$K_m$  – числове значення коефіцієнта для речовин з незалежним характером комбінованої дії.

В разі присутності у повітрі однієї домішки показник ГДЗ = 100 %.

Оцінка фактичного або прогнозного (розрахункового) рівня забруднення атмосферного повітря проводиться шляхом співставлення показника забруднення (ПЗ) однією речовиною або сумарного показника забруднення ( $\Sigma$  ПЗ) сумішшю речовин з показником гранично допустимого забруднення. Допустимим вважається рівень, що не перевищує ГДЗ.

Показник фактичного або прогнозного забруднення атмосферного повітря однією речовиною розраховується за формулою

$$ПЗ_i = \frac{C_i}{ГДК_i} \cdot 100\%, \quad (2.18)$$

Сумарний показник забруднення ( $\Sigma$  ПЗ) сумішшю речовин розраховується за формулою:

$$\Sigma ПЗ = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_n}{ГДК_n \cdot K_n} \right) \cdot 100\%, \quad (2.19)$$



де  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – значення коефіцієнтів, які враховують клас небезпечності відповідної речовини: для речовин 1-го класу – 0,8; 2-го класу – 0,9; 3-го класу – 1,0; 4-го класу – 1,1.

У випадку відсутності значень  $ГДК$  при прогнозуванні приземних концентрацій беруться значення  $ОБРВ$  без врахування значень коефіцієнтів  $K$ .

У відповідності з ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества атмосферного воздуха» та «Руководства по контролю загрязнения атмосферы» (РД 52.04.186-89) для оцінки результатів досліджень на стаціонарних і маршрутних постах використовуються максимальні разові і середньодобові  $ГДК$ , на підфакельних – максимальні разові  $ГДК$ ; для оцінки прогнозних (розрахункових) концентрацій використовуються значення максимальних разових  $ГДК$ .

У відповідності з ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» для речовин, які мають встановлені лише середньодобові  $ГДК$  використовується наближене співвідношення між максимальними значеннями разових і середньодобових концентрацій і вимагається, щоб  $0,1C \leq ГДК_{сд}$ .

Для встановлення  $ПЗ$  атмосферного повітря використовуються значення фактичних концентрацій, одержані при їх статистичній обробці. При цьому для розрахунку  $ПЗ$  або  $\Sigma ПЗ$  значення  $C$  беруться:

– для характеристики забруднення атмосферного повітря в районі окремих стаціонарних постів – середньоарифметичне значення з числа разових або середньодобових концентрацій, виміряних протягом року;

– для характеристики забруднення атмосферного повітря в зоні впливу окремого об'єкта чи групи об'єктів – максимальне значення концентрації, визначене як статистично достовірна максимальна величина з числа разових концентрацій, виявлених в окремих точках населеного пункту (на стаціонарних, маршрутних чи підфакельних постах) або в точках при експедиційних (епізодичних) обстеженнях.

Оцінка забруднення атмосферного повітря проводиться з урахуванням кратності перевищення показників забруднення ( $ПЗ$ ) їх нормативного значення ( $ГДЗ$ ) і включає визначення рівня забруднення (допустимий, недопустимий) та ступеню його небезпечності (безпечний, слабо небезпечний, помірно небезпечний, небезпечний, дуже небезпечний) згідно з табл. 2.4.

У випадках, коли при оцінці забруднення атмосферного повітря сумішшю речовин виявляється перевищення значення  $ГДЗ$ , повинні визначатись провідні компоненти; провідними вважаються ті речовини в суміші, індивідуальні значення  $ПЗ$  яких перевищують допустимі рівні.

Таблиця 2.4 – Параметри оцінки забруднення атмосферного повітря

Рівень забруднення	Ступінь небезпечності	Кратність перевищення ГДЗ	Процент випадків перевищення ГДЗ
Допустимий	Безпечний	< 1	0
Недопустимий	Слабко небезпечний	1 - 2	0 - 4
Недопустимий	Помірно небезпечний	2 – 4,4	4 - 10
Недопустимий	Небезпечний	4,4 - 8	10 - 25
Недопустимий	Дуже небезпечний	> 8	> 25

### 2.3.2 Методи комплексної оцінки якості води водних об'єктів

Оцінка і класифікація якості води базується на системі контрольних показників, з якими порівнюється якість досліджуваної води. Практично неможливо створити контрольну базу для всіх параметрів якості води. Тому найчастіше оцінки і класифікації якості води базуються на окремих критеріях, що є показниками особливо чутливих процесів забруднення води.

Існують *одиночні*, опосередковані (непрямі) і *комплексні* оцінки забруднення поверхневих вод за гідрохімічними показниками.

*Комплексна оцінка забруднення поверхневих вод* – це уявлення про міру її забруднення або про її якість, що виражено через ту чи іншу систему показників або через обмежену сукупність характеристик складу і властивостей води, що порівнюються з критеріями якості води або нормативами для визначеного виду водокористування або водоспоживання.

Комплексні оцінки якості води повинні відповідати таким вимогам: 1) мати фізичну суть, бути не складними у визначенні, логічно зрозумілими; 2) мати універсальний характер, тобто повинні підходити для їхнього використання при оцінці якості води різних водних об'єктів; 3) мати максимальну інформативність, тобто мінімальна кількість показників, що використовується, повинна забезпечити максимально повну і надійну оцінку забруднення поверхневих вод; 4) бути зіставними між собою в межах однієї території водного басейну або його ділянки; 5) піддаватися автоматизованій обробці і накопиченню.

Сучасні методи комплексної оцінки забруднення поверхневих вод розрізняються за метою використання, принципами розробки, критеріями оцінки, за обсягом і характером наявної інформації, за способами формалізації даних. Загальноприйнятого методу комплексної оцінки забруднення поверхневих вод не існує.

Найбільш інформативні *індекси забруднення або якості води*. *Індекс якості води* – це узагальнена чисельна оцінка якості води за сукупністю основних показників і видами водокористування. До них належать *індекс якості води*, комбінаторний *індекс забруднення води* та інші (С.І. Сніжко, 2001).

Нижче розглянемо деякі основні методи оцінки якості води водних об'єктів.

#### Індекс забруднення води

Визначення індексу забруднення води (ІЗВ) – це одна із найпростіших методик комплексної оцінки якості води.

Розрахунок *ІЗВ* проводиться за обмеженим числом інгредієнтів (для морських вод – не менше 4, для поверхневих вод суші – не менше 6). Визначається середнє арифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з показників: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>. Знайдене середнє арифметичне значення кожного з показників порівнюється з їх *ГДК*. При цьому у випадку розчиненого кисню величина *ГДК* ділиться на знайдене середнє значення концентрації кисню, тоді як для інших показників це робиться навпаки.

*ІЗВ* розраховується за формулою:

$$IЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (2.20)$$

де  $n$  – кількість показників.

$C_i$  – середня концентрація  $i$ -го показника складу води;

$ГДК_i$  – *ГДК*  $i$ -го показника складу води.

За величинами розрахованих *ІЗВ* виконується оцінка якості води. При цьому виділяються такі класи якості води: I – *дуже чиста* ( $IЗВ \leq 0,3$ ); II – *чиста* ( $0,3 < IЗВ < 1$ ); III – *помірно забруднена* ( $1 < IЗВ < 2,5$ ); IV – *забруднена* ( $2,5 < IЗВ < 4$ ); V – *брудна* ( $4 < IЗВ < 6$ ); VI – *дуже брудна* ( $6 < IЗВ < 10$ ); VII – *надзвичайно брудна* ( $IЗВ > 10$ ).

Існує модифікована методика розрахунку *ІЗВ*, коли частина показників є постійною, а в якості інших беруть показники з найбільшими відношеннями до *ГДК*. Це дозволяє більш повно використовувати наявну гідрохімічну інформацію. До обов'язкових показників відносяться БСК<sub>5</sub> і розчинений кисень (для морських вод – лише розчинений кисень). Інші чотири вибираються зі списку: сульфати, хлориди, ХСК, азот нітритів, нітратів, амонійний, фосфор фосфатів, залізо загальне, марганець, мідь, цинк, хром, нікель, алюміній, свинець, ртуть, миш'як, нафтопродукти, СПАР (С.М. Юрасов та ін., 2012).

Оцінка якості води на основі комплексного показника  
екологічного стану

Для оцінки якості води водного об'єкта можна використовувати комплексний показник екологічного стану (КПЕС) водних об'єктів господарсько-питного і комунально-побутового водокористування.

Методика визначення КПЕС ґрунтується на вимогах і нормах якості води у водоймах залежно від виду водокористування. Оцінка якості води на основі КПЕС відповідно до вимог господарсько-питного та комунально-побутового водокористування проводиться таким чином. По-перше, визначаються показники екологічного стану (ПЕС) для речовин 3 і 4 класів небезпеки, які можна представити у такому вигляді:

$$ПЕС_i = a_i (H_i - P_i) / H_i, \quad (2.21)$$

якщо норма гранично допустима, і

$$ПЕС_i = a_i (P_i - H_i) / H_i, \quad (2.22)$$

якщо норма мінімально допустима,

де  $P_i$  і  $H_i$  – відповідно значення і норма  $i$ -го параметра якості води;

$a_i$  – коефіцієнт, пов'язаний із класом небезпеки шкідливої речовини (Кл): якщо ступінь небезпеки збільшується зі збільшенням номера класу, то  $a = Кл$ ; якщо ступінь небезпеки зменшується зі збільшенням номера класу, то  $a = 1/Кл$ ; якщо клас не нормований, то приймається клас на один розряд нижче мінімально небезпечного класу.

Норма може бути визначена у вигляді припустимого інтервалу ( $H_{max}$  ...  $H_{min}$ ). Тоді в результаті розрахунків за формулами (2.21) і (2.22) з використанням максимального і мінімального значень норми в якості ПЕС приймається мінімальне значення з отриманих.

З формул (2.21) і (2.22) випливає, що ПЕС може бути менше, дорівнювати і більше від нуля. Якщо ПЕС більше від нуля, то параметр далекий від норми і система до даного елемента стійка. Якщо ПЕС дорівнює нулю, то значення параметра дорівнює нормі, система за даним елементом знаходиться на межі стійкості. Якщо ПЕС менше нуля, то параметр за даним елементом не відповідає нормі і система за цим елементом нестійка. За допомогою ПЕС можна перейти до комплексної оцінки екологічного стану системи (підсистеми).

КПЕС для речовин 3 і 4 класів небезпеки, пестицидів і гігієнічних параметрів (КПЕС<sub>П</sub>), визначається як

$$КПЕС_{П} = 1/n \sum_{i=1}^n ПЕС_i, \quad (2.23)$$

де  $n$  – кількість параметрів якості води, для яких розраховані значення  $ПЕС_i$ .

Для речовин 1 і 2 класів небезпеки з однаковою ЛОШ, величина  $КПЕС$  розраховується за такою формулою

$$КПЕС = 1 - \sum_{i=1}^n (P_i / H_i). \quad (2.24)$$

Величина  $КПЕС_{ср}$  розраховується таким чином:

$$КПЕС_{ср} = (1/4)(КПЕС_{П} + КПЕС_{с-т} + КПЕС_{общ} + КПЕС_{орг}), \quad (2.25)$$

де  $КПЕС_{с-т}$  – КПЕС для групи речовин 1 і 2 класи небезпеки з санітарно-токсикологічною ЛОШ;

$КПЕС_{общ}$  – КПЕС для групи речовин 1 і 2 класи небезпеки з загальносанітарною ЛОШ;

$КПЕС_{орг}$  – КПЕС для групи речовин 1 і 2 класи небезпеки з органолептичною ЛОШ.

Значення  $КПЕС$  можуть характеризувати стійкість екосистеми до певного набору параметрів. При позитивному значенні  $КПЕС$  більшість значень параметрів не перевищують гранично допустимих, тобто система стійка. При значенні  $КПЕС$ , рівному нулю, система знаходиться на межі стійкості. Якщо  $КПЕС$  менше нуля, то система є екологічно нестійкою.

Якщо проводити визначення  $КПЕС$  за рибогосподарськими вимогами, то для ЗР з однаковою ЛОШ не залежно від класу небезпеки,  $КПЕС$  розраховується за формулою (2.24). Для показників загальних вимог  $КПЕС$  розраховується за формулою (2.23).

Розрахунок  $КПЕС$  дозволяє перейти до більш універсальної характеристики екологічного стану – до *екологічної надійності (ЕН)*. Екологічну надійність будемо оцінювати як імовірність стійкого стану, тобто імовірність перевищення  $ПЕС$  чи  $КПЕС$  нульового значення, що відповідає межі стійкості.

Розрахунок екологічної надійності проводиться за формулою

$$ЕН = 1 - \chi^2 / (2N - M + 0,5\chi^2), \quad (2.26)$$

де  $\chi^2$  – значення функції «хі-квадрат» при довірчій імовірності  $\gamma$  і числі ступенів свободи  $(2M + 2)$ ;

$N$  – загальне число значень  $КПЕС$  (чи  $ПЕС$  при оцінці  $ЕН$  елементів системи);

$M$  – число значень  $КПЕС$  (чи  $ПЕС$ ), менших критичного нульового значення (від'ємні значення  $КПЕС$ ).

Рівні надійності кваліфікуються таким чином: 1) високий:  $EH = 0,9$ ; 2) припустимий:  $0,9 > EH \geq 0,8$ ; 3) низький:  $EH < 0,8$  (З.В. Тімченко, 2002; С.М. Юрасов та ін., 2012).

До недоліків запропонованих показників можна віднести можливість «перекриття» негативних оцінок одних параметрів позитивними значеннями оцінок інших. Проте такі комплексні показники дозволяють охарактеризувати якість води водних об'єктів за набором показників гідрохімічного складу води.

Оцінка якості поверхневих вод суші за гідрохімічними показниками  
(методика Гідрохімічного інституту)

Головна мета методу полягає в одержанні оцінки якості води і проведенні на її основі класифікації води за ступенем придатності для основних видів водоспоживання – господарсько-питного, культурно-побутового, а також для рибогосподарських цілей.

Структура методу включає такі основні напрямки обробки аналітичного матеріалу: визначення характеру забруднення за величиною умовного коефіцієнта комплексності; встановлення рівня і класу якості води за величиною комбінаторного індексу забруднення; виділення пріоритетних забруднювальних компонентів за кількістю і складом лімітуючих показників забруднення; проведення диференційованої оцінки лімітуючих ЗР.

*Визначення виду забруднення залежно від умовного коефіцієнта комплексності.* З метою визначення доцільності застосування для оцінки якості води диференційованого або комплексного підходів на першій стадії обробки матеріалу оцінюється комплексність забруднення води в створі за допомогою умовного коефіцієнта комплексності, вираженого відношенням числа ЗР, вміст яких перевищує функціонуючі в країні нормативи, до загального числа інгредієнтів, визначених програмою дослідження

$$K = \frac{n'}{n} \cdot 100\% , \quad (2.27)$$

де  $K$  – умовний коефіцієнт комплексності забруднення;

$n'$  – число інгредієнтів і показників якості, склад яких перевищує ГДК;

$n$  – загальне число нормованих інгредієнтів і показників якості.

Коефіцієнт комплексності  $K$  характеризує в основному участь антропогенної складової у формуванні хімічного складу води водних об'єктів.

*Встановлення рівня і класу якості води водних об'єктів за величиною комбінаторного індексу забруднення (КІЗ).* З метою встановлення рівня якості води проводиться триступенева класифікація за ознаками

повторюваності випадків забруднення, кратності перевищення нормативів, а також з урахуванням характеру забруднення.

*Перший ступінь класифікації* заснований на встановленні міри стійкості забруднення. Як міра стійкості забруднення використовується загальнопоширена в гідрохімічній практиці величина повторюваності випадків перевищення ГДК

$$H_i = \frac{N_{ГДК}}{N_i}, \quad (2.28)$$

де  $H_i$  – повторюваність випадків перевищення ГДК по  $i$ -му інгредієнту;

$N_{ГДК}$  – число результатів аналізу, в яких вміст  $i$ -го інгредієнта перевищує його ГДК;

$N_i$  – загальне число результатів аналізу по  $i$ -му інгредієнту.

Аналіз повторюваності дозволив виділити як якісно відмінні такі характеристики: забруднення може спостерігатися в окремих пробах, тобто бути *одиничним*; забруднення може бути *нестійким*; може не бути домінуючим, але очевидно мати *стійкий характер*; забруднення може бути домінуючим, тобто *характерним*. Якісним вираженням виділених характеристик забруднення води привласнюються кількісні вираження в балах (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Класифікація води водних об'єктів за ознаками повторюваності випадків забруднення

Повторюваність, %	Характеристика забруднення води	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0; 10	Одинична	$a$	1
10; 30	Нестійка	$b$	2
30; 50	Стійка	$c$	3
50; 100	Характерна	$d$	4

*Другий ступінь класифікації* ґрунтується на встановленні рівня забруднення, мірою якого є показник кратності перевищення ГДК:

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК}}, \quad (2.29)$$

де  $K_i$  – кратність перевищення ГДК по  $i$ -му інгредієнту;

$C_i$  – концентрація  $i$ -го інгредієнта у воді водного об'єкта, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{ГДК}$  – ГДК  $i$ -го інгредієнта, мг/дм<sup>3</sup>.

За аналізом забруднення води по кратності перевищень нормативів окремою ЗР також виділяють чотири ступеня рівня забруднення, що якісно відрізняються: *низький, середній, високий, дуже високий*.

Якісним вираженням виділених характеристик також присвоюються кількісні вираження градацій у балах (табл. 2.6)

Таблиця 2.6 – Класифікація води водних об'єктів за рівнем забруднення

Кратність перевищення нормативів	Характеристика рівня забруднення	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0; 2	низький	$a_1$	1
2; 10	середній	$b_1$	2
10; 50	високий	$c_1$	3
50; 100	дуже високий	$d_1$	4

При сполученні I і II ступенів класифікації води по кожному з урахованих інгредієнтів отримують узагальнені оцінки якості води (табл. 2.7). Узагальненим характеристикам присвоєно узагальнені оціночні бали  $S_i$ . Значення  $S_i$  можуть змінюватися від 1 до 16.

Якість води є функцією не тільки окремих її елементів і тривалості їхнього впливу, але і числа цих елементів і комбінаторних відносин їхніх концентрацій. Врахування спільного впливу цих факторів здійснюється в заключному, *третьому ступені класифікації*.

Якість води визначається через комплексний показник, одержаний складанням узагальнених оціночних балів усіх визначених у створі ЗР.

Оскільки при цьому враховуються різні комбінації концентрацій ЗР в умовах їхньої одночасної присутності, можна назвати цей комплексний показник *комбінаторним індексом забруднення (KІЗ)*:

$$KІЗ = \sum_{i=1}^n S_i. \quad (2.30)$$

*Заключний етап* класифікації здійснюється на основі величини *KІЗ*. Оскільки величина *KІЗ* значною мірою залежить від числа врахованих інгредієнтів, то встановлення градації якості води щодо її придатності для використання здійснюється в залежності від їхнього числа (табл. 2.8).

Виділяють 4 класи якості води: *слабко забруднена, забруднена, брудна, дуже брудна*.

*Виділення пріоритетних забруднювальних компонентів по кількості і складу лімітуючих показників*. Із загального числа врахованих інгредієнтів і показників якості води визначаються *лімітуючі показники*



Таблиця 2.7– Можливі варіації якісного стану води по окремих інгредієнтах і показниках забрудненості

Комплексна характеристика стану забрудненості води	Загальні оціночні бали $S_i$		Характеристика якості води
	виражені умовно	абсолютні значення	
Одинична забрудненість низького рівня	$a \times a_1$	1	Слабко забруднена
Одинична забрудненість середнього рівня	$a \times b_1$	2	Забруднена
Одинична забрудненість високого рівня	$a \times c_1$	3	Брудна
Одинична забрудненість дуже високого рівня	$a \times d_1$	4	Брудна
Нестійка забрудненість низького рівня	$b \times a_1$	2	Забруднена
Нестійка забрудненість середнього рівня	$b \times b_1$	4	Брудна
Нестійка забрудненість високого рівня	$b \times c_1$	6	Дуже брудна
Нестійка забрудненість дуже високого рівня	$b \times d_1$	8	Дуже брудна
Стійка забрудненість низького рівня	$c \times a_1$	3	Брудна
Стійка забрудненість середнього рівня	$c \times b_1$	6	Дуже брудна
Стійка забрудненість високого рівня	$c \times c_1$	9	Дуже брудна
Стійка забрудненість дуже високого рівня	$c \times d_1$	12	Неприпустимо брудна
Характерна забрудненість низького рівня	$d \times a_1$	4	Брудна
Характерна забрудненість середнього рівня	$d \times b_1$	8	Дуже брудна
Характерна забрудненість високого рівня	$d \times c_1$	12	Неприпустимо брудна
Характерна забрудненість дуже високого рівня	$d \times d_1$	16	Неприпустимо брудна

Таблиця 2.8 – Класифікація якості води за величиною комбінаторного індексу забруднення

Клас якості води	Розряд класу якості води	Характеристика стану забрудненості води	Величина комбінаторного індексу забрудненості з урахуванням кількості лімітуючих показників забрудненості (ЛПЗ)					
			без урахування числа ЛПЗ	1ЛПЗ ( $k=0,9$ )	2ЛПЗ ( $k=0,8$ )	3ЛПЗ ( $k=0,7$ )	4ЛПЗ ( $k=0,6$ )	5ЛПЗ ( $k=0,5$ )
I	—	Слабко забруднена	$1n$	$0,9n$	$0,8n$	$0,7n$	$0,6n$	$0,5n$
II	—	Забруднена	$1n; 2n$	$0,9n; 1,8n$	$0,8n; 1,6n$	$0,7n; 1,4n$	$0,6n; 1,2n$	$0,5n; 1,0n$
III	—	Брудна	$2n; 4n$	$1,8n; 3,6n$	$1,6n; 3,2n$	$1,4n; 2,8n$	$1,2n; 2,4n$	$1,0n; 2,0n$
III	<i>a</i>	Брудна	$2n; 3n$	$1,8n; 2,7n$	$1,6n; 2,4n$	$1,4n; 2,1n$	$1,2n; 1,8n$	$1,0n; 1,5n$
III	<i>б</i>	Брудна	$3n; 4n$	$2,7n; 3,6n$	$2,4n; 3,2n$	$2,1n; 2,8n$	$1,8n; 2,4n$	$1,5n; 2,0n$
IV	<i>a</i>	Дуже брудна	$4n; 6n$	$3,6n; 5,4n$	$3,2n; 4,8n$	$2,8n; 4,2n$	$2,4n; 3,6n$	$2,0n; 3,0n$
IV	<i>б</i>	Дуже брудна	$6n; 8n$	$5,4n; 7,2n$	$4,8n; 6,4n$	$4,2n; 5,6n$	$3,6n; 4,8n$	$3,0n; 4,0n$
IV	<i>в</i>	Дуже брудна	$8n; 10n$	$7,2n; 9,0n$	$6,4n; 8,0n$	$5,6n; 7,0n$	$4,8n; 6,0n$	$4,0n; 5,0n$
IV	<i>г</i>	Дуже брудна	$10n; 11n$	$9,0n; 9,9n$	$8,0n; 8,8n$	$7,0n; 7,7n$	$6,0n; 6,6n$	$5,0n; 5,5n$

забруднення (ЛПЗ). Це такі інгредієнти і показники, що значно погіршують якість води до класу «недопустимо брудна». До ЛПЗ відносять будь-яку ЗР, забрудненість води якою визначається як «стійка дуже високого рівня» або «характерна високого і дуже високого рівня». Величина сумарного оціночного балу  $S_i$  за таким інгредієнтом дорівнює чи більше 11.

*Проведення диференційованої оцінки лімітуючих ЗР.* Лімітуючі показники забрудненості оцінюються поінгредієнтно. Для одержання якісної оцінки ЛПЗ використовується класифікація води водних об'єктів (С.І. Сніжко, 2001).

#### Графічний метод комплексної оцінки якості поверхневих вод

Метод базується на складанні графічної моделі якості поверхневих вод, яка є круговою діаграмою з шкалами-радіусами, що відповідають певному гідрохімічному показнику.

Ціна ділення кожного радіусу дорівнює максимальному значенню концентрації показника, що визначає придатність води для певного виду водокористування, тобто ГДК ЗР у водному об'єкті.

Графічна модель складається з двох діаграм, одна з яких є кругом з одиничним радіусом, а друга – багатокутник з кількістю вершин, рівною числу гідрохімічних показників (рис. 2.2).

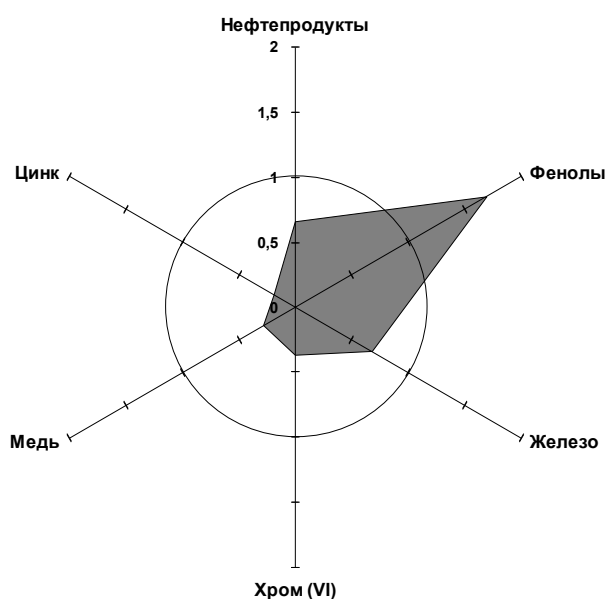


Рисунок 2.2 – Приклад графічної моделі якості поверхневих вод

На підставі побудованої діаграми розраховується сумарний екологічний коефіцієнт якості води ( $K_{екв}$ ).

$$K_{екв} = \frac{F_{\phi}}{F_{opt}}, \quad (2.31)$$

де  $F_{\phi}$  – площа багатокутника, обмежена фактичними значеннями концентрацій гідрохімічних характеристик;

$F_{opt}$  – площа круга – екологічного оптимуму (М.І. Ігошин, 2009).

Межа круга є межею екологічного оптимуму – тобто такого екологічного стану водного об'єкту, коли вміст усіх ЗР не перевищує ГДК.

### 2.3.3 Екологічна оцінка якості ґрунтів

Загальну оцінку ступеня забруднення ґрунтового покриву можна проводити за ґрунтовими критеріями (табл. 2.9), або виділяти слабо-, середньо- і сильно забруднені ґрунти.

Таблиця 2.9 – Класи (зони) екологічного стану ґрунтів

Показник	Класи (зони) екологічного стану			
	З (Н)	УЗ (Р)	НЗ (К)	К (Л)
Родючість ґрунтів, % від потенційного	> 85	85 - 65	65 - 25	< 25
Вміст гумусу, % від початкового	> 90	90 - 70	70 - 30	< 30
Вміст легкорозчинних солей, % от маси	< 0,6	0,6 - 1,0	1,0 - 3,0	> 3
Вміст токсичних солей, % от маси	< 0,3	0,3 - 0,4	0,4 - 0,6	> 0,6
Площа вторинна засолених ґрунтів, %	< 5	5 - 20	20 - 50	> 50
Вміст пестицидів в ґрунті, од. ГДК	< 0,5	0,5 - 1,0	1 - 3	> 5
Вміст ЗР, од. ГДК	< 1	1 - 3	3 - 10	> 10
Залишковий вміст нафти і нафтопродуктів в ґрунті, % от маси	< 1	1 - 5	5 - 10	> 10
Ступінь змитості ґрунтових горизонтів	немає	змити горизонт А або 0,5 гор. А	змити горизонт А і В і част. АВ	змити горизонти А і В
Глибина змитості ґрунтових горизонтів, % ґрунтового профілю	< 10	10 - 30	30 - 50	> 50
Площа дефляції, %	< 5	10 - 20	20 - 40	> 40
Площа рухомих пісків, %	< 5	5 - 15	15 - 25	> 30

Примітка: за Б.В. Виноградовим та ін. (1993), виділяються 4 рівні (класи) природно-антропогенних порушень: норми, ризику, кризи, катастрофи чи лиха.

У слабо забруднених ґрунтах вміст ЗР не перевищує ГДК, чи фонове значення. У середньо забруднених – перевищення ГДК (фону) незначне і не приводить до істотних змін властивостей ґрунтів. У сильно забруднених ґрунтах вміст ЗР у кілька разів перевищує ГДК (фон), що істотно позначається як на властивостях ґрунтів, так і на якості сільськогосподарської продукції.

*Зона екологічної норми (Н)* містить у собі території без помітного зниження продуктивності і сталості ЕС, її відносної стабільності. Значення прямих критеріїв нижчі за ГДК чи фонові значення. Деградація земель (яружна, вітрова і водяна ерозії зі знищенням гумусового шару і вторинне засолення з втратою родючості; або площа земель, виведена із сільськогосподарського землекористування) складає менш 5 % території.

*Зона екологічного ризику (Р)* містить у собі території з помітним зниженням продуктивності і сталості ЕС, що веде до спонтанної деградації ЕС, але ще зі зворотними порушеннями. Територія потребує розумного господарського використання і заходів щодо поліпшення екологічних умов. Значення прямих критеріїв перевищують ГДК чи фон. Деградовано 5–20 % земель від загальної площі.

*Зона екологічної кризи (К)* містить у собі території із сильним зниженням продуктивності і втратою сталості ЕС, і важко зворотними порушеннями. Необхідне вибіркове господарське використання території із застосуванням докорінних заходів щодо поліпшення екологічних умов. Значення прямих критеріїв значно перевищують ГДК чи фон. Деградовано 20-50 % земель.

*Зона екологічного лиха (Л)* містить у собі території з повною втратою продуктивності і сталості ЕС, практично необоротними порушеннями ЕС, що виключають її з господарського використання. Значення прямих критеріїв у десятки разів перевищують ГДК чи фон. Деградовано більше 50 % земель.

Зоні екологічної норми відповідають *задовільні (З)*, зоні екологічного ризику – *умовно задовільні (УЗ)*, зоні екологічної кризи – *незадовільні (НЗ)*, зоні екологічної кризи – *катастрофічні (К)* еколого-геологічні умови.

Іноді проводять оцінку за ступенем забруднення окремими ЗР (важкими металами, бенз(а)піреном, нафтопродуктами і т.д.). Для випадків, коли для ЗР немає ГДК, визначення ступеня забруднення проводиться в порівнянні з фоновими чи кларковими значеннями (*Антропогенне забруднення..., 1993; Моніторинг довкілля, 2010* тощо).

Оцінка рівня аномальності вмісту хімічного елементу (ХЕ) проводиться за *коефіцієнтом концентрації (К<sub>с</sub>)*, що розраховується як відношення вмісту елемента *i*-го виду в досліджуваному об'єкті (*C<sub>i</sub>*) до фонового значення (*C<sub>ф</sub>*):

$$K_c = C_i / C_{\phi} . \quad (2.32)$$

Замість фонового значення хімічного елементу (ХЕ) можна використовувати його величину ГДК; у цьому випадку визначається коефіцієнт техногенного геохімічного навантаження ( $K_p$ ):

$$K_p = C_i / C_{ГДК}, \quad (2.33)$$

де  $C_i$  – концентрація компонента (ХЕ)  $i$ -го виду;

$C_{ГДК}$  – ГДК компонента (ХЕ)  $i$ -го виду.

У випадку поліелементного складу техногенної або природної аномалії розраховуються сумарний показник забруднення ( $Z_c$ ), або сумарний показник навантаження ( $Z_p$ ), які характеризують ефект впливу на групи елементів. Ці показники розраховуються за формулами:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (2.34)$$

$$Z_p = \sum_{i=1}^n K_p - (n - 1), \quad (2.35)$$

де  $n$  – число аномальних компонентів (ХЕ), що враховуються;

$K_c$  – коефіцієнт концентрації, рівний кратності перевищення вмісту даного компонента (ХЕ) над фоновим значенням;

$K_p$  – коефіцієнт відносного збільшення загального навантаження.

За значеннями  $Z_c$  для важких металів запропоновано оціночну шкалу системи «грунт – людина» (Ю.Е. Саєт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин, 1990): 1) *припустимий ступінь забруднення* ( $Z_c < 16$ ); 2) *помірний ступінь забруднення* ( $Z_c = 16-32$ ); 3) *небезпечний ступінь забруднення* ( $Z_c = 32-128$ ); 4) *надзвичайно небезпечний ступінь забруднення* ( $Z_c > 128$ ). При цьому не враховуються класи гігієнічної небезпеки; той самий ступінь забруднення може спричинитись різними важкими металами.

Всі перераховані показники можна визначати як для вмісту в окремій пробі, так і для ділянки території (район, функціональна зона, природна ландшафтна одиниця, антропогенний ареал). В останньому випадку дослідження проводиться за геохімічним вибором; для кожної вибірки розраховується середнє значення концентрації ХЕ ( $C$ ), стандартне відхилення ( $S$ ) та коефіцієнт варіації ( $V$ ). Після розрахунків коефіцієнта концентрації ( $K_c$ ) і коефіцієнта відносного збільшення загального навантаження ( $K_p$ ), кожна вибірка представляється у вигляді набору відносних характеристик аномальності ХЕ. Більш детально питання оцінки забруднення геологічного середовища та її компонентів викладені в серії методичних рекомендацій.

До основних недоліків показників  $Z_c$  та  $СПЗ$  можна віднести те, що вони не враховують відмінностей в потенційній небезпеці речовин і можливий ефект синергізму.

Показник інтенсивності забруднення ґрунтів (В.М. Гуцуляк, 2004):

$$P_i = \sum_{i=1}^n K_{c_i} \cdot M_s, \quad (2.36)$$

де  $M_s$  – значення індексу небезпеки хімічного елементу відносно класу небезпеки:

$$M_s = \frac{A \cdot S}{L \cdot M \cdot ПДК} \quad (2.37)$$

де  $A$  – атомна вага відповідного елементу;

$S$  – розчинність у воді хімічної сполуки, мг/дм<sup>3</sup>;

$M$  – молекулярна маса хімічної сполуки, до складу якої входить елемент;

$L$  – середнє арифметичне з 6 ГДК речовин в різних харчових продуктах.

По показнику інтенсивності забруднення розроблена орієнтовна оціночна шкала екологічної небезпеки забруднення ґрунтів:  $P_i < 15$  – допустима категорія інтенсивності забруднення; 16-30 – помірно небезпечна; 31-50 – небезпечна;  $P_i > 50$  – дуже небезпечна.

### 2.3.4 Оцінка якості геологічного середовища

Геологічне середовище (ГС) – складна багатокомпонентна система, яка включає ґрунти, гірські породи, рельєф, геологічні, геоморфологічні і інженерно-геологічні процеси і явища, підземні води та ін. Отже, можна використовувати різні методи оцінки стосовно певного компонента, наприклад, оцінка якості підземних вод або ступеню антропогенного перетворення рельєфу.

Розрізняють впливи на ГС фізичної, фізико-хімічної, хімічної і біологічної природи (В.А. Королев, 1995). Для кількісної оцінки стійкості ГС додатково до техногенного впливу пропонується використовувати коефіцієнт стійкості ( $K_c$ ), значення якого змінюється від 0 до 1. У випадку, коли зниження еколого-геологічної якості системи супроводжується зменшенням якого-небудь показника (наприклад, мінералізації ПВ при їхньому опрісненні), величина коефіцієнту стійкості визначається як

$$K_c = N_t / N_o, \quad (2.38)$$

де  $N_t$  – показник будь-якої ознаки чи ґрунту іншого компонента ГС, що зазнав техногенного впливу;  $N_o$  – той же показник до впливу.

У випадку, коли зниження якості системи характеризується збільшенням якого-небудь показника (наприклад, вмісту ЗР),  $K_c$  визначається як

$$K_c = N_o / N_t \quad (2.39)$$

За величиною коефіцієнту стійкості виділяються наступні категорії стійкості компонентів ГС до техногенного впливу: 1) дуже висока ( $K_c = 1,0-0,95$ ); 2) висока ( $K_c = 0,95-0,8$ ); 3) середня ( $K_c = 0,8-0,5$ ); 4) низька ( $K_c = 0,5-0,1$ ); 5) нестійка ( $K_c = 0,1-0$ ).

### 2.3.5 Біоіндикація як метод оцінки стану біоценозів і довкілля

*Біоіндикація* – оцінка якості НПС за станом її біоти. Біоіндикація заснована на спостереженні за складом і чисельністю видів-індикаторів. Біоіндикація ґрунтується на адекватному відображенні живим організмом умов середовища, в яких він розвивається і на зміну яких відповідним чином реагує. Біоіндикатори – види, групи видів або угруповування, за наявністю, ступенем розвитку, зміною морфологічних, структурно-функціональних, генетичних характеристик яких судять про якість НПС і стан екосистем.

Біоіндикацію часто плутають з біотестуванням. Але якщо при біоіндикації організми вилучаються з природи і по їх стану оцінюють ступінь забруднення, то при біотестуванні якість води, ґрунтів тощо оцінюється за допомогою лабораторних об'єктів (тварин, рослин, мікроорганізмів), які розміщують в тестованому середовищі вже в лабораторії.

Основним завданням біоіндикації є розробка методів і критеріїв, які могли б адекватно відбивати рівень антропогенного впливу з урахуванням комплексного характеру забруднення і діагностувати ранні порушення в найбільш чутливих компонентах біотичних співтовариств.

Вважається, що використання методу біоіндикації дозволяє вирішувати завдання екологічного моніторингу в тих випадках, коли сукупність чинників антропогенного впливу важко або незручно вимірювати безпосередньо.

На жаль, сучасна практика біоіндикації носить значною мірою феноменологічний характер, виражений в просторовому викладі помічених дослідником фактів поведінки різних видів організмів в



конкретних умовах середовища. Іноді ці описи супроводжуються не завжди обґрунтованими висновками, що носять, як правило, суто оцінний характер (типу «добре / погано», «чисто / брудно»), та ґрунтуються на чисто візуальних методах порівняння або використання недостатньо достовірних індексів. Найчастіше такий «прогноз» робиться, коли «громадська» думка по кінцевому результату оцінки якості екосистеми вже заздалегідь відома, наприклад, по прямих або непрямих параметрах середовища. В результаті цього роль біоіндикації виявилася зведеною до такої сукупності дій, що технологічно співпадає з біомоніторингом: 1) виділяється один або декілька досліджуваних чинників середовища (за літературними даними або у зв'язку з наявною програмою моніторингових досліджень); 2) збираються польові і експериментальні дані, що характеризують біотичні процеси в даній екосистемі, причому теоретично ці дані повинні вимірюватися в широкому діапазоні варіювання досліджуваного чинника (наприклад, в умовно-чистих і в умовно-брудних районах); 3) деяким чином робиться висновок про індикаторну значущість якого-небудь виду або групи видів.

Функції індикатора виконує той вид, який має вузьку амплітуду екологічної толерантності по відношенню до якого-небудь чинника. Переважно індикаторами є рослини – організми, не здатні до активного переміщення. Ряд рослин-індикаторів певним видимим чином реагує на підвищення або зниження концентрації мікро- і макроелементів в ґрунті. Це явище використовується для попередньої оцінки ґрунтів, визначення можливих місць пошуку корисних копалин.

Індикатором забруднення може бути вміст важких металів в організмі хребетних тварин, особливо ссавців. У воді це може бути наступний ланцюжок: вода – донні відкладення – водні рослини – водні безхребетні – плотва – судак.

Одним з найбільш використовуваних видів у біоіндикації є лишайники. Епіфітні лишайники широко використовуються в якості біоіндикаторів забруднення атмосферного повітря, особливо сірчистим ангідридом. Причини низької стійкості в забрудненню атмосферного повітря: 1) висока чутливість водоростевого компонента; 2) відсутність захисних покривів; 3) чутливість до кислотності субстрату; 4) невеликі розміри і значна тривалість життя.

По мірі впливу антропогенних чинників на різні види лишайників було виділено 10 класів їх полеотолерантності. Вид відноситься до того класу полеотолерантності, за антропогенних умов якого він найчастіше зустрічається, має найвищі показники покриття і чисельності. Наприклад, перший клас: природні ландшафти без антропогенного впливу; десятий клас: міські і індустриальні ландшафти з дуже сильним антропогенним впливом.

На основі цього розроблений метод ліхеноіндикаційного картування забрудненості атмосферного повітря.

Індекс полеотолерантності *Траса*:

$$I.P. = \sum_{i=1}^n \frac{a_i \cdot c_i}{C_n}, \quad (2.40)$$

де  $a_i$  – клас полеотолерантності виду (екологічний індекс);

$c_i$  – покриття виду, визначається по 10 бальній шкалі. Наприклад, 1 бал – 3 %, 10 балів – 80-100 %.

$C_n$  – загальне покриття видів, також дається за 10-бальною шкалою.

У одному місці життя береться не менше 20 дерев одного виду. Для кожного дерева і місця життя в цілому обчислюються середні значення індексу, який коливається від 0 до 10. Чим більше *I.P.*, тим більше забруднено повітря у відповідному місці життя. Розроблена шкала відповідності значень *I.P.* концентрації діоксиду сірки (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Концентрації діоксиду сірки, що відповідають певним значенням *I.P.*

<i>I.P.</i>	1-2	2-5	5-7	7-10
Концентрація $SO_2$ , мкг/м <sup>3</sup>	0	10-30	30-80	100-300

Індекс чистоти атмосферного повітря (де *Слувер* і *Леблан*):

$$И.А.Ч. = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \cdot f_i}{10}, \quad (2.41)$$

де  $Q_i$  – екологічний індекс кожного виду (міра стійкості до забруднення). Змінюється від 1 до 30 і визначається по середніх значеннях кількості видів, які траплялися в досліджуваному районі;

$f_i$  – комбінований показник частоти зустрічаємості-покриття кожного виду. Змінюється від 1 до 5 і визначається візуально (*В.Г. Каплін*, 2001, *В.П. Кучерявий*, 2001).

#### 2.4 Оцінка складових природно-рекреаційного потенціалу територій (акваторій)

У основі вивчення *природно-рекреаційного потенціалу* (ПРП) певної території лежить системний підхід, що дозволяє дати комплексну оцінку

чинникам з урахуванням їх взаємодії – природним, кліматичним, соціальним, культурно-історичним тощо.

*ПРП* – це сукупність природних рекреаційних ресурсів, умов і стану природного середовища території, які справляють вплив, використовуються або можуть бути використані для розвитку рекреаційної діяльності.

Таким чином, ПРП території можна представити у вигляді таких складових:

1. *Природно-рекреаційні ресурси території*: ландшафти, водні, земельні, лісові ресурси – з урахуванням їх унікальності, естетичної привабливості, цілюще-оздоровчої значущості, екзотичності, а також технічної можливості і економічної доцільності залучення до рекреаційної діяльності.

2. *Природні умови території*: географічне положення, кліматичні характеристики – з урахуванням їх впливу на можливість організації рекреаційної діяльності.

3. *Екологічні умови території* – стан природного довкілля з урахуванням його впливу на можливість залучення природних умов і ресурсів території в сферу рекреації.

ПРП оцінюється покомпонентно, шляхом бальних оцінок. Основними критеріями оцінки повинні виступати:

1. *Середовищеутворюючі умови території*: географічне положення, характеристика температурного режиму, опадів, вітрового режиму, число сонячних днів.

2. *Територіальна забезпеченість певним видом ресурсу досліджуваного простору*. Так, для оцінки забезпеченості водними ресурсами території аналізованими показниками можуть виступати площа земель водного фонду, площа водних угідь, кількість водних об'єктів.

3. *Територіальна концентрація ресурсу*. Цей критерій може бути оцінений як відношення площі якого-небудь ресурсу до загальної площі території.

4. *Територіальне поєднання ресурсів*. Аналіз сукупності представлених в межах досліджуваної території видів ресурсів, їх співвідношення (земельних, лісових, водних, ресурсів тваринного і рослинного світу).

5. *Рекреаційна цінність ресурсу*. Найвні рекреаційні значимі ресурси (наприклад, природні території, що особливо охороняються), їх концентрація на досліджуваній території. Дуже важливо включити в оцінку ПРП аналіз екологічної ситуації на досліджуваній території.

Для оцінки природно-рекреаційного потенціалу території можна використовувати такі показники.

*Забезпеченість території природними рекреаційними ресурсами:*

$$V_{nprn} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot k_i, \quad (2.42)$$

де  $k_i$  – ваговий коефіцієнт показника;

$N_i$  – коефіцієнт забезпеченості ресурсами і-го виду:

$$N_i = \frac{S_i}{S_{заг}}, \quad (2.43)$$

де  $S_i$  – площа і-го виду ресурсу;

$S_{заг}$  – площа території, природні рекреаційні ресурси якої оцінюються.

*Комфортність і привабливість природних ресурсів і умов території:*

$$V_k = \sum_{i=1}^n W_i \cdot k_i, \quad (2.44)$$

де  $W_i$  – коефіцієнт комфортності і привабливості і-го виду ресурсу або природних умов:

$$W_i = \frac{t_i}{G_i}, \quad (2.45)$$

де  $t_i$  – величина показника і-го виду ресурсу або умов у балах на j-й території;

$G_i$  – сумарне значення у балах і-го виду ресурсу або умов для сукупності територій (регіону).

*Оцінка факторів, що дестабілізують використання ПРП території – забруднення НПС.* Природні умови і рекреаційні ресурси, будучи базисом розвитку рекреаційної діяльності на території схильні до впливу факторів НС. Несприятлива екологічна ситуація є стримуючим, дестабілізуючим чинником повноцінного використання ПРП території. Отже, показник дестабілізуючих факторів впливу на розвиток і використання ПРП розраховується за формулою

$$F_d = \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{S_{заг}} \cdot k_i, \quad (2.46)$$

де  $V_i$  – об'єм забруднення  $i$ -го виду ресурсу (об'єм викидів, площі порушених земель, площі об'єктів розміщення відходів, якість води тощо) (Е.А. Зализняк, 2012).

## 2.5 Аналіз і оцінка стану антропогенно-змінених екосистем (ландшафтів)

При антропогенному впливі в ландшафтах відбувається зміна структурно-функціональних відношень, які склалися внаслідок їх еволюційного розвитку. З позицій екологічної оцінки найбільший інтерес представляють ті нові властивості ландшафтів, які виникли в результаті антропогенних змін і які ц відповідь викликають реакцію біосистем. Наслідки антропогенного впливу можуть розглядатися як індикатори антропогенного перетворення ландшафтів.

1) *зміна первинної продукції* – пов'язана із заміною високопродуктивних природних угруповань агроценозами, які мають меншу продуктивність. Цей процес носить глобальних характер і супроводжується ростом споживання ресурсів людством;

2) *трансформація і біодеградація ксенобіотиків*, що у рослин і тварин досягається різними способами: тварини а) переводять токсичну речовину у водорозчинну форму і виводять з організму; б) консервують в організмі в неактивній формі; в) переводять в більш токсичну форму, що супроводжується канцерогенним, мутагенним і тератогенним ефектом; рослини не можуть переводити токсикант у водорозчинну форму і, в основному, переводять його в неактивний стан;

3) *біоаккумуляція ЗР*, яка виражається у збільшенні концентрації ЗР знизу догори по трофічних ланцюгах (такий чинник необхідно враховувати при нормуванні антропогенного навантаження);

4) *зміна структури біоти* – універсальний показник структурно-функціональної перебудови ландшафтів. В цілому, під впливом антропогенних чинників відбувається спрощення видової структури біоценозів. Встановлено, що чим значніше фітомаса (деревина, трав'яниста рослинність та ін.), тим стабільніше середовище. При цьому головне значення мають фотосинтезуючі організми, оскільки вони є не лише основним джерелом біомаси, але і визначають харчові умови для усіх інших ланок екосистеми, а також значною мірою склад повітря.

5) *порушення міжвидових взаємодій* – проявляється у вигляді порушення балансу між окремими групами видів і розривах трофічних ланцюгів (И.А. Авесаломова, 1992).

За Коробкіним В.І. і Передельским Л.В. (2000 р.), з метою оцінки загальної стійкості екосистем до антропогенного впливу використовують такі показники: 1) запаси живої і мертвої органічної речовини;

2) ефективність утворення органічної речовини або продукції рослинного покриву; 3) видова і структурна різноманітність.

Оцінка ступеня антропоізації геосистем. Під ступенем антропоізації геосистем (синонім – антропогенна трансформація, перетвореність) розуміють зміненість її структурних і динамічних особливостей в результаті функціонального використання.

Кількісні оцінки ступеня антропоізації ґрунтуються на структурі земельних угідь в межах геосистеми. За співвідношенням між природними і зміненими ПТК в структурі ландшафту *Ф.М. Мільков* виділяє такі види ландшафтів: 1) *антропогенні* (природних угідь менше 25 %); 2) *антропогенно-природні* (природних угідь 25-50 %); 3) *природно-антропогенні* (природних угідь 50-75 %); 4) *природні* (природних угідь 75-100 %).

Проте більш повно оцінити ступінь антропоізації геосистем можливо з урахуванням не лише відсоткового співвідношення між угіддями різних видів, але і ступеню перетвореності геосистеми при її використанні під певне угіддя.

Оцінка антропогенної перетвореності ландшафтів за *П.Г. Шищенком*:

$$B = 0,01 \cdot \sum_{i=1}^n b_i \cdot p_i, \quad (2.47)$$

де  $B$  – бал антропоізації геосистеми;

$b_i$  – ступінь антропоізації геосистеми при її використанні під угіддя  $i$ -го виду;

$p_i$  – частка площі, зайнята угіддям  $i$ -го виду по відношенню до площі геосистеми.

Залежно від зонального типу геосистем їх зміненість одним видом угіддя буде різним. Наприклад, при заміщенні лісових геосистем ріллею їх зміна буде більше, ніж у випадку степових геосистем. Тому бали ступеня антропоізації  $b_i$  визначаються в межах встановлених градацій:

1) природоохоронні території – 1-10; 2) ліси – 11-20; 3) заболочені землі – 21-30; 4) луки, пасовища – 31-40; 5) сади, виноградники – 41-50; 6) рілля – 51-60; 7) сільська забудова – 61-70; 8) міська – 71-80; 9) водосховища, канали, ставки – 81-90; 10) кар'єрно-відвальні утворення – 91-100 (*Д.М. Гродзинський, 1993*).

Індекс антропогенного перетворення за *К.Г. Гофманом*:

$$U_{an} = \sum_{i=1}^n r_i \cdot g_i, \quad (2.48)$$

де  $r_i$  – ранг антропогенного перетворення (1-10);

$g_i$  – частка території з певним видом природокористування в загальній структурі досліджуваної території, %.

Коефіцієнт ступеня антропогенного перетворення:

$$K_{an} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot g_i \cdot q_i}{100}, \quad (2.49)$$

де  $q_i$  – індекс глибини антропогенного перетворення.

$K_{an}$  змінюється від 1 до 15: чим більше значення, тим більше перетворений ландшафт.

## 2.6 Комплексні показники стану довкілля

### 2.6.1 Комплексна оцінка якості міського середовища

В основу методологічних принципів визначення комплексних екологічних показників, які дозволяють оцінити якість міського середовища, покладено виділення основних екологічних характеристик та їх кількісне приведення до єдиного показника. У загальному випадку, визначення комплексного показника  $K$  можна представити у вигляді

$$K = \sum_{i=1}^n k_i \alpha_i, \quad (2.50)$$

де  $k_i$  – оцінка спостережуваного прояву  $i$ -ї екологічної характеристики, бали;

$\alpha_i$  – вага (коефіцієнт ваги, коефіцієнт значущості)  $i$ -ї екологічної характеристики, частки одиниці.

Розкладання екологічних характеристик на категорії необхідне для бальної оцінки, яка дозволяє зіставити різні характеристики, привівши до єдиної розмірності – балів. Кожна категорія може характеризуватись як кількісно, так і якісно.

Першоосновою складання таблиць визначення комплексних екологічних показників є формулювання мети та розгляд об'єкту дослідження з різних сторін. Надалі від цього залежить набір відповідних екологічних характеристик та їх вагів. Метою розробки комплексних

екологічних показників урбанізованої території є інтегральна оцінка якості міського середовища і рівня антропогенного навантаження НПС.

Таким чином, урбанізована територія, як складна система, розглядається нами з двох позицій:

1) внутрішньосистемних зв'язків природних і антропогенних складових, які формують умови життя людини і функціонування природних екосистем, а також визначають якість міського середовища (*критерій якості міського середовища*);

2) зовнішніх зв'язків з оточуючими ПТК, тобто урбанізована територія розглядається як складова територіальних систем регіонального масштабу і джерело антропогенного навантаження на НПС (*критерій екологічності міста*).

Відповідно до цього формуються набори екологічних характеристик для розрахунку критеріїв якості природної складової урбанізованих територій та визначається вага кожної характеристики (табл. 2.12).

Таблиця 2.12 – Набори екологічних характеристик у складі критеріїв якості природної складової урбанізованої території

Критерій якості природної складової урбанізованої території з позицій внутрісистемних зв'язків		Критерій якості природної складової урбанізованої території з позицій зовнішніх зв'язків	
Екологічна характеристика	$\alpha_i$	Екологічна характеристика	$\alpha_i$
Якість атмосферного повітря	0,30	Техногенний вплив на атмосферне повітря	0,30
Якість води водних об'єктів	0,25	Техногенний вплив на водні об'єкти	0,25
Якість ґрунту	0,10	Озеленення	0,15
Озеленення	0,15	Відходи	0,20
Екологічна безпека техногенного комплексу	0,20	Екологічна безпека техногенного комплексу	0,10

Запропоновані критерії якості природної складової урбанізованих територій визначаються для міст з населенням від 10 до 250 тис. чол., відповідно до чого поставлені градації кількісних оцінок екологічних характеристик. Кількість градацій для кожної екологічної характеристики – 4.

Значення першого критерію якості природної складової урбанізованої території дозволяє охарактеризувати екологічні умови: 1)  $1,0 < K \leq 2,0$  (*несприятливі*); 2)  $2,0 < K \leq 3,0$  (*помірно несприятливі*); 3)  $3,0 < K \leq 4,0$  (*сприятливі*). Значення другого критерію говорить про рівень техногенного навантаження: 1)  $1,0 < K \leq 2,0$  (*високий*); 2)  $2,0 < K \leq 3,0$  (*середній*); 3)  $3,0 < K \leq 4,0$  (*низький*).



## 2.6.2 Індикатори якості довкілля

*Індикатор* – це параметр або значення параметра, яке вказує, дає інформацію або описує стан явища, довкілля, території в значно більшій мірі, чим саме значення параметра. *Індекс* – це набір згрупованих або зважених параметрів або індикаторів. *Параметр* – це властивість, яка може бути відмічена або виміряна.

Структура екологічних індикаторів включає: 1) індикатори навантаження на НПС; 2) індикатори екологічних умов (якість і кількість природних ресурсів); 3) індикатори зворотної реакції (громадська реакція) – рис. 2.3.

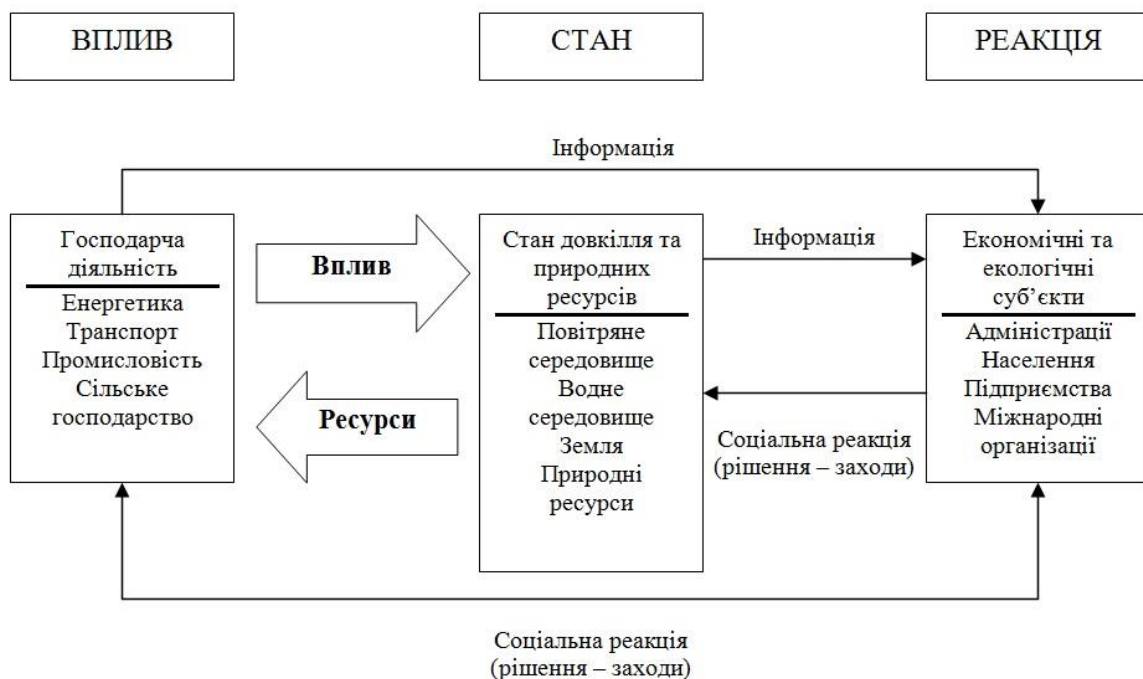


Рисунок 2.3 – Схема формування системи індикаторів стану довкілля

### Набір ключових індикаторів

Нижче представлені п'ять ключових індикаторів по схемі «проблема, пов'язана із забрудненням – індикатор»: 1) зміна клімату – емісія діоксиду вуглецю; 2) руйнування озонового шару – індекси існуючого рівня споживання озонруйнуючих речовин; 3) якість атмосферного повітря – емісія оксидів сірки і азоту; 4) утворення відходів – інтенсивність утворення твердих побутових відходів (ТПВ); 5) якість прісної води – величина очищення СВ.

Схема «природні ресурси і потенціал – індикатор»: 1) ресурси прісної води – інтенсивність використання прісної води; 2) лісові ресурси – інтенсивність використання лісових ресурсів; 3) рибні ресурси – інтенсивність використання рибних ресурсів; 4) енергетичні ресурси –

інтенсивність використання енергії; 5) біорізноманітність – кількість зникаючих видів.

Розглянемо набір індикаторів для проблеми зміни клімату.

*Індикатори навантаження на довкілля:* індекс емісії парникових газів: 1) емісія діоксиду вуглецю; 2) емісія метану; використання фреону 11 і 12; емісія закису азоту.

*Індикатори екологічних умов:* 1) концентрація парникових газів в атмосфері; 2) середня температура.

*Індикатори соціальної реакції:* 1) ефективність використання енергії; 2) енергоємність; 3) податок на енергію/діоксид вуглецю; 3) витрати на енергоефективні технології, альтернативні види енергії, дослідження зміни клімату (*OECD core set of indicators*, 1993).

### 2.6.3 Комплексні показники стану глобальної екосистеми

Кількість наявних природних ресурсів та величина їх споживання, а також стан біологічного різноманіття планети є важливими показниками при оцінці сталості розвитку людства.

Звіт про Живу Планету допомагає зрозуміти взаємозалежність людей і природи за допомогою індикаторів, які відображають біорізноманіття, людські потреби у відновлюваних ресурсах та природні послуги:

*Індекс Живої Планети:* відстежує загальні зміни у популяціях різних видів тварин, віддзеркалюючи зміни у біорізноманітті та, отже, здоров'ї екосистем Планети, починаючи з 1970 року, коли почався збір даних.

*Екологічний відбиток:* слідкує за вимогами людства до екосистем, шляхом виміру біологічно продуктивних ділянок суходолу та моря, необхідних для вироблення відновлюваних ресурсів, які використовує людина, місця для розміщення інфраструктури та поглинання викидів CO<sub>2</sub>, спричинених людською діяльністю.

*Біопродуктивність:* вимірює наявні біологічно продуктивні ділянки землі та води, які постачають відновлювані ресурси та поглинають CO<sub>2</sub>.

*Водний відбиток виробництва:* оцінює використання води у різних країнах.

*Картування природних послуг:* надає інформацію про те, у яких регіонах світу локалізовані природні послуги та де вони використовуються, де природні послуги є найбільш жаданими, та де деградація екосистем найбільше вплине на людей.

*Індекс живої планети (LPI)* – показник, розроблений для моніторингу стану біологічної різноманітності планети. Він відбиває тенденції, що спостерігаються у великій кількості популяцій різних видів. Індекс живої планети базується на тенденціях, які спостерігаються майже в 5000 популяціях 1686 видів ссавців, птахів, плазунів, земноводних і риб у всьому світі. Зміни в чисельності популяцій окремих видів усереднюються

і виражаються у відносних одиницях. За базу порівняння (значення 1,0) прийнятий показник 1970 р.

Глобальний індекс живої планети є результатом агрегації двох індексів – для помірної зони (включаючи полярні області) і тропічної зони, – яким присвоєні рівні ваги. У рамках кожного з двох індексів рівні ваги присвоєні загальним показникам для наземних, прісноводних і морських видів. Індекс розраховується для різних видів (морські, наземні, прісноводні) і територій (тропічних лісів, посушливих територій тощо).

З 1970 по 2005 рр. індекс живої планети знизився на 28 % (рис. 2.4)

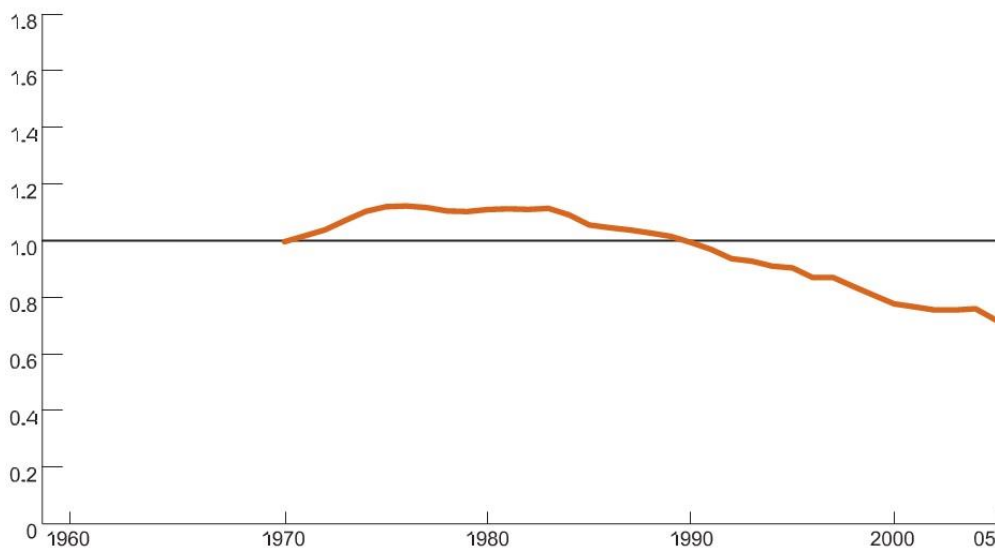


Рисунок 2.4 – Зміна індексу живої планети

Тенденції у тропічних та помірних популяціях сильно відрізняються: тропічний Індекс Живої Планети зменшився на 60 %, у той час як помірний Індекс зріс майже на 30 %. У популяціях тропічних річкових видів спостерігається спад у розмірі майже 70 %.

*Екологічний відбиток* – це площа біологічно продуктивної території/акваторії, необхідної для виробництва використовуваних людиною ресурсів і асиміляції відходів. При визначенні екологічного сліду враховуються: 1) площа територій та акваторій, необхідних для забезпечення споживання природних ресурсів і послуг: продовольства, волокон, деревини, морепродуктів; 2) площа територій, зайнята інфраструктурою (житловий фонд, промисловість, транспорт тощо); 3) площа територій, необхідних для асиміляції відходів. На даний момент враховуються відходи у CO<sub>2</sub> еквіваленті, тому цю складову іноді називають «вуглецевий слід». Він оцінюється як покрита рослинністю територія для поглинання діоксиду вуглецю, що виділяється при спалюванні викопного палива.

В десятку країн з найбільшим екологічним відбитком на людину входять: Катар, Кувейт, Об'єднані Арабські Емірати, Данія, США, Бельгія,

Австралія, Канада, Нідерланди та Ірландія. Загальний екологічний відбиток країни залежить не тільки від персонального відбитка, але й від кількості жителів країни. Наприклад, країни з відносно невеликим персональним відбитком, такі як Китай чи Індія, мають великий відбиток на національному рівні, тому що населення цих країн дуже чисельне.

*Біопродуктивність* – це площа біологічно продуктивної території/акваторії (орних земель, пасовищ, лісів і рибпромислових зон), яка може використовуватися для задоволення потреб людей. Біопродуктивність країни визначається двома факторами: ділянки орної землі, пасовищ, лісів та багатих рибою водних об'єктів, розташованих в межах країни, а також продуктивністю цих ділянок та об'єктів.

Біопродуктивність нерівномірно розподілена по країнах світу. Вісім країн з найбільшою біопродуктивністю – це США, Бразилія, Росія, Китай, Канада, Індія, Аргентина і Австралія. Вони мають в розпорядженні половину світової біопродуктивності. Біопродуктивність на душу населення залежить від абсолютних значень показника та кількості населення. Найвищу мають такі країни: Габон (29,3 га), Болівія (18,8 га), Монголія (15,1 га), Австралія (14,7 га), Конго (13,3 га).

Екологічний відбиток людства уперше перевищив загальну біопродуктивність Землі в 80-х роках минулого століття, і з цієї миті перевитрата продовжує збільшуватися (рис. 2.5).

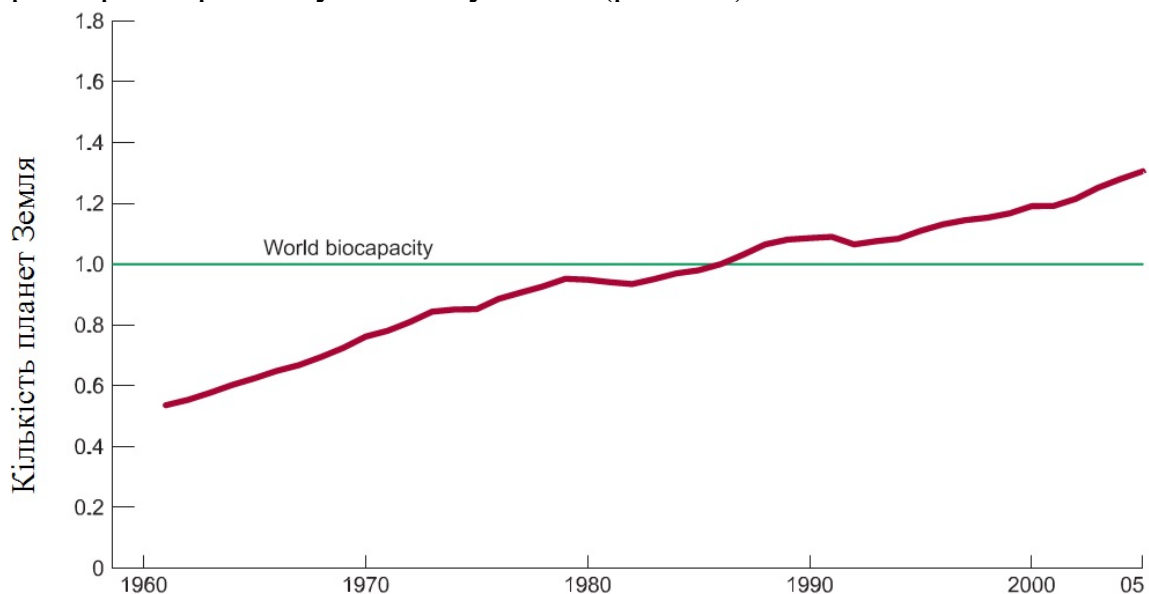


Рисунок 2.5 – Екологічний відбиток людства

У 2007 р. глобальний екологічний відбиток склав 18 млрд. глобальних гектарів (гга), або 2,7 гга на людину (глобальний гектар є гектаром з середньою по земній кулі здатністю до виробництва ресурсів і асиміляції відходів).

В той же час загальна площа продуктивних територій і акваторій планети, або біопродуктивність, склала 11,9 млрд. гга, або 1,8 гга на

людину. Тобто вимоги людини перевищують можливості планети на 50 %. Це означає, що планеті потрібно 1,5 роки, щоб відновити ресурси, які людство споживає за рік. У 2007 р. людство використало еквівалент 1,5 планет для підтримки своєї життєдіяльності.

Аналіз екологічного відбитка у розрахунку на людину (персональний відбиток) показує, що жителі різних країн значно відрізняються за рівнем споживання і вимог до екосистем Землі. Наприклад, якщо кожна людина світу буде жити, як середньостатистичний громадянин Арабських Еміратів, тоді нам знадобиться більше 4,5 планет, щоб задовольнити свої потреби та поглинути викиди вуглекислого газу. Навпаки, якщо кожен буде споживати як середньостатистичний житель Індії, людство буде використовувати менше половини біопродуктивності Планети.

Всесвітньою мережею екологічного сліду (GFN) запропоновані найважливіші екологічні поняття: *країни – екологічні кредитори / донори / благодійники; країни – екологічні дебітори / боржники / паразити.*

До першої групи відносяться країни, для яких величина екологічного відбитку вища за біопродуктивність. До другої – ті країни, біопродуктивність території яких вища за їх екологічний відбиток.

Три з восьми країн з найбільшою біопродуктивністю – США, Китай і Індія – є «екологічними боржниками». Це означає, що національний екологічний слід перевищує їх власну біопродуктивність. Інші п'ять країн є «екологічними кредиторами».

На 2012 р. екологічний відбиток України складає 3,19 га на людину (показник зріс з 2,9 га на людину з 2010 року), що перевищує середньосвітовий показник у 2,7 га. Біопродуктивність України становить 2,23 га на людину (у 2010 році він складав 1,8 га), що трохи вище середньосвітового показника у 1,78 га. Якщо всі жителі світу споживатимуть як українці, нам знадобиться трохи більше 1,4 планети.

Згідно з Глобальним Індексом Живої Планети, зниження біорізноманіття починаючи з 1970 було найшвидшим в країнах з низькими доходами. Це демонструє, як найбідніші і найбільш уразливі країни субсидують спосіб життя багатих країн. Зниження біопродуктивності (здатність регіону у відновленні ресурсів) примусить країну імпортувати основні ресурси від іноземних екосистем, що потенційно спричинить довгострокові збитки останнім (*Жива планета*, 2008, 2010, 2012).

## **2.7 Контрольні питання до змістовного модуля 2**

1. Нормативно-правова база по регулюванню природоохоронної діяльності.
2. Якість довкілля і його нормування.
3. Санітарно-гігієнічні нормативи.

4. Виробничо-господарські нормативи.
5. Комплексні нормативи.
6. Екологічні нормативи.
7. Метод ГДК для оцінки якості атмосферного повітря.
8. ИЗА як інтегральний показник якості атмосферного повітря.
9. Інтегральні показники фонового забруднення атмосферного повітря.
10. Показники фактичного і гранично допустимого забруднення атмосфери.
11. Якість природних вод і чинники його формування.
12. Оцінка якості води по гігієнічних нормативах.
13. Оцінка якості води по рибогосподарських нормативах.
14. Індекс забруднення води як показник якості.
15. Оцінка якості води на основі визначення комплексного екологічного показника.
16. Суть методики оцінки якості води на основі КИЗ.
17. Графічний метод комплексної оцінки якості поверхневих вод.
18. Показники для оцінки забруднення ґрунтів.
19. Оцінка якості геологічного середовища.
20. Суть біоіндикації як методу оцінки якості середовища.
21. Біоіндикація з використанням лишайників.
22. Природно-рекреаційний потенціал території.
23. Індикатори антропогенних перетворень в ландшафтах.
24. Оцінка антропогенної преобразованности ландшафтів.
25. Комплексна оцінка якості природної складової урбанізованих територій.
26. Індикатори якості довкілля.
27. Індекс живої планети.
28. Біомісткість і екологічний слід території.

## **2.8 Перелік посилань до змістовного модуля 2**

1. Авессаломова И.А. Экологическая оценка ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1992. 89 с.
2. Акимова Т.А., Мосейкин Ю.Н. Экономика устойчивого развития. М.: Изд-во «Экономика», 2009. 460 с.
3. Антропогенне забруднення геологічного середовища та ґрунтово-рослинного покриву / Сафранов Т.А., Польовий А.М., Коніков Є.Г. та ін. Одеса: ТЭС, 2003. 260 с.
4. Васюкова Г.Т., Грошева О.І. Екологія. К.: Кондор, 2009. 524 с.
5. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России. *География*. 1993. №5. С. 77-79.

6. ГосСанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения». М.: Минздрав СССР, 1988. 69 с.
7. Гуцуляк В.М., Присакар В.Б. Геоекологічне картування: методичні вказівки. Чернівці: ЧНУ, 2004. 50 с.
8. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) / Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 9 липня 1997 р. № 201.
9. Екологія: підручник / Дорогунцов С.І., Коценко К.Ф., Хвесик М.А. та ін. К.: КНЕУ, 2005. 371 с.
10. Живая планета – 2008: доклад. 50 с.
11. Зализняк Е.А. Оценка природно-рекреационного потенциала муниципальных районов Волгоградской области / Вестник Волгоградского государственного университета: серия Экономика, Экология. 2012. №2(21). С.72-77.
12. Звіт про живу планету 2010. URL: [http://wwf.panda.org/uk/news\\_ukr/publications\\_video/wwf\\_living\\_planet\\_report/11](http://wwf.panda.org/uk/news_ukr/publications_video/wwf_living_planet_report/11) (дата звернення: 05.04.2021 р.).
13. Звіт про живу планету 2012. URL: <http://wwf.panda.org/uk/?204759/LPR-2012>. (дата звернення: 05.04.2021 р.).
12. Игошин Н.И. Проблемы восстановления малых рек и водоёмов. Гидроэкологические аспекты: учебное пособие. Харьков: Бурун Книга, 2009. 240 с.
13. Инженерно-геологические изыскания для строительства. СП 11-102-97. М., 1997. 40 с.
14. Каплин В.Г. Биоиндикация состояния экосистем. Самара, 2001. 143 с.
15. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. М.: МГУ, 1995. 272 с.
16. Кучерявий В.П. Урбоекологія. Львів: Світ, 2001. 440 с.
17. Мельникова Н.А., Лапшина М.В., Громова Н.В. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие: в 2-х частях. Ч. 1 / Мордов. гос. пед. ин-т. Саранск, 2003. 116 с.
18. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами № 4266–87. 1987.
19. Моніторинг довкілля: підручник / Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.
20. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: Минрыбхоз СССР, 1990. 44 с.
21. Охрана окружающей среды / Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 422 с.

22. Приходько В.Ю. Комплексные экологические показатели городских систем. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013. № 3-4. С. 83-88.
23. Степановских А.С. Экология: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 703 с.
24. Рыбкин В.С. Основы гигиенического нормирования факторов окружающей среды. *Астраханский вестник экологического образования*. 2011, №1(17). С. 111-119.
25. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
26. Ситаров В.А., Пустовойтов В.В. Социальная экология. М.: Издательство «Юрайт», 2013. 517 с.
27. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: підручник. К.:Ніка-Центр, 2001. 264 с.
28. Тимченко З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. Симферополь: Доля, 2002. 152 с.
29. Чугай А.В., Ільїна В.Г. Аналіз якості довкілля: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2009. 145 с.
30. Юрасов С.М., Сафранов Т.А., Чугай А.В. Оцінка якості природних вод. Одеса: «Екологія», 2012. 168 с.
31. Environment monographs: OECD core set of indicators for environmental performance reviews. 1993, № 83. Paris: OECD,. 38 p. URL: [www.nssd.net/pdf/gd93179.pdf](http://www.nssd.net/pdf/gd93179.pdf) (дата звернення: 05.04.2021 р.).



## Модуль 3. МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 3.1 Екологічна стандартизація, сертифікація та ліцензування у сфері охорони довкілля

#### 3.1.1 Екологічна стандартизація

Стандартизація є функцією державного управління у галузі охорони природного довкілля. Відповідно до ст. 31 Закону «Про охорону навколишнього природного середовища» екологічна *стандартизація проводиться з метою встановлення комплексу обов'язкових норм, правил, вимог відносно охорони природного довкілля, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки.*

Ці вимоги набувають форми нормативно-технічних документів – міжнародних, державних, галузевих, міжгалузевих стандартів і нормативів.

Система екологічних стандартів – найважливіша складова частина природоохоронного законодавства. Недотримання стандартів карається законом. Кожен стандарт містить відмітку: «недотримання стандарту переслідується згідно з» законом.

Ст. 32 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», яка визначає державні стандарти в галузі охорони НПС як *обов'язкові для виконання документи, визначають поняття і терміни, режим використання й охорони природних ресурсів, методи контролю за станом навколишнього природного середовища, вимоги щодо запобігання забрудненню навколишнього природного середовища, інші питання, пов'язані з охороною навколишнього природного середовища та використанням природних ресурсів.*

Система екологічної стандартизації містить такі види стандартів.

1. *ГОСТи* – державні стандарти СРСР, що визнані діючими на території України як міждержавні стандарти зі збереженням аббревіатури «ГОСТ» (Угода СНД про проведення погодженої політики у галузі стандартизації, метрології і сертифікації від 13 березня в 1992 р. з Протоколами до неї від 3 листопада в 1995 р. і 20 червня в 2000 р.).

У сфері охорони НПС діють ГОСТи класу 17 «Система стандартів у сфері охорони довкілля і поліпшення використання природних ресурсів».

17.1 – Охорона природи. Гідросфера;

17.2 – Охорона природи. Атмосфера та інші (табл. 3.1)

У стандартах містяться терміни і визначення, основні вимоги до якості компонентів НПС, методів і засобів контролю за станом об'єктів НПС, а також вимоги до устаткування і споруд по захисту об'єктів НПС тощо (табл. 3.2).

Таблиця 3.1 – Класифікація груп стандартів у сфері охорони довкілля і поліпшення використання природних ресурсів

Номер групи	Найменування	Кодове найменування
0	Організаційно-методичні стандарти ССОП	Основні положення
1	Стандарти в області охорони і раціонального використання вод	Гідросфера
2	Стандарти в області захисту атмосфери	Атмосфера
3	Стандарти в області охорони і раціонального використання ґрунтів	Ґрунти
4	Стандарти в області поліпшення використання земель	Землі
5	Стандарти в області охорони флори	Флора
6	Стандарти в області охорони фауни	Фауна
7	Стандарти в області охорони і раціонального використання надр	Надра

Таблиця 3.2 – Класифікація видів стандартів у сфері охорони довкілля і поліпшення використання природних ресурсів

Номер виду	Найменування виду
0	Основні положення
1	Терміни, визначення, класифікації
2	Норми і методи вимірів забруднюючих викидів і скидань, інтенсивності використання природних ресурсів
3	Правила охорони природи і раціонального використання природних ресурсів
4	Методи визначення параметрів стану природних об'єктів і інтенсивності господарських дій
5	Вимоги до засобів контролю і вимірів стану природного довкілля
6	Вимоги до пристроїв, апаратів, і споруд по захисту довкілля від забруднень
7	Інші стандарти

Наприклад, ГОСТ 17.1.3.05-82. Охорона природи. Гідросфера. Загальні вимоги до охорони поверхневих і підземних вод від забруднення нафтою і нафтопродуктами. У цьому прикладі ГОСТ – категорія стандарту (державний стандарт); 17 – номер системи (ССОП – система стандартів в області охорони природи); 1 – номер групи (гідросфера); 3 – номер виду (правила охорони і раціонального використання природного об'єкту); 05 –

порядковий номер стандарту (стандарт номер 5); 82 – рік реєстрації стандарту (1982 рік). ГОСТи періодично переглядаються, для деяких поновлюється термін дії. У сфері охорони довкілля на початку XXI століття в Україні діяло 159 ГОСТів.

2. *ДСТУ* – державні стандарти України. Система таких стандартів, у тому числі у сфері охорони довкілля, почала розвиватися в Україні з 1992 року. Відповідно до Державного класифікатора України «Український класифікатор нормативних документів ДК 004-2003», встановлена трирівнева класифікація ДСТУ: 1) двозначний цифровий код класу стандартів; 2) тризначний код групи; 3) двозначний код підгрупи (кожен код відділяється точкою).

*Клас 13 охоплює проблематику «Довкілля. Захист довкілля і здоров'я людини. Безпека», а саме: 13.020 Захист довкілля; 13.020.10 Управління довкіллям (охоплює також сертифікацію і аудит систем управління довкіллям (EMS); 13.020.20 Економіка довкілля; 13.020.30 Оцінювання впливу на довкілля (охоплює також управління довкіллям у разі ризику); 13.020.40 Забруднення, боротьба із забрудненням і консервація; 13.020.50 Екологічне маркування; 13.020.70 Проекти у сфері захисту довкілля; 13.020.99 Інші стандарти відносно захисту довкілля; 13.030 Відходи; 13.040 Якість повітря; 13.060 Якість води; 13.080 Якість ґрунту; 13.140 Шум і його вплив на людину і інші.*

Номери відповідних стандартів ДСТУ приймаються в порядку їх прийняття. Наприклад, ДСТУ 3041-95 «Система стандартів у галузі охорони довкілля і раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Використання і охорона води. Терміни і визначення».

При набутті чинності державного стандарту України (ДСТУ) міждержавний стандарт (ГОСТ), який регулював відповідні відносини у сфері охорони довкілля, втрачає дію в Україні.

Окрім системи стандартів з охорони НПС, в Україні діє *система санітарних норм і правил* (СанПіН). Наприклад: ГосСанПіН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения», які діють з 1989 р.; ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів» (1996 р.).

Виконання вимог СанПіН є також обов'язковим для усіх господарчих суб'єктів, незалежно від форм їх власності, але основна мета СанПіН – захист людини від впливу негативних факторів довкілля.

Як і ДСТУ, система санітарних правил і норм також не має чіткої структури.

3. *Галузеві стандарти/технічні умови* – стандарти, дія яких поширюється на підприємства (установи, організації), підлеглі певному міністерству або іншому центральному органу виконавчої влади, яким і затверджуються відповідні стандарти. Якщо дія стандартів поширюється на підприємства, які підпорядковані двом (декільком) центральним

органам виконавчої влади, вони підлягають затвердженню усіма цими органами і мають юридичну силу міжгалузевих стандартів.

4. *Стандарти підприємства* – нормативно-технічні документи, затверджені наказом керівника конкретного підприємства, на яке і поширюється їх дія. Іноді дія таких екологічних стандартів може бути поширена на групу аналогічних підприємств галузі (в цьому випадку потрібне затвердження стандарту найвищим органом управління, при цьому він втрачає юридичну силу стандарту підприємства, але приймає силу галузевого/міжгалузевого стандарту).

5. *Міжнародні стандарти* (за значимістю вони займають 3-є місце після ГОСТів і ДСТУ), в першу чергу стандарти міжнародної організації з питань стандартизації (ISO). В Україні адаптовані стандарти групи ISO, якими регулюються питання екологічного менеджменту, екологічного аудиту, а також екологічного маркування. Сьогодні в Україні є діючими такі міжнародні стандарти ISO: ДСТУ ISO 14001, ДСТУ ISO 14004, ДСТУ ISO 14020, ДСТУ ISO 14021, ДСТУ 180 14024, ДСТУ ISO/TR 14025, ДСТУ ISO 19011.

### 3.1.2 Екологічна сертифікація

Щоб офіційно підтвердити екологічність продукції і виробництва, а також їх нешкідливість для довкілля, проводиться екологічна сертифікація.

*Сертифікація – це процедура, за допомогою якої третя сторона дає письмову гарантію, що продукція, процес або послуга відповідають заданим вимогам.*

Мета екологічної сертифікації: стимулювання виробників до впровадження таких технологічних процесів і розробки такої продукції, яка мінімально забруднює НПС і дає споживачеві гарантію її безпеки для життя, здоров'я, майна і місця існування.

У світовій практиці екологічну сертифікацію почали вводити з 1992 р. на основі Директиви 92/880/ЄС «Про екологічні знаки», британського стандарту BS 7750 «Система екологічного управління», міжнародних стандартів ISO/TC207 «Управління довкіллям» тощо.

Впровадження екологічної сертифікації ставить метою рішення невідкладних завдань в трьох сферах діяльності держави.

По-перше, у сфері функціонування господарського комплексу: 1) реалізація обов'язкових екологічних вимог природоохоронного законодавства під час ведення господарської діяльності; 2) впровадження систем екологічного менеджменту в структури об'єктів управління державної системи екологічного управління; 3) створення екологічно безпечних виробництв, технологічних процесів і устаткування; 4) виконання вимог екологічної безпеки і запобігання забрудненню довкілля під час розміщення, переробки, транспортування, ліквідації і

поховання відходів виробництва і споживання; 5) виконання вимог екологічної безпеки упродовж усього життєвого циклу будь-якої продукції; 6) запобігання ввезенню в Україну екологічно небезпечних продукції, відходів, технологій і послуг.

По-друге, у сфері інтеграції України до Європейського союзу: 1) сприяння інтеграції економіки країни в Європейський ринок; 2) гармонізація системи екологічної сертифікації з міжнародними і національними системами акредитації і сертифікації; 3) підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції; 4) усунення технічних бар'єрів в міжнародній торгівлі; 5) надання екологічному сертифікату і екологічному знаку відповідності статусу документів, які в особі уповноваженого органу державної влади по екологічній сертифікації гарантують виконання вимог природоохоронного законодавства України.

Втретє, у сфері міжнародної співпраці у сфері охорони природного довкілля: 1) сприяння участі України у формуванні світового механізму охорони НПС; 2) забезпечення виконання Україною міжнародних угод, конвенцій і договорів в природоохоронній галузі; 3) виконання Україною міжнародних зобов'язань у сфері управління якістю НПС; 4) забезпечення контролю за транскордонним переміщенням ЗР і перевезенням небезпечних відходів.

Ефективність механізму екологічної сертифікації забезпечується за умови, що системна методологія побудови цього механізму має своїми обов'язковими принципами відомі *«сертифікаційні» принципи*: 1) *незалежність* (виключається вплив будь-яких юридичних або фізичних осіб на результати сертифікації); 2) *об'єктивність* (виключається надання переваг будь-яким юридичним або фізичним особам); 3) *компетентність* (учасники системи екологічної сертифікації мають необхідну кваліфікацію, засоби і повноваження для виконання покладених на них завдань); 4) *відкритість* (відсутні обмеження на доступ юридичних і фізичних осіб до участі в роботі системи екологічної сертифікації і до інформації про її діяльність); 5) *закритість* (дотримання конфіденційності інформації, яка представляє комерційну таємницю); 6) *відсутність комерційних інтересів* (відмова від отримання прибутку в процесі роботи).

За своїм характером сертифікація може бути *обов'язковою і добровільною*.

Згідно із стандартом ДСТУ 3410-96 «Система сертифікації УкрСЕПРО», *обов'язкова сертифікація* проводиться на відповідність об'єкту сертифікації вимогам чинних законодавчих актів України і вимогам нормативних документів міжнародних і національних стандартів інших держав, які діють в Україні. *Обов'язкова сертифікація* є формою державного контролю за безпекою продукції в державній системі екологічного управління і повинна проводитися в законодавчо регульованій сфері.

*Добровільна сертифікація* проводиться на відповідність усім необхідним споживчим вимогам, які не віднесені до обов'язкових, на договірних принципах між заявником і органом з сертифікації. Добровільна сертифікація проводиться в законодавчо нерегульованій сфері і може здійснюватися як в державній, так і в недержавній системах сертифікації.

Сертифікацію в недержавній сфері, на відміну від державної, може проводити як вітчизняний орган з сертифікації, так і представництво закордонного органу з сертифікації. У ЄС переважає добровільна сертифікація.

Для державної системи сертифікації можна визначити такі об'єкти обов'язкової екологічної сертифікації: 1) системи екологічного управління на виробництвах, пов'язаних з випуском екологічно небезпечної продукції; 2) продукція, шкідлива для довкілля, включаючи озоноруйнуючі речовини і продукція, яка містить ці компоненти, що планується до ввезення в Україну і вивезення з України, а також товари, що ввозяться на митну територію України; 3) екологічно шкідливі технології, включаючи ті, які ввезені на митну територію України і використовуються на промислових і дослідно-експериментальних об'єктах підприємств і організацій оборонних галузей промисловості; 4) відходи виробництва і споживання, у тому числі екологічно небезпечні і такі, що є об'єктом трансграничного перевезення; 5) діяльність у сфері поводження з відходами; 6) очисні споруди; 7) технології і устаткування для підготовки питної води; 8) види тварин і рослин, які підпадають під дію Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, які знаходяться під загрозою винищення.

Основні знаки екологічної сертифікації, широко вживані нині для маркування продукції і упаковки, можна умовно розбити на три групи: 1) знаки, що інформують про безпеку продукції для життя і здоров'я, а також довкілля; 2) знаки, що інформують про можливість вторинної переробки або використання відходів упаковки або продукції; 3) знаки, що інформують про безпеку продукції для довкілля в ході транспортування, зберігання або експлуатації.

Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») утворено постановою Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2003 року № 1337. У складі Центру працюють: Науково-дослідний інститут стандартизації, Інститут управління якістю, Інститут оцінки відповідності, Інститут підготовки фахівців у сфері управління якістю, стандартизації, оцінки відповідності та метрології та єдиний в Україні Головний фонд нормативних документів, який накопичує інформаційні ресурси у сфері технічного регулювання, забезпечує їх зберігання, облік та доступ до них користувачів.

*УкрСЕПРО* – українська національна система сертифікації, роботу якої визначають 149 органів по сертифікації продукції (робіт, послуг) і 811 випробувальних лабораторій (центрів) (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Знак УкрСЕПРО

Видача сертифікату відповідності «УкрСЕПРО» передбачає: 1) вивчення профільними фахівцями «УкрСЕПРО» технічної документації на продукцію, або послуги (паспорт виробу, керівництво по експлуатації, система контролю за якістю), які виробляються або надаються, на відповідність (ТУ, ГОСТам, ДСТУ); 2) відвідування виробництва і проведення аудиту; 3) проведення лабораторних випробувань продукції, яка заявляється на сертифікацію. 11-12 серпня 2010 року електронна база даних системи сертифікації УкрСЕПРО припинила своє існування, оскільки була фізично знищена. Натомість з 13 серпня 2010 року Держспоживстандарт ввів новий порядок видачі сертифікатів відповідності якості, при якій документи видаються регіональними відділеннями без фіксації в електронній базі даних.

### 3.1.3 Екологічне ліцензування

Відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» природокористування в Україні здійснюється в порядку загального і спеціального використання природних ресурсів. У сфері спеціального використання природні ресурси надаються у володіння, користування або оренду на підставі спеціальних дозволів, зареєстрованих в установленому порядку, за плату для здійснення виробничої і іншої діяльності.

Залежно від виду діяльності, природного ресурсу, мірі шкідливості впливу на природною довкілля і інших чинників видаються дозвільні документи різної юридичної сили: дозволи, узгодження, сертифікати, ліцензії.

Право на проведення тих видів господарської діяльності, які підлягають обмеженню, реалізується через ліцензування. Отже, ліцензія є єдиним документом дозвільного характеру, який надає право на ведення певного виду господарської діяльності, яка, відповідно до законодавства, підлягає екологічному обмеженню. Ліцензування таких видів діяльності (а їх 64) стосується екологічних аспектів господарчої діяльності і зумовлює необхідність обліку екологічних вимог до її реалізації (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Види господарської діяльності, що підлягають екологічному ліцензуванню

<b>Вид господарської діяльності</b>	<b>Орган ліцензування</b>
пошук (розвідка) корисних копалин	Державна служба геології та надр України
видобування корисних копалин із родовищ, що мають загальнодержавне значення та включені до Державного фонду родовищ корисних копалин	
видобування дорогоцінних металів і дорогоцінного каміння, дорогоцінного каміння органогенного утворення, напівдорогоцінного каміння	
виробництво особливо небезпечних хімічних речовин (за переліком, який визначається Кабінетом Міністрів України)	Міністерство промислової політики України
виробництво пестицидів і агрохімікатів (тільки регуляторів росту рослин)	
оптова, роздрібна торгівля пестицидами і агрохімікатами (тільки регуляторами росту рослин)	Міністерство аграрної політики та продовольства України, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київська та Севастопольська міські держадміністрації
транспортування нафти, нафтопродуктів магістральним трубопроводом, транспортування природного і нафтового газу трубопроводами та його розподіл	Міністерство енергетики та вугільної промисловості України
централізоване водопостачання та водовідведення	Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України
культивування, використання рослин, що містять наркотичні засоби, для промислових цілей	Міністерство аграрної політики та продовольства України



Продовження таблиці 3.3

Вид господарської діяльності	Орган ліцензування
заготівля, переробка, металургійна переробка металобрухту кольорових і чорних металів	Міністерство промислової політики України
збирання, заготівля окремих видів відходів як вторинної сировини (за переліками, які визначаються Кабінетом Міністрів України)	Міністерство екології та природних ресурсів України
операції у сфері поводження з небезпечними відходами	
заготівля та утилізація відпрацьованих хімічних джерел струму	
проведення робіт із землеустрою, землеоціночних робіт та земельних торгів	Державне агентство земельних ресурсів України
проектування, будівництво нових і реконструкція існуючих меліоративних систем	Державне агентство водних ресурсів України
діяльність, пов'язана з промисловим виловом риби на промислових ділянках рибогосподарських водойм, крім внутрішніх водойм (ставків) господарств	Державне агентство рибного господарства України
виробництво, зберігання і реалізація племінних (генетичних) ресурсів, проведення генетичної експертизи походження та аномалій тварин	Головна державна племінна інспекція Мінагрополітики
проведення знезараження підкарантинних матеріалів та об'єктів, які переміщуються через державний кордон України та карантинні зони	Державна служба з карантину рослин Мінагрополітики
виробництво теплової енергії, транспортування її магістральними та місцевими (розподільчими) тепловими мережами та постачання теплової енергії	Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Рада міністрів АРК, обласні, Київська та Севастопольська міські держадміністрації

Ліцензування природокористування і природоохоронної діяльності отримує усе більш широкий розвиток, оскільки воно належить до ефективних інструментів екологічного управління. Ефективність ліцензування полягає в його комплексності, яке, окрім адміністративних

важелів управління, об'єднує інструменти: 1) *інформаційний* – екологічний аудит і екологічну експертизу; 2) *економічний* – визначення умов здійснення платежів.

Право на видачу ліцензій мають органи ліцензування (див. табл. 3.3), за якими закріплені певні види господарської діяльності, які підлягають ліцензуванню. За видачу ліцензій здійснюється плата, розмір і порядок зарахування якої до Державного бюджету встановлюються Кабінетом Міністрів України. Ліцензування екологічно небезпечних видів діяльності належить тільки до функцій державного рівня управління.

Розвиток екологічного ліцензування має два стратегічні напрями: окреме і комплексне ліцензування. Окреме ліцензування торкається видів діяльності у галузі охорони НПС і здоров'я населення, а також окремих видів природокористування з введенням спеціальних дозволів на право розміщення в НПС викидів, скидів ЗР і відходів. До сфери окремого ліцензування належать небезпечні відходи. Комплексне ліцензування визначає право на здійснення одночасно викидів, скидів ЗР в НПС і розміщення відходів. Цей вид ліцензування поки не знайшов свого застосування в Україні і вимагає формування відповідної законодавчої бази.

В цілому екологічне ліцензування є процесом, що складається з декількох етапів: 1) встановлення нормативів впливу на НПС: гранично допустимих викидів і скидів, норм розміщення відходів, граничних норм вилучення природних ресурсів або ж відповідних тимчасових лімітів впливу і вилучення; 2) визначення з урахуванням різних коефіцієнтів відповідних ставок платежів за використання природного ресурсу або впливу на довкілля і встановлення конкретного розміру плати; 3) внесення нормативів, лімітів і ставок платежів в ліцензію і у відповідний договір на природокористування.

Після оформлення ліцензії ліцензіат стає об'єктом екологічного контролю. Екологічна ліцензія видається на певний строк (зазвичай на 5 років). Ліцензія видається окремо на кожен вид діяльності. Передача ліцензії іншій юридичній або фізичній особі забороняється. Ліцензія, видана центральним органом виконавчої влади, дає можливість здійснювати діяльність на всій території України, а ліцензія, що видана місцевим органом виконавчої влади – лише у межах відповідної адміністративно-територіальної одиниці.

### **3.2 Планування, впровадження, контроль й аналіз систем екологічного менеджменту**

*Екологічний менеджмент* – це система управління НС, тобто частина загальної системи управління, що включає організаційну структуру, діяльність із планування, обов'язки, відповідальність, досвід,

методи, методики, процеси і ресурси для розробки, здійснення й аналізу екологічної політики. З метою узгодження національної системи управління у галузі охорони довкілля Держстандартом України з 1 січня в 1998 р. прийняті на національному рівні міжнародні стандарти серії ДСТУ ISO 14000-97 «Система управління довкіллям». Основним предметом ISO 14000 є система *екологічного менеджменту* (environmental management system, EMS). Введення цих стандартів дає можливість реалізувати механізм екологічного менеджменту, поліпшення умов роботи, дотримання технологічної дисципліни і мінімізації негативного впливу на довкілля. Крім того, це дає можливість Україні брати участь в тих заходах з довкілля охорони, які здійснюють європейські країни.

Система стандартів ISO 14000, на відміну від багатьох інших природоохоронних стандартів, орієнтована не на кількісні параметри (об'єм викидів, концентрації речовини і тощо) і не на технології (вимоги використовувати або не використовувати певні технології, вимога використовувати "найкращу доступну технологію"). Типові положення цих стандартів полягають в тому, що в організації мають бути введені і дотримуватися певні процедури, мають бути підготовлені певні документи, має бути призначений відповідальний за певну область. Основний документ серії – ISO 14001 не містить ніяких "абсолютних" вимог до впливу організації на НПС, за винятком того, що організація в спеціальному документі повинна оголосити про своє прагнення відповідати національним стандартам.

### Етапи створення системи управління НС

1. *Екологічна політика.* На першому етапі вище керівництво повинне визначити екологічну політику організації. Екологічна політика повинна відповідати наступним основним вимогам: 1) відповідати характеру, масштабу і впливам діяльності організації, її продукції або послуг на довкілля; 2) включає зобов'язання відносно постійного поліпшення НС і запобігання його забрудненню; 3) включає зобов'язання відповідати чинному природоохоронному законодавству, а також іншим вимогам природоохоронного характеру; 4) повинна передбачати основу для встановлення цільових і планових екологічних показників і їх аналізу; 5) має бути доступна для громадськості.

Екологічна політика повинна відповідати масштабу, природі і екологічним впливам, що створюються діяльністю, продуктами і послугами компанії. Екологічна політика, серед інших, повинна містити заяви про прагнення до відповідності нормативам, а також до «постійного поліпшення» (*continual improvement*) системи екологічного менеджменту і до «запобігання забрудненню» (*pollution prevention*).

2. *Планування.* На стадії планування необхідно, по-перше, вибрати екологічні аспекти, які враховуватимуться при роботі системи

екологічного менеджменту. Необхідно, щоб на підприємстві постійно робилося оновлення інформації по наступних аспектах: викиди в повітря; скиди у воду; видалення і очищення СВ; радіоактивне зараження місцевості; використання сировини і природних ресурсів; інші локальні екологічні і громадські проблеми.

По-друге, організація повинна створити і підтримувати в робочому стані систему «відстежування» вимог законодавчих актів, що постійно змінюються.

Втретє, в організації мають бути визначені цільові і планові екологічні показники. При встановленні і аналізі своїх цільових показників організація повинна враховувати вимоги чинних законодавчих актів. Цільові і планові екологічні показники мають бути погоджені з екологічною політикою.

Вчетверте, на стадії планування має бути вироблена програма управління НС. Ця програма повинна включати: розподіл відповідальності за досягнення цільових і планових екологічних показників засоби і терміни, в які вони мають бути досягнуті.

*3. Впровадження і функціонування системи управління довкілля.* Першим етапом стадії впровадження є розподіл між конкретними людьми обов'язків, відповідальності і повноважень. У організації має бути визначена відповідна структура відповідальності. Для забезпечення роботи цієї системи мають бути виділені достатні людські, технологічні і фінансові ресурси. Має бути призначений відповідальний за роботу системи екологічного менеджменту на рівні організації, в обов'язки якого повинно входити періодично докладати керівництву про роботу системи екологічного менеджменту.

Далі організація повинна визначити свої потреби в навчанні персоналу. Це пов'язано з тим, що персонал, що виконує роботи, які можуть значно вплинути на НПС, повинен мати компетентність. Необхідно, щоб увесь персонал, чия робота може значною мірою вплинути на довкілля, пройшов відповідне навчання.

Наступним етапом впровадження є встановлення системи внутрішнього зв'язку між різними рівнями і підрозділами організації. На цьому ж етапі організація повинна передбачити процеси зовнішньої інформації про свої екологічні аспекти і реєстрацію своїх рішень.

Усю інформацію за системою екологічного менеджменту організація повинна підтримувати належному стані. Ця інформація повинна включати основні елементи системи адміністративного управління і їх взаємодію, а також містити вказівки на пов'язані з ними документи. Має бути розроблена і впроваджена система управління усіма документами, які пов'язані з екологічним управлінням на підприємстві. Ця система повинна забезпечити швидкий пошук необхідного документу, полегшити

проведення періодичного аналізу і його перегляду на предмет їх адекватності.

Наступна стадія впровадження носить назву «Управління операціями». Необхідно визначити ті стадії технологічного процесу і види діяльності, які пов'язані з основними екологічними аспектами.

Потім організація повинна побудувати і забезпечити функціонування системи, що дозволяє визначати можливості виникнення катастроф і аварійних ситуацій.

*4. Проведення перевірок і коригувальних дій.* При переході до цього етапу організація повинна створити і підтримувати в робочому стані систему регулярного моніторингу операцій і видів діяльності, які можуть істотно впливати на НПС. На основі даних моніторингу проводяться перевірки і коригування в технологічних процесах, спрямовані на зниження або усунення виявленої значної дії на довкілля.

Будь-яка дія, що коригує або застережує, зроблена для усунення причин виявленої невідповідності, має бути пропорційна важливості проблеми і пропорційна виявленому впливу на НПС.

Уся інформація, що відноситься до функціонування системи екологічного менеджменту і до стану НПС повинна документуватися у формі зареєстрованих даних. Зареєстровані екологічні дані можуть включати наступну інформацію: інформацію про чинні природоохоронні законодавчі акти; записи про скарги на стан довкілля; записи про екологічне навчання персоналу; протоколи перевірок, акти технічного обслуговування; звіти про екологічно значимі події; інформацію про важливі екологічні аспекти тощо;

На підприємстві має бути складена програма і представлені процедури періодичних аудитів системи управління НС.

Завершальною стадією етапу перевірок і коригувань є аналіз системи екологічного менеджменту з боку керівництва. Вище керівництво організації повинне аналізувати систему управління довкіллям через певні проміжки часу. Мета такого аналізу полягає в тому, щоб забезпечити постійну адекватність і ефективність системи екологічного менеджменту. В результаті можливе внесення змін до екологічної політики, в цільові екологічні показники і в інші елементи системи управління довкіллям.

Якщо побудована система екологічного менеджменту функціонує нормально, то це неминуче призводить до підвищення рівня екологічної ефективності підприємства. І, навпаки, по рівню екологічної ефективності підприємства можна оцінювати адекватність функціонування системи екологічного менеджменту.

На рис. 3.2 представлена модель системи екологічного менеджменту, яка включає вищезначені етапи.

Система екологічного менеджменту є ключовим поняттям серії ISO 14000 Центральним документом стандарту вважається ISO 14001

«Специфікації і керівництво по використанню систем екологічного менеджменту». На відміну від інших документів, усі його вимоги є такими, які можна «аудувати» – передбачається, що відповідність або невідповідність ним конкретній організації може бути встановлено з високою мірою визначеності. Саме відповідність стандарту ISO 14001 і є предметом формальної сертифікації.

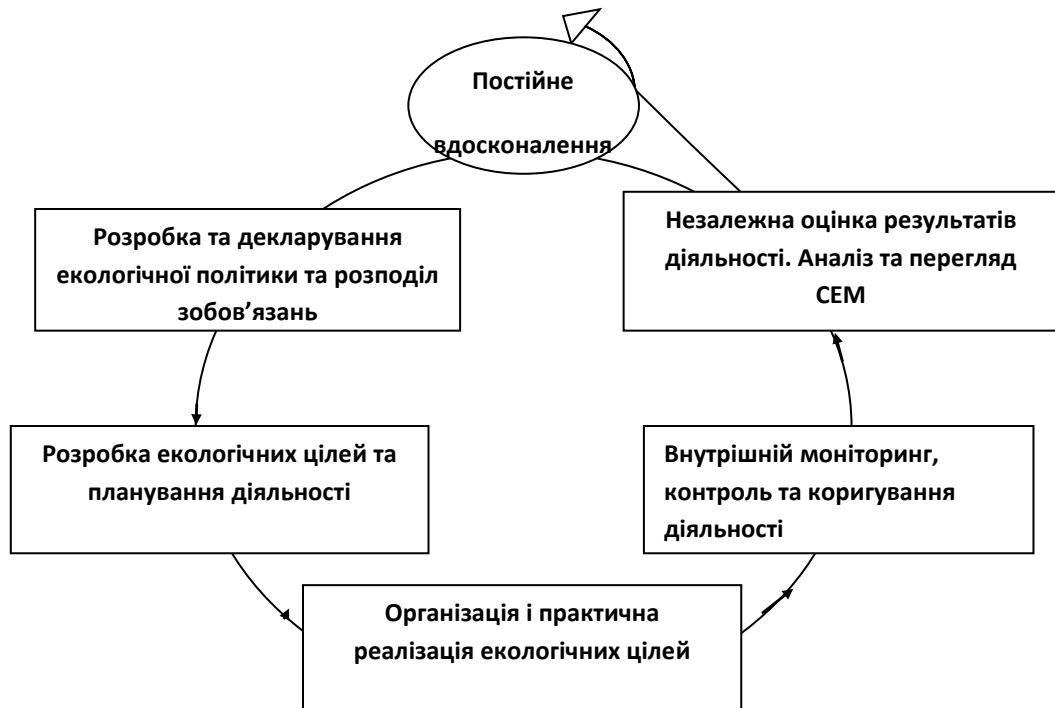


Рисунок 3.2 – Модель системи екологічного менеджменту

Усі інші документи розглядаються як допоміжні. Наприклад, ISO 14004 містить більше розгорнуте керівництво по створенню системи екологічного менеджменту, серія документів 14010 визначає принципи аудиту EMS. Серія 14040 визначає методологію «оцінки життєвого циклу», яка може використовуватися при оцінці екологічних впливів, пов'язаних з продукцією організації.

*Переваги створення системи екологічного менеджменту та екологічної сертифікації на відповідність ISO 1400:* 1) гарантія якості, надійності і поліпшених екологічних характеристик в порівнянні з аналогічними об'єктами в тому ж ціновому сегменті; 2) привертання уваги засобів масовій інформації і клієнтів; 3) більше можливостей в рекламі і PR; 4) можливість підтвердити екологічні кваліфікаційні вимоги для участі в тендерних процедурах; 5) інвестиційна привабливість підприємства; 6) можливість підтвердити екологічну і соціальну відповідальність бізнесу.

*Недоліки стандартів:* 1) немає чітких вимог, а це означає, що, знижуючи викиди на незначну величину, підприємство формально відповідає стандарту; 2) створюють сприятливі умови для «експорту

забруднень» – перенесення шкідливих виробництв в країни, що розвиваються, з більш м'якими нормативами; 3) екологічна політика, яка є єдиним документом, доступним громадськості, носить занадто загальний характер.

### Система стандартів серії ISO 14000

*Принципи екологічного менеджменту.*

ISO 14001 Системи екологічного менеджменту. Вимоги і посібник по застосуванню

ISO 14004 Системи екологічного менеджменту. Керівні вказівки по принципах, системах і методах забезпечення функціонування.

ISO 14014 Керівництво по визначенню "початкового рівня" екологічної ефективності підприємства. Повинно використовуватися перед створенням формальної системи екологічного менеджменту

ISO 14015 Екологічний менеджмент. Екологічна оцінка майданчиків і організацій

*Інструменти екологічного регулювання і оцінки*

ISO 14010 Керівні вказівки по екологічному аудиту.

ISO 14011 Керівні вказівки по екологічному аудиту. Процедура аудиту систем управління довкіллям.

ISO 14012 Керівні вказівки по екологічному аудиту. Кваліфікаційні критерії для аудиторів в області екології.

ISO 19011 Загальний стандарт, присвячений аудиту систем менеджменту якості і екологічного менеджменту, замінює собою вимоги ISO 14010, ISO 14011 і ISO 14012.

ISO 14031 Екологічний менеджмент. Оцінка екологічної результативності. Керівництво.

ISO 14032 Екологічний менеджмент. Приклади оцінки екологічної результативності.

*Стандарти, орієнтовані на продукцію*

ISO 14020 (Серія документів) Екологічні етикетки і декларації. Основні принципи.

ISO 14021 Етикетки і декларації екологічні. Самодекларовані екологічні заяви (Екологічне маркування за типом II )

ISO 14024 Етикетки і декларації екологічні. Екологічне маркування типу I. Принципи і процедури.

ISO/TR 14025 Екологічне маркування і декларування. Екологічні декларації типу III

*Оцінювання життєвого циклу продукції і послуг*

ISO 14040 Управління довкіллям. Оцінка життєвого циклу. Принципи і структура.

ISO 14041 Управління довкіллям. Оцінка життєвого циклу. Певна мета, області дослідження і інвентаризаційний аналіз.

ISO 14042 Управління довкіллям. Оцінка впливу життєвого циклу продукції і послуг.

ISO 14043 Управління довкіллям. Інтерпретація життєвого циклу.

ISO 14047 Управління довкіллям. Оцінка життєвого циклу. Приклади застосування стандарту ISO 14042.

ISO 14048 Управління довкіллям. Оцінка життєвого циклу. Формат документування даних за оцінкою життєвого циклу.

ISO 14049 Управління довкіллям. Оцінка життєвого циклу. Приклади застосування стандарту ISO 14041 для визначення мети і області дослідження, а також інвентаризаційного аналізу.

ISO 14050 Управління довкіллям. Глосарій.

*Екологічний менеджмент. Інтеграція екологічних аспектів в проектування і розробку продукції*

ISO 14060 Керівництво по обліку екологічних аспектів в стандартах на продукцію.

ISO/TR 14061 Інформація в допомогу організаціям, працюючим в лісовому господарстві, по використанню стандартів для систем екологічного менеджменту ISO 14001 і ISO 14004.

ISO 14063 Екологічний менеджмент. Обмін екологічною інформацією. Рекомендації і приклади.

ISO 14064 Керівних вказівки по вимірюванню, звітності і підтвердженню виділення парникових газів на рівні окремих організацій і проектів.

### **3.3 Аналіз життєвого циклу продукції та визначення його впливу на довкілля**

Існує декілька тлумачень «життєвого циклу (ЖЦ)» продукту. *Економічний* – час з моменту первинної появи продукту на ринку до припинення його реалізації на цьому ринку. *Виробничий* – включає науково-дослідні та інженерно-конструкторські розробки, впровадження у виробництво, само виробництво, експлуатацію і зняття з виробництва.

Увесь комплекс складних взаємозв'язків між виробництвом продукції і довкіллям може бути представлений за допомогою концепції ЖЦ продукції у вигляді продукційного ланцюжка. З точки зору екологічного менеджменту ЖЦ є сукупністю послідовних і взаємозв'язаних стадій продукційного ланцюжка (рис. 3.3).

**З історії життєвого циклу.** У 1969 р. компанія «Кока-кола» профінансувала одно з найперших досліджень ОЖЦ в ХХ столітті, проведених в «НДІ Мидвест» (США) з метою порівняння різних видів пакувальних матеріалів по двох екологічних параметрах: виробництво відходів і виснаження природних ресурсів. НДІ використовував методологію, названу аналізом ресурсів і екологічного профілю (REPA -



Resource and Environmental Profile Analysis). Наступними стали дослідження екологічного балансу молочної упаковки, проведені в 1972 р. ученим В. Обербахером, який уперше розробив концепцію «екологічної бухгалтерії». В 1984 р. було проведено дослідження Швейцарської федеральної лабораторії по тестуванню матеріалів (EMPA) і Швейцарського федерального агентства по охороні довкілля (BUS) з питань екологічних параметрів упаковки «Ecological report of packaging material». Термін «ОЖЦ» був уперше використаний в цьому дослідженні. В 1993 р. Міжнародна організація по стандартизації (ISO) та Товариство екологічної токсикології і хімії (SETAK) в роботі «Кодекс практики» визначили поняття ОЦЖ.

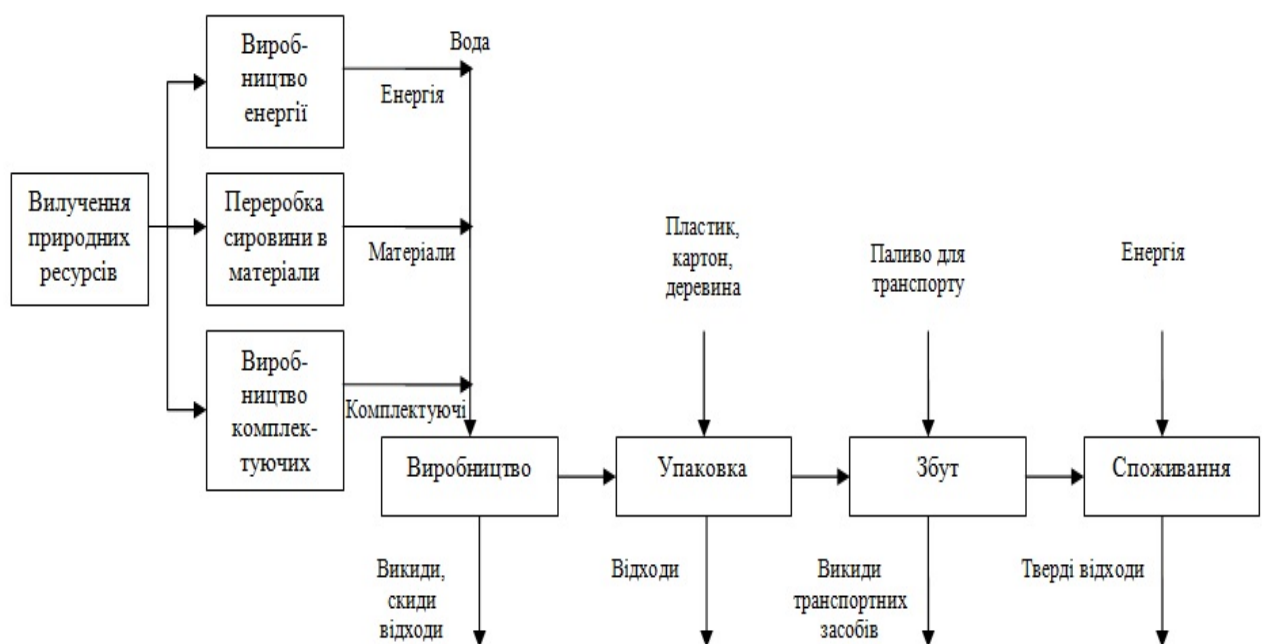


Рисунок 3.3 – Продукційний ланцюг

Концепція *екологічного життєвого циклу* товару полягає у впливі товару на стан НПС і людину починаючи від видобутку сировини на виробництво і закінчуючи похованням і розкладенням відходів після споживання товару, похованням відпрацьованого товару.

Екологічний ЖЦ товару ширший, ніж ЖЦ товару, оскільки вплив на стан ПР відбувається з моменту видобутку сировини на виробництво товару до утилізації і поховання відпрацьованого товару, який упродовж тривалого часу екологічно впливає на природні об'єкти і людину.

Екологічний ЖЦ товару триває навіть тоді, коли закінчений його життєвий цикл і товар знятий з виробництва.

Отже, *екологічний ЖЦ товару складається з таких етапів:*  
 1) видобуток сировини для виробництва товару і його вплив на НПС і стан

ПР; 2) транспортування сировини до товаровиробника і його вплив на НПС і стан ПР; 3) виробництво товару і його вплив на НПС і стан ПР; 4) транспортування сировини до споживача і його вплив на НПС і стан ПР; 5) споживання товару і його вплив на НПС і стан ПР; 6) сервісне обслуговування, ремонт і модернізація устаткування з урахуванням екологічних чинників впливу на НПС і стан ПР; 7) утилізація, розміщення в НПС товару після закінчення терміну служби.

На всіх стадіях екологічного ЖЦ товару в процесі його виробництва і споживання відбуваються викиди ЗР в атмосферу, скид ЗР у водні об'єкти і поховання відходів виробництва і споживання товару в земельних і водних об'єктах.

Метод екологічної оцінки життєвого циклу (ОЦЖ) або *Life-Cycle Assessment (LCA)* (англ.) – один з провідних інструментів екологічного менеджменту в ЄС, що ґрунтується на серії ISO -стандартів і призначений для оцінки еколого-економічних, соціальних аспектів і впливів на НС в системах виробництва продукції і утилізації відходів.

Універсальний у своєму роді метод ОЖЦ використовують практично в усіх галузях промисловості, зокрема в машинобудуванні, будівництві, електроніці, традиційній і альтернативній енергетиці, виробництві полімерів, продуктів харчування, дизайні продукції і утилізації відходів.

Існує декілька визначень ОЖЦ. Наприклад, Міжнародна організація стандартів так визначила поняття *ЖЦ*: «...послідовні і взаємозв'язані стадії життєвої системи продукту або процесу, починаючи із видобутку ПР і закінчуючи утилізацією відходів», а *ОЖЦ* – це: «...систематизований набір процедур зі збору і аналізу усіх матеріальних і енергетичних потоків системи, включаючи вплив на НПС під час усього ЖЦ продукту і/або процесу».

*Оцінка життєвого циклу* – це процес оцінки екологічних впливів, пов'язаних з продуктом, процесом або іншою дією шляхом визначення і кількісного обчислення: 1) обсягів спожитої енергії, матеріальних ресурсів і викидів/скидів/розміщення відходів в довкіллі; 2) кількісної і якісної оцінки впливу на НПС; 3) визначення і оцінки можливостей для поліпшення екологічного стану системи.

Оцінка проводиться з метою отримання вичерпної оцінки екологічного впливу, яка дає надійнішу інформацію для ухвалення економічних, технічних і соціальних рішень. Слід підкреслити, що сама ОЖЦ не вирішує екологічні проблеми, а швидше надає потрібну інформацію для їх вирішення. Виходячи з головного принципу ОЖЦ – «від колиски до могили» – екологізації підлягає увесь продукційний ланцюжок: від виробництва продукції до її утилізації.

ОЖЦ є ітеративним методом, тобто усі роботи виконуються паралельно з безперервним аналізом отриманих результатів і коригуванням попередніх етапів. Ітеративний підхід у рамках системи і

між етапами забезпечує всебічність і послідовність дослідження і представлення результатів. Принципи, зміст, вимоги етапів проведення ОЖЦ регламентуються стандартами ISO.

Згідно ISO 14040 оцінка життєвого циклу складається з чотирьох етапів.

1. *Визначення мети і сфери застосування (ISO 14041)*. При визначенні мети і сфери застосування слід встановити мету дослідження і межі системи, що вивчається (тимчасові і просторові), описати використовувані джерела даних, а також методи, які вживаються для оцінки екологічних впливів, і обґрунтувати їх вибір. Проте на наступних етапах може виникнути необхідність переглянути і скоректувати прийняті параметри, наприклад, звужити межі або круг даних про екологічні впливи за умов нестачі інформації.

2. *Інвентаризаційний аналіз ЖЦ (ISO 14041)*. Інвентаризаційний аналіз ЖЦ (life cycle inventory analysis) є найбільш тривалим і витратним етапом, на якому збираються дані про вхідні і вихідні потоки матеріалів і енергії, залучених у виробництво. Для їх обліку виробнича система підрозділяється на окремі модулі, виходячи із стадій ЖЦ продукції (видобуток сировини, отримання напівфабрикатів, виготовлення, реалізація, використання, утилізація продукту). Окрім цього, в межах деяких стадій, особливо складних в технологічному плані, можуть бути виділені модулі, що відповідають одиничним виробничим процесам. Наприклад, при виробництві пакувальної поліетиленової плівки з напівфабрикату (гранульованого поліетилену низької щільності) доцільно виділити такі модулі: розплав гранул, екструзія, охолодження і упаковка плівки. Важливим при проведенні інвентаризаційного аналізу є облік усіх супутніх ЖЦ продукції транспортних перевезень як між окремими етапами ЖЦ (наприклад, від постачальника сировини до виробника), так і в їх межах (наприклад, в цехах підприємства).

3. *Оцінка впливу упродовж ЖЦ (ISO 14042)*. Оцінка впливу упродовж ЖЦ (life cycle impact assessment), тобто оцінка значущості потенційних впливів на довкілля, проводиться за результатами інвентаризаційного аналізу і є методологічно найскладнішим і тому самим спірним етапом ОЖЦ. У цій фазі ОЖЦ в першу чергу важливо упорядкувати зафіксовані на попередньому етапі екологічні впливи за так званими категоріями впливів (споживання мінеральних ресурсів і енергії, утворення токсичних відходів, руйнування озонового шару стратосфери, парниковий ефект, зниження біологічної різноманітності, шкода здоров'ю людини та ін.). Надалі необхідно кількісно охарактеризувати кожен з категорій і зіставити ці різнопланові впливи, щоб відповісти на питання, яке з них завдає найбільшого збитку НПС (наприклад, викиди парникових газів або ерозія ґрунтів). Для оцінки впливів розроблено ряд методик (і відповідних

програмних продуктів), жодна з яких не є універсальною і не позбавлена суб'єктивізму.

4. *Інтерпретація ЖЦ (ISO 14043)*. Завданням останнього етапу ОЖЦ (life cycle interpretation) є розробка рекомендацій по мінімізації шкідливих впливів на довкілля. Поліпшення екологічних характеристик продукції завдяки обліку рекомендацій ОЖЦ зрештою несе з собою безліч екологічних (наприклад, зниження матеріало- і енергоємності продукту) і економічних переваг (наприклад, економія коштів на закупівлю сировини, підвищення попиту з боку екологічно свідомого споживача, поліпшення економічного іміджу підприємства та ін.).

Головними причинами для проведення ОЖЦ для продукту або послуги є: 1) бажання організації зібрати інформацію про екологічні впливи продукту або послуги з метою виявлення можливостей для зменшення їх впливу на довкілля; 2) роз'яснення споживачам найкращих способів використання і кінцевої утилізації продукції; 3) збір інформації для підтримки і забезпечення екосертифікатів (наприклад, для отримання знаку екомаркування).

### **3.4 Критерії, методика та процедури проведення екологічного маркування**

*Екологічне маркування* – це комплекс відомостей екологічного характеру про продукцію, процес або послугу, що входить до складу їх маркування та(чи) супровідної документації. Екологічне маркування є інструментом інформування про екологічні особливості продукції і процесів її розробки, виробництва і використання. Екомаркування – це знак саме екологічності, а не знак якості або безпеки, хоча ці аспекти також беруться до уваги.

При розробці критеріїв екологічності береться до уваги увесь ЖЦ продукту, тобто ці критерії носять комплексний характер і не обмежені лише характеристиками самого продукту. Постійне оновлення наявних знань і методів виробництва, обумовлює необхідність регулярного внесення змін і доповнень в існуючі вимоги, які, як правило, встановлюються на період від двох до трьох років.

Уперше використання екологічного маркування на міжнародному рівні було рекомендоване на Всесвітній конференції ООН з довкілля і розвитку в Ріо-де-Жанейро в 1992 р. В прийнятому на конференції «Порядку денному на ХХІ століття» (гл. 4, § 21) відзначається, що «Урядам в співпраці з промисловим сектором і іншими відповідними групами слід заохочувати розширення інформаційних програм, що передбачають введення екологічної маркування товарів і поширення інформації про екологічні характеристики продукції, що реалізовується, з

тим, щоб покупці мали можливість робити свідомий вибір того або іншого товару».

Нині маркування набуває все більшої значущості в контексті міжнародної торгівлі. Питання екологічного маркування входять в сферу уваги Комітету з торгівлі і довкілля Світової організації Торгівлі (The WTO Committee on Trade and Environment). Це обумовлено тим, що екологічне маркування стає усе більш дієвим засобом просування «екологічно орієнтованої» продукції, що відрізняється більш низьким негативним антропогенним впливом на довкілля в ході усього її ЖЦ. Світовий Банк також позитивно оцінює екологічне маркування, включивши його у свою нову Програму підтримки екологічних і соціальних робіт (ESRP).

Екологічний знак, екологічна декларація – це заява, що вказує на екологічні аспекти продукції або послуги (ISO 14020), які можуть, серед іншого, мати форму висловлювання, символу або графічного зображення на етикетці продукції або упаковці, в супровідній документації, в технічному бюлетені, в рекламній пропозиції або інших публікаціях.

Екологічна заява – висловлювання або символ, що вказує на екологічний аспект продукції, її елементу або упаковки (ISO 14021). При цьому екологічна заява може бути нанесена на етикетки продукції або упаковку, включена в супровідну документацію на продукцію, поширено за допомогою технічних бюлетенів, реклами, публікації, телемаркетингу, а також з використанням цифрових або електронних засобів, таких як Інтернет.

Екологічне маркування служить для урядів підставою до заохочення вдалого екологічного досвіду, а для бізнесу – засобом просування екологічних товарів на ринок. Багато країн мають власні системи екологічного маркування, але при усьому їх різноманітті основні цілі екологічного маркування такі:

- *Захист довкілля.* За допомогою використання державних та(чи) неурядових програм екологічного маркування органи влади можуть робити вплив на переваги споживачів і заохочувати виробництво і споживання екологічних товарів і послуг. В зв'язку з цим екологічно орієнтовані послуги виступають ринковим засобом заяви про екологічні переваги;

- *Заохочення екологічних інновацій і лідерства в цій області.* Програми екологічного маркування через поширення екологічних знаків пропонують ринку стимулювати екологічні ініціативи і розвиток бізнесу в цій області. Через просування продукції, що зменшує антропогенне навантаження на довкілля, компанії можуть створити або зміцнити свої позиції в ринковій ніші і сформулювати позитивне відношення споживачів;

- *Інформування споживачів про екологічні аспекти.* У країнах, де інформованість споживачів відносно довкілля висока, використання

екологічного маркування дозволяє спрямувати їх вибір саме на екологічно дружні товари і послуги. Тоді як в країнах з низькою інформованістю споживачів екомаркування може використовуватися для поширення інформації про можливість різного споживчого вибору.

У міжнародних стандартах ISO серії 14000 визначені вимоги до екологічного маркування, які покликані: 1) понизити невизначеність в стосунках споживач – постачальник, оскільки широке поширення різних екологічних знаків викликає недовіру споживача до усіх знаків; 2) сприяти поліпшенню екологічних показників і зниженню антропогенного навантаження на довкілля на всіх стадіях ЖЦ, включаючи виробництво, використання і утилізацію продукції і упаковки; 3) сприяти розвитку міжнародної торгівлі, оскільки екологічний знак – завжди один з об'єктів розгляду при експорті та імпорті продукції; 4) дозволяти споживачеві робити усвідомлений вибір.

Міжнародний стандарт ISO 14020 визначає такі основні принципи екологічного маркування: 1) екологічні знаки і декларації мають бути точними, такими, що перевіряються, доречними і такими, що не вводять в обману; 2) екологічне маркування і декларація повинні ґрунтуватися на об'єктивних критеріях і методах оцінки, що забезпечують достатню точність і відтворюваність використовуваних даних; 3) інформація, використовувана для забезпечення екологічного маркування, має бути доступною для зацікавлених сторін.

Згідно ISO 14020 екологічні етикетки і декларації дають інформацію про продукцію або послуги відносно їх загальних екологічних характеристик, одного або декількох екологічних аспектів. Покупці і потенційні покупці можуть використовувати цю інформацію при виборі продукції або послуг, якщо такий вибір ґрунтується на міркуваннях екологічності або інших чинниках. Основними учасниками програм по екологічному маркуванню виступають уряди, менеджери конкретної програми, виробничі і комерційні асоціації, продавці, споживачі, інші зацікавлені сторони: вчені, ЗМІ, міжнародне співтовариство.

Перші маркування за ознакою екологічності з'явилися в промислово розвинених країнах. До них відносилися такі заяви, як «можна переробити повторно», «дружній довкіллю», «споживає менше енергії», «містить повторно перероблену сировину». Таке маркування привертало увагу споживачів, що оцінюють свій вклад в антропогенне навантаження на довкілля. Проте при відсутності стандартів таке маркування могло вводити в оману. Тому були розроблені процедури сертифікації продукції і послуг незалежною (третьою) стороною, покликані захистити споживача від помилкової або некоректної інформації і гарантувати перевагу продукту над аналогічними за ознакою впливу на довкілля. Таким чином, стала розвиватися система сертифікації, визнана на регіональному і міжнародному рівнях.

Міжнародні стандарти ISO 14021, 14024 і 14025 встановлюють вимоги до розробки добровільного екологічного маркування трьох основних типів в залежності від критеріїв і ступеню залучення до процесу екологічного маркування третьої сторони.

#### Класифікація екологічного маркування

*Екологічне маркування типу I* (власне екологічне маркування). Добровільна багатокритеріальна програма сертифікації третьою стороною, в результаті якої видається ліцензія на використання на продукції екологічних знаків, що свідчать про загальну екологічну перевагу продукції у рамках певної групи однорідної продукції, заснованої на розгляді ЖЦ (ISO 14024).

Особливість програми маркування за типом I саме в її проведенні третьою стороною. Критерії враховують показники впливу на довкілля на всіх стадіях ЖЦ продукції. Вони мають бути реально досяжними і вимірюваними з певною достовірністю. Критерії повинні діяти впродовж певного терміну; їх перегляд здійснюється з урахуванням появи нових технологій, технічних рішень, нової продукції, нової інформації про стан довкілля і зміни ринкових умов. Довіра до програми визначається, в першу чергу, довірою до організації, що здійснює її, відкритістю інформації про критерії оцінки і їх ясністю.

*Екологічне маркування типу II (екологічна самодекларація)*. Екологічна заява виробника, імпортера, дистриб'ютора, продавця або будь-якої іншої сторони, яка може отримати вигоду від такої декларації, зроблене без сертифікації незалежною третьою стороною. Появою необґрунтованих, неясних або недостовірних заяв була викликана розробка стандарту ISO 14021, який визначає вимоги до самостійно декларованих властивостей продукції, які могли б забезпечити упевненість сьогоденних або потенційних споживачів в достовірності заяви. Стандарт описує підходи до складання таких заяв, використання певних термінів, а також вимоги відносно підтвердження таких заяв третьою стороною. При дотриманні певних вимог відносно змісту, обґрунтованості і достовірності публікованої інформації самодекларація може викликати довіру споживача і без її оцінки третьою стороною.

*Екологічна декларація типу III (екологічна декларація)*. Кількісні екологічні дані для будь-якого виду продукції по заздалегідь встановлених категоріях параметрів, заснованих на стандартах серії ISO 14040. Програма екологічного декларування типу III – добровільний процес, в ході якого галузь економіки або незалежний орган розробляє вимоги до екологічної декларації типу III, включаючи встановлення мінімальних вимог, вибір категорій параметрів, визначення форми участі третіх сторін, а також способів обміну інформацією із зовнішніми сторонами. Екологічне декларування типу III засноване на даних оцінки ЖЦ продукції і служить

для порівняння продуктів різних категорій. Основним призначенням екологічного декларування третього типу є порівняння продуктів різних категорій (можливо таких, що забезпечують одні і ті ж потреби). У зв'язку з високою складністю аналізу, неоднозначністю підсумкових даних, а також багатьма іншими перешкодами програми цього типу широкого поширення у світі доки не отримали.

Екомаркування можуть отримати дуже багато товарів і послуг. Головна вимога – прагнення до зниження навантаження на довкілля і якісний продукт або послуга. Екомаркуванням відмічають: 1) *нехарчові товари* (комп'ютери, папір, канцелярські товари, одяг, будівельні і обробні матеріали, миючі і чистячі засоби, підлогові покриття, побутова і оргтехніка, меблі, транспортні засоби, паливо та ін.); 2) *харчові продукти* (питна вода, хлібобулочні вироби, бакалія, продукція сільського господарства та ін.); 3) *послуги* (ресторани, магазини, готелі, виробництво різних видів енергії, туризм та ін.); 4) *роботи* (будівельні і обробні роботи та ін.).

Під дію Директиви ЄС з екомаркування не підпадають такі види продукції: 1) фармацевтичні продукти; 2) деякі медичні прилади; 3) речовини або препарати, класифіковані як небезпечні у рамках відповідних Директив ЄС; 4) продукти, вироблені в процесах, потенційно небезпечних для здоров'я людини або довкілля.

Проте отримання екологічного знаку вимагає значних витрат на ліцензування (сертифікацію), інспекційний контроль і інші заходи, пов'язані з придбанням і підтримкою цього знаку. В результаті ціна «зеленої» продукції може значно зрости.

Нині маркуванням переважно непродовольчої продукції займається Глобальна мережа екологічної маркування (*Global Ecolabelling Network, GEN*), що об'єднує більше 30 країн світу, у тому числі усі країни ЄС. Маркування продовольчих товарів здійснює Міжнародна федерація органічного землеробства (*International Federation of Organic Agricultural Movements, IFOAM*), що налічує більше 750 організацій-членів з 108 країн світу.

Україна увійшла до складу GEN в 2004 році, а в 2011 році українська програма екологічного маркування пройшла сертифікацію за Міжнародною програмою взаємної довіри і визнання GEN-GENICES, яка передбачає взаємне визнання результатів оцінки відповідності між програмами, які прийшли процедуру сертифікації. Це дає можливість українським виробникам продуктів, товарів, продукції і послуг, які підтвердили екологічні переваги продукції в українських органах по екологічному маркуванню, просувати екологічно сертифіковані товари і послуги на світовий ринок за спрощеною процедурою підтвердження відповідності.



З 1992 р. існує екологічний знак Європейського союзу, виконаний у вигляді квітки (The Euro flower Label). При цьому в країнах Євросоюзу разом із загальною для усіх Схемою екологічного маркування ЄС як і раніше діють національні системи екомаркування.

З 1 липня 2011 р. в Україні впроваджена оновлена версія знаку екологічного маркування товарів і послуг українського знаку екомаркування «Зелений журавель». Так, на підставі рішення координаційної ради органу по екологічній маркіровці, прийнятого 7 квітня 2011 р., з 1 липня змінюється формулювання напису навколо логотипу знаку екологічної маркіровки. У оновленій версії контур знаку «Екологічно чисто і безпечно» замінений на «Екологічний сертифікат». Під знаком розташовується код екологічного стандарту, на відповідність якому пройшла сертифікацію маркірована ним продукція. Знак підтверджує екологічну перевагу і безпеку маркірованої їм продукції, право на його використання отримує товаровиробник (імпортер) екологічно сертифікованої продукції. Термін використання знаку відповідає терміну дії сертифікату (3 роки) і може бути продовжений за результатами ресертифікації.

### **3.5 Методологія і методика захисту об'єктів навколишнього середовища: вітчизняний та світовий досвід**

Під методами захисту НПС розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження або повне виключення антропогенного забруднення біосфери. Універсальних методів зазвичай не існує, тому радикально розв'язати проблему забруднення НПС на сьогоднішній технічній стадії розвитку людства неможливо (згадаєте рівень споживання ресурсів і кількість відходів, масштаби впливу на НПС). Так, тільки поєднання декількох раціонально підібраних і науково обгрунтованих заходів у кожному конкретному випадку може привести до бажаних ефектів, результатів по захисту (охороні) НПС.

Для цього використовують наступні методи: 1) *технологічні* – це безпосередній вплив на технологічні процеси, які виступають джерелом забруднення, внаслідок чого з'являються нові технології (утилізації, зберігання, чисті і т. д.); 2) *організаційно-технічні* – зменшення концентрації і рівня забруднення на шляхах їх поширення від виробництва до біосфери, тобто використання технічних засобів захисту і проведення організаційно-планувальних заходів.

Перша група методів вирішує проблему набагато ефективніше, але досить трудомісткою і значно дорожче: відбувається реконструкція підприємств, закриття старих і будівництво нових з використанням альтернативних технологій, проводяться спеціальні науково-дослідні роботи, вирішується цілий ряд завдань соціально-економічного плану,

наприклад, перекваліфікація працюючих автоматизація, комп'ютеризація виробництва.

Друга група методів є більш вигідною, але вона має локальний характер дії і не знищує причину, яка викликає забруднення.

У теоретичних основах технології захисту довкілля, що базуються на загальних законах фізичної і колоїдної хімії, термодинаміки, гідро- і аеродинаміки, вивчається фізико-хімічна суть основних процесів природоохоронних технологій. Такий системний підхід дозволяє зробити узагальнення з теорії цих процесів, застосувати до них єдиний методологічний підхід.

Залежно від основних закономірностей, що характеризують протікання процесів охорони середовища, їх підрозділяють на фізичні; механічні; гідромеханічні; масообмінні, хімічні; фізико-хімічні; теплові; біохімічні; процеси, ускладнені хімічною реакцією.

У фізичних процесах змінюються лише форма, розміри, агрегатний стан і інші фізичні властивості речовин. Їх будова і хімічний склад зберігаються.

До механічних процесів, основою яких є механічний вплив на тверді і аморфні матеріали, відносять подрібнення (дроблення), сортування (класифікація), пресування і змішування сипких матеріалів. Рушійною силою цих процесів є сили механічного тиску або відцентрова сила.

До гідромеханічних процесів, основою яких є гідростатичний або гідромеханічний вплив на середовища і матеріали, відносять перемішування, відстоювання (осадження), фільтрування, центрифугування. Рушійною силою цих процесів є гідростатичний тиск або відцентрова сила.

До масообмінних (дифузійних) процесів, в яких велику роль разом з теплопередачею грає перехід речовини з однієї фази в іншу за рахунок дифузії, відносять абсорбцію, адсорбцію, десорбцію, екстрагування, ректифікацію, сушку і кристалізацію. Рушійною силою цих процесів є різниця концентрацій перехідної речовини у взаємодіючих фазах.

Хімічні процеси, що протікають зі зміною фізичних властивостей і хімічного складу початкових речовин, характеризуються перетворенням одних речовин на інші, зміною їх поверхневих і міжфазних властивостей. До цих процесів можна віднести процеси каталізу, нейтралізації, окислення і відновлення. Рушійною силою хімічних процесів є різниця хімічних (термодинамічних) потенціалів. Хімічні процеси змінюють фізичні властивості початкової сировини і її хімічний склад.

Фізико-хімічні процеси характеризуються взаємозв'язаною сукупністю хімічних і фізичних процесів, що відбуваються в матеріальній субстанції. До фізико-хімічних процесів розподіли, основою яких є фізико-хімічні перетворення речовин, можна віднести коагуляцію і флокуляцію, флотацію, іонний обмін, зворотний осмос і ультрафільтрацію, дезодорацію

і дегазацію, електрохімічні методи, зокрема, електричне очищення газів. Рушійна сила цих процесів – різниця фізичних і термодинамічних потенціалів компонентів, що розділяються, на межах фаз. Фізико-хімічні процеси широко застосовують при збагаченні корисних копалини, в металургії, технологіях основних хімічних виробництв, органічному синтезі, енергетиці, але особливо – в природоохоронних технологіях (пило- і газоуловлювачі, очищення СВ та ін.).

До теплових процесів, основою яких є зміна теплового стану взаємодіючих середовищ, відносять нагрівання, охолодження, випарювання і конденсацію. Рушійною силою цих процесів є різниця температур (термічних потенціалів) взаємодіючих середовищ.

Специфічну групу складають біохімічні процеси – хімічні перетворення, що протікають за участю суб'єктів живої природи і становлять основу життєдіяльності усіх живих організмів рослинного і тваринного світу. Біохімічні процеси, в основі яких лежать каталітичні ферментативні реакції біохімічного перетворення речовин в процесі життєдіяльності мікроорганізмів, характеризуються протіканням біохімічних реакцій і синтезом речовин на рівні живої клітини. На їх використанні побудована значна частина сільськогосподарського виробництва і харчової промисловості, наприклад біотехнологія. Продуктами біотехнологічних перетворень, що протікають за участю мікроорганізмів, є речовини неживої природи. Рушійна сила цих процесів - енергетичний рівень (потенціал) живих організмів.

Приведена класифікація не є жорсткою і незмінною. У реальній дійсності багато процесів ускладнено протіканням суміжно-паралельних процесів. Наприклад, масообмінні і хімічні процеси часто супроводжуються тепловими процесами. Так, ректифікацію, сушку і кристалізацію можна віднести до комбінованих тепломасообмінних процесів. Процеси абсорбції, адсорбції часто супроводжуються хімічними перетвореннями. Хімічні процеси нейтралізації і окислення можна одночасно розглядати як масообмінні процеси. Біохімічні процеси супроводжуються одночасно тепло- і масообміном, а фізико-хімічні процеси – масообмінними процесами.

У окрему групу виділені процеси захисту від енергетичних впливів, що, в основному, базуються на принципах віддзеркалення і поглинання надмірної енергії основних технологічних процесів природокористування. Важливе місце в охороні і захисті довкілля займають методи і способи захисту від енергетичних впливів, включаючи захист від акустичного забруднення (шуму, інфра- і ультразвуку, вібраційних коливань), забезпечення захисту від електромагнітних полів і випромінювань (постійних і змінних електричних і магнітних полів, вивчень оптичного діапазону, іонізуючих випромінювань).

### 3.6 Інженерно-екологічні методи та технології охорони довкілля

Методи запобігання забрудненню НС діляться на пасивні і активні.

Пасивні пов'язані із зменшенням концентрації ЗР в атмосферному повітрі або водному середовищі без зміни абсолютних кількостей ЗР, що поступають в ці середовища. До таких методів відноситься розбавлення викиду атмосферним повітрям і скиду водою природного водоймища, яке здійснюється шляхом будівництва високих труб що відводять викиди (існують труби, висота яких досягає 250 м), або глибоководних скидів.

Активні методи зниження забруднення НС зменшують абсолютні кількості ЗР, розміщуваних в НС. До таких методів відносяться технологічні і інструментальні методи.

*До технологічних методів зниження забруднення НС відносяться:*

1) перехід виробництва на нову технологію, пов'язану з утворенням меншої кількості ЗР, потрапляючих в атмосферу і гідросферу; 2) перехід на менш ресурсо- і енергоємні технології; 3) внесення змін в технологічний процес, які або зв'язують ЗР, що утворюються, або перешкоджають їх утворенню. Якщо на сучасному рівні розвитку промислових технологій за рахунок технологічних методів усунути або знизити до допустимих значень викиди або скиди шкідливих речовин неможливо, вдаються до інструментальних методів очищення.

#### 3.6.1 Очищення промислових викидів

Промислові гази містять тверді, рідкі і газоподібні домішки. Повна технологічна схема очищення (рис. 3.4) складається з етапів, на яких відбувається видалення кожного виду домішок: 1) видалення твердих та/або рідких (гетерогенних) домішок відбувається послідовно: на першому етапі відділяються крупнодисперсні домішки, на другому етапі відбувається уловлювання тонкодисперсних часток; 2) уловлювання або знешкодження газоподібних (гомогенних) домішок за допомогою відповідних методів.

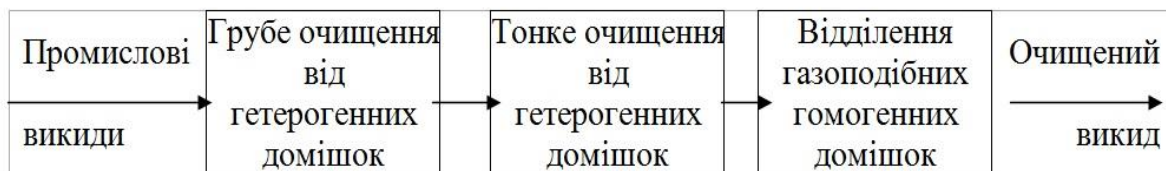


Рисунок 3.4 – Принципова технологічна схема очищення промислових викидів

Існуюча класифікація методів очищення викидів (рис. 3.5) відповідає принциповій технологічній схемі очищення промислових викидів.

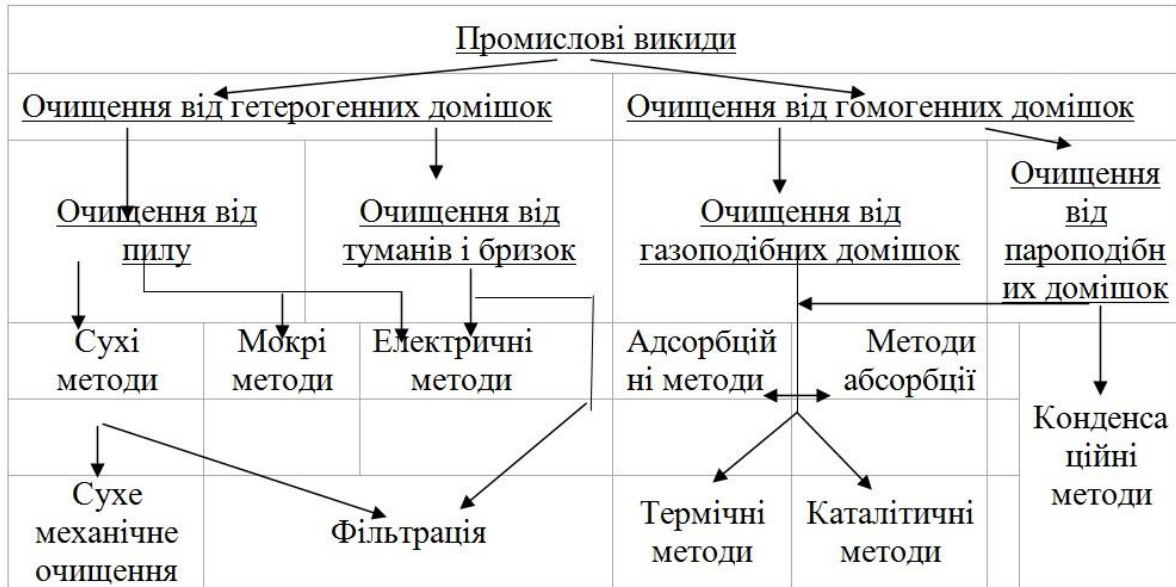


Рисунок 3.5 – Класифікація методів очищення викидів

У складі промислових викидів містяться різноманітні ЗР. Класифікація їх відбувається за хімічним складом (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Класифікація основних забруднювальних речовин по хімічному складу

Основний хімічний елемент	Тип сполук	Приклади
Сірка	неорганічні	туман $H_2SO_4$ , $H_2S$ , $CS_2$ , $SO_2$ , $SO_3$
	органічні	меркаптани ( $R-SH$ ), диметилсульфід ( $(CH_3)_2S$ , диметилдісульфід ( $(CH_3)_2S_2$
Азот	неорганічні	$HNO_3$ , $NH_3$ , $NH_2^-$ , $CN^-$ , $HCN$ , оксиди азоту
	органічні	пероксонітрати ( $-O-O-NO_2$ ) -, аміни (продукти заміщення $H$ в $NH_3$ : первинні, вторинні або третинні; по числу $NH_2$ -груп – моно-, ді, триаміни; диметилформамід ( $(CH_3)_2NCHO$ $CH_3-C-O-O-NO_2$ пероксоацетилнітрат (ПАН) $\parallel$ $O$ $C_6H_5-C-O-O-NO_2$ пероксобензоїлнітрат (ПБН) $\parallel$ $O$

Продовження таблиці 3.4

Основний хімічний елемент	Тип сполук	Приклади
Галогени	неорганічні	$F_2, HF, SiF_4, Cl_2, Br_2$
	органічні	хлоровані вуглеводні (ДДТ $(C_6H_4Cl)_2CH-CCl_3$ ), трихлоретилен, хлорбензол, хлороформ, трифторметан
Вуглець	неорганічні	$CO, CO_2$
	органічні	СмНп, аліфатичні, ароматичні, полігетероциклічні, спирти $R-OH$ , фенол $C_6H_5OH$ , альдегіди $-C=O$ , кислоти $-C(=O)OH$ , кетони $>C=O$

Класифікація твердих ЗР здійснюється за вмістом за вмістом шкідливих компонентів: 1) пил, що містить токсичні компоненти (важкі метали і їх сполуки, токсичні біологічно активні речовини, радіоактивні речовини); 2) пил, що не містить біологічно активних токсичних компонентів:

А. Пил з домінуючим фіброгенним ефектом (фіброз – надмірний розвиток сполучних тканин в організмі): пил, що містить азбест, кам'яновугільний пил, графіт, тальк, слюда, керамічні глини, польовий шпат, каолін, вогнетривкі глини, пил від очищення сталевих відливок, агломераційний пил, пил з різним вмістом  $SiO_2$ .

В. Пил, що не має фіброгенного ефекту, але з яскраво вираженою дратівливою дією: бавовна, льон, прядиво, джут, шерсть, волокна базальту, скловолокна, карбонати лужних металів, обпалений вапняк.

С. Пил без фіброгенного і дратівливого ефектів: буро-вугільний, борошняний, цукровий.

Промислові гази, що містять завислі частинки, є двофазною системою, яка складається з суцільної (дисперсійної) фази – газів, і дисперсної — тверді частинки або крапельки рідини. Дисперсна фаза може складатися з частинок однакової величини (монодисперсна система) або з частинок різної величини (полідисперсна система). Такі двофазні системи називаються аерозолями. Аерозолі, що містять тверді частинки з розмірами більше 10 мкм, називаються грубим пилом, 10-1 мкм – дрібним пилом, менше 1 мкм – димом. Аерозолі з рідкими частинками розмірами менше 1 мкм називаються туманом.

До властивостей твердих домішок, які найбільше впливають на вибір способу їх відділення від викиду відносяться наступні:

1. *Щільність частинок.* Розрізняють істинну, насипну і уявну щільність. Істинна щільність – це відношення маси речовини частинки до займаного цією речовиною об'єму без урахування об'єму пір і газових включень, які можуть бути в частинці. Уявна щільність – це відношення маси частинки до займаного нею об'єму, з урахуванням пір і газових включень. Для гладких частинок і крапель істинна щільність дорівнює уявній. Насипна щільність – це відношення маси свіжонасипаних частинок до займаного ними об'єму з урахуванням повітряних проміжків між частинками. У часі (при злежуванні) насипна щільність зростає в 1,5-2 рази.

2. *Дисперсність частинок.* Розмір частинки є її основним параметром. Частинки промислового пилу мають різну форму, можуть коагулювати і об'єднуватися в агломерати, тому поняття розміру частинок достатньо умовне. Найбільший і якнайменший розміри частинок характеризують діапазон дисперсності даного пилу. Для характеристики дисперсного складу пилу всю його масу розділяють на фракції, обмежені частинками певного розміру з вказівкою, яку частину у відсотках по масі вони складають від загальної кількості пилу. Дисперсний склад пилу зображається у вигляді інтегральних кривих. Більшість промислового пилу підкоряється нормально логарифмічному закону розподілу частинок за розмірами. Дисперсність пилу (табл. 3.5) визначає швидкість і ступінь його уловлювання (табл. 3.6).

Таблиця 3.5 – Класифікація пилу за дисперсністю

Група	Характеристика пилу	Розмір, мкм
I	Дуже крупнодисперсний	$n > 10$
II	Крупнодисперсний (дрібний пісок для будробіт)	$2 < n < 10$
III	Середньодисперсний (наприклад, цементний)	$0,2 < n < 2$
IV	Дрібнодисперсний (зважений атмосферний)	$0,1 < n < 0,2$
V	Дуже дрібнодисперсний	$n < 0,1$

3. *Адгезійні і абразивні властивості.* Адгезійні властивості визначають їх схильність до зклеювання між собою і здатність налипати на поверхні устаткування. Підвищене зклеювання часток може привести до повного або часткового забивання апарату.

Чим менше розмір частинок, тим легше вони прилипають до поверхні апарату. Пил, у якому 60-70 % частинок мають діаметр менше 10 мкм, веде себе як той, що злипається, хоча такий же пил з розміром частинок більше 10 мкм має хорошу сипучість. По зклеюваності пил поділяється на 4 групи:

Таблиця 3.6 – Ступінь уловлювання пилу в різних апаратах

Апарат	Ступінь уловлювання, %, залежно від фракції, мкм		
	50	5	1
Циклон	95	27	8
Скрубер порожнинний з насадкою	99 100	98 98	58 80
Електрофільтр сухий	99	98	86
Скрубер Вентурі			
- середньоенергоємний	99	92	90
- високошвидкісний	100	99	92
Тканинний фільтр	100	99	99

1) що не злипається (шлаковий, глина суха); 2) слабкозклеюваний (коксівний, доменний); 3) середньозклеюваний (торф'яний, сажа, тирса); 4) сильнозклеюваний (цемент, азбест, бавовна). Із зклеюваністю пов'язана інша характеристика пилу – його сипучість.

*Абразивні властивості пилу* характеризують інтенсивність зносу матеріалів при певних швидкостях газів і концентраціях пилу. Ці властивості залежать від твердості, форми, розмірів і щільності частинок. Присутність у пилу значної кількості абразивного матеріалу обумовлює необхідність захисту устаткування шляхом збільшення товщини стінок апаратів або застосування в них спеціальних високостійких до абразивного зносу вставок. Абразивний пил також унеможливує застосування як пилоочисного апарату тканинного фільтру через швидкий знос ворсу на фільтрувальній тканині.

4. *Змочуваність і гігроскопічність*. Змочуваність впливає на ефективність роботи мокрих пиловловлювачів (особливо при роботі з рециркуляцією). Гладкі частинки змочуються краще, ніж частинки з нерівною поверхнею, оскільки останні більшою мірою покриті абсорбованою газовою оболонкою, що утрудняє змочування. По характеру змочування всі тверді тіла діляться на три основні групи: 1) *гідрофільні* – добре змочувані (кварц, вапняк); 2) *гідрофобні* – погано змочувані (графіти, вугілля, сірка); 3) *абсолютно гідрофобні* – парафін, тефлон, бітуми.

*Гігроскопічність частинок* – це здатність пилу вбирати вологу. Гігроскопічність залежить від хімічного складу, розміру, форми і ступеня шорсткості поверхні частинок. Гігроскопічність сприяє уловлюванню пилу в апаратах мокрого типу.

5. *Електропровідність і електрзарядженість*. Електропровідність оцінюється по питомому електроопору шару пилу  $\rho$ , який залежить від властивостей окремих частинок (поверхневої і внутрішньої електропровідності, форми і розмірів частинок), а також від структури



шару і параметрів газового потоку. Електропровідність шару впливає на роботу електрофільтрів.

Залежно від питомого електроопору пил ділять на 3 групи: 1) низькоомний пил –  $\rho < 10^4$  Ом\*см (при осадженні на електроді дуже швидко розряджаються, що може привести до вторинного віднесення); 2) пил з опором  $10^4 - 10^{10}$  Ом\*см (добре уловлюються, оскільки розрядка частинок відбувається не відразу, а протягом часу, необхідного для накопичення шару); 3) пил з опором  $\rho > 10^{10}$  Ом\*см (його уловлювати складно, оскільки він утворює на електроді пористі ізолюючі шари).

*Електрична зарядженість частинок* впливає на ефективність уловлювання, на вибухонебезпечність і адгезійні властивості частинок. Знак заряду залежить від способу їх утворення, хімічного складу, властивостей речовини, з якою вони стикалися.

6. *Здатність до самозагорання і утворення вибухонебезпечних сумішей з повітрям.* Горючий пил внаслідок сильно розвиненої поверхні контакту частинок з киснем повітря здібний до самозагорання і утворення вибухонебезпечних сумішей з повітрям. Здатність до самозаймання має пил з органічних речовин, а також пил металів.

Розмежують нижню і верхню концентраційні межі вибуховості, поза якими суміші не є вибухонебезпечними. Ці межі змінюються залежно від температури і тиску суміші, вмісту інертних речовин.

Класифікація по вибухо- і вогнебезпечності сумішей горючого пилу з повітрям: 1 клас (найбільш вибухонебезпечні) – речовини з нижньою межею вибуховості до  $15 \text{ г/м}^3$  (цукор, торф, ебоніт, сірка, каніфоль, крохмаль); 2 клас (вибухонебезпечні) - речовини з нижньою межею вибуховості від 15 до  $65 \text{ г/м}^3$ ; 3 клас (найбільш вогнебезпечні) складають речовини з температурою самозаймання до  $250^\circ\text{C}$  (тютюнова –  $205^\circ\text{C}$ , елеваторна –  $245^\circ\text{C}$ ); 4 клас (вогнебезпечні) – речовини з температурою самозаймання вище  $250^\circ\text{C}$  (деревна тирса –  $275^\circ\text{C}$ ). Максимальні вибухонебезпечні концентрації зваженого в повітрі пилу  $700-800 \text{ г/м}^3$ . Інтенсивність вибуху залежить від його хімічного складу, термічних властивостей, від розмірів і форми частинок, їх концентрації в повітрі, від вологості і складу газів, відносного вмісту інертного пилу.

#### *Відділення гетерогенних забруднюючих речовин*

Пилоловлювачі застосовують для уловлювання з викидів пилу II, III і IV груп за дисперсністю. V група, як правило, в пиловловлювачах ефективно не уловлюється через високу дисперсність (табл. 3.7).

Для знешкодження гетерогенних домішок викидів – пилу і туманів – використовують сухі, мокрі і електричні методи. Методи очищення промислових викидів від зважених в них частинок об'єднані в 4 основні групи: 1) *сухе механічне очищення*, в їх основі лежать гравітаційні, інерційні, відцентрові механізми осадження або фільтраційні механізми;

2) *фільтрація* – використовує пористі перегородки; 3) *мокра газоочистка*, очищення газових викидів здійснюється шляхом тісної взаємодії між рідиною і запиленим газом на поверхні газових міхурів, крапель або рідкої плівки; 4) *електричне очищення* засноване на іонізації молекул газу електричним розрядом і електризації зважених в газі частинок

Таблиця 3.7 – Класифікація найбільш використовуваних пиловловлювачів

Клас пиловловлювачів	Розмір ефективно уловлюваних частинок, мкм	Ефективність уловлювання, % по групах дисперсності пилу				
		I	II	III	IV	V
I	> 0,3-0,5	-	-	-	99,9-80	<80
II	> 2	-	-	99,9-92	92-45	-
III	> 4	-	99,9-99	99-80	-	-
IV	> 8	> 99,9	99,9-95	-	-	-
V	> 20	> 99	-	-	-	-

*Приклади пиловловлювачів:*

I класу – високонапірні труби Вентурі;

II – середьонапірні труби Вентурі, тканинні фільтри, електрофільтри;

III – тканинні фільтри, мокрі інерційні пиловловлювачі;

IV – високоефективні циклони;

V – пилоосаджувальні камери, циклони великої пропускної спроможності.

При обробці викидів, що містять тверді аерозольні забруднювачі, низьких величин проскоку (1-2 % і менше) можна досягти, як правило, тільки двоступеневим очищенням. Для попереднього очищення можуть бути застосовані жалюзійні решітки та циклонні апарати (іноді для невеликих викидів – пилоосаджувальні камери), а для остаточної – пористі фільтри, електрофільтри або мокрі пилоосаджувачі. Рідкі аерозолі (тумани) можуть бути відділені від викиду за допомогою зміни параметрів стану (охолодження і підвищення тиску) з метою осадження в подальшому з використанням як правило мокрих способів уловлювання в мокрих скрубберах, пористих і електричних фільтрах, в абсорберах. Мокрі способи очищення твердих і рідких аерозолів мають істотний недолік – необхідність відділення уловленого забруднювача від уловлюючої рідини. З цієї причини мокрі способи слід застосовувати лише за відсутності інших методів очищення, віддаючи перевагу способам з мінімальною витратою рідини.

Очищення гомогенних шкідливих компонентів більш складне завдання, тому в промисловості використовуються фізико-хімічні методи очищення газових викидів: абсорбційні, адсорбційні, каталітичні, термічні.

### 3.6.2 Очищення промислових стічних вод

Виробничі СВ утворюються в результаті використання води в різних технологічних процесах. Їх кількість, склад і концентрації ЗР визначаються наступними факторами: видом промислового виробництва та характером технологічного процесу, складом вихідної сировини і продукції, що випускається, складом вихідної свіжої води, режимами технологічних процесів.

До основних санітарно-хімічними показників забруднення СВ відносяться температура; забарвлення, запах, прозорість; реакція середовища; сухий і щільний залишки; завислі речовини; втрати при прожарюванні, зольність твердих домішок; хімічна та біохімічна окислюваність; сполуки азоту та фосфору; сульфати і хлориди, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР); розчинений кисень; токсичні речовини; біологічні забруднення

Зазвичай кількість і якісний склад промислових СВ вкрай непостійні. Це обумовлено ходом технологічних процесів і нерівномірністю у використанні води на виробничі потреби. Мінливість кількості і складу СВ вкрай ускладнює каналізування промислових підприємств і особливо роботу очисних споруд. Так, при різких коливаннях припливу СВ в першу чергу порушується робота відстійників і фільтрів; при коливаннях складу СВ порушується робота нейтралізаційних установок і окислювачів. Тому на практиці в багатьох випадках виявляється необхідним усереднити склад СВ.

Метод очищення і склад очисних споруд вибирають залежно від необхідного ступеня очистки, складу забруднень, пропускної здатності очисної станції, ґрунтових умов і потужності водного об'єкта з відповідним техніко-економічним обґрунтуванням.

Основними класифікаціями методів очищення СВ є такі.

*Класифікація методів очищення води Лапішина М.І.* розглядає метод очищення щодо певного технологічного процесу. Всі методи очищення розбиті на 3 групи: 1 – засновані на видаленні домішок; 2 – засновані на перетворенні домішок; 3 – біохімічні методи.

Методи 1-ї групи видаляють домішки із СВ без зміни їх хімічного стану і підрозділяються на підгрупи: а) *безпосереднє видалення домішок з води* (механічне відділення крупних домішок, проціджування, центрифугування, фільтрування, флотація, мембранні методи); б) *розділення після зміни фазового стану води або домішок* (дегазація, відгонка, випаровування, екстракція, сорбція, коагуляція).

Методи 2-ї групи діляться на підгрупи: а) методи, засновані на утворенні малорозчинних сполук; б) методи, засновані на утворенні малодисоційованих сполук; в) методи, засновані на окислювально-відновних процесах, зокрема електрохімічні процеси.

Класифікація методів очищення води Кульського Л.А., заснована на класифікації домішок СВ за фазово-дисперсним станом (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Класифікація домішок СВ за фазово-дисперсним станом

Група домішок	Розмір частинок, м	Коротка характеристика домішки
Гетерогенні забруднюючі речовини		
I - суспензії	$10^{-3} - 10^{-5}$	Суспензії і емульсії, що обумовлюють каламутність води; мікроорганізми, планктон
II – колоїдні розчини, високомолекулярні сполуки (ВМС), віруси	$10^{-7} - 10^{-8}$	Колоїди і ВМС, що обумовлюють окислюваність і кольоровість води; віруси
Гомогенні забруднюючі речовини		
III – молекулярні розчини	$10^{-9}$	Гази, розчинні у воді; органічні речовини, що додають воді запахи і смаки
IV – іонні розчини	$10^{-10}$	Солі, луги і кислоти, що додають воді мінералізованість, лужність або кислотність

Для видалення домішок використовують різні методи (табл. 3.9), згруповані відповідно до класифікації домішок СВ за фазово-дисперсним станом.

Таблиця 3.9 – Класифікація методів очищення води Кульського Л.А.

Група домішок	Використовувані методи очищення
I - група	Механічне безреагентне розділення (відстоювання, проціджування, центрифугування, фільтрація), флотація, коагуляція.
II - група	Діаліз, ультрафільтрація, окислення, електрофлотація, коагуляція, електрокоагуляція, флокуляція.
III - група	Окислення, екстракція, адсорбція, зворотний осмос, діаліз, ультрафільтрація, біохімічне розкладання.
IV - група	Переведення іонів в малорозчинні сполуки, обробка на іонообмінних смолах, переведення у малодисоціюючі сполуки, електродіаліз.

*Класифікація методів очищення СВ за видами процесів*, на яких вони засновані: механічні (фізичні), фізико-хімічні, хімічні, біохімічні.

В основі *механічних (фізичних) методів* лежить використання інерційних і відцентрових сил, сил тяжіння, тобто суто фізичні сили і процеси: проціджування, відстоювання, фільтрація, центрифугування.

До *фізико-хімічних методів* відносяться методи, що використовують фізико-хімічну взаємодію для видалення домішок з потоку СВ: адсорбція, екстракція, флотація, коагуляція, флокуляція, іонний обмін, мембранні методи.

До *хімічних методів* відносяться нейтралізація СВ, реагентні методи знешкодження, окислення, електрохімічне окислення.

До *біохімічних методів* очищення відносяться аеробний і анаеробний методи знешкодження СВ.

На практиці найбільше поширена остання класифікація.

*Механічне очищення СВ* застосовується, як правило, в якості попереднього, тобто передує іншим методам очищення. Призначення механічного очищення полягає в підготовці виробничих СВ при необхідності до біологічного, фізико - хімічного або іншого методу більш глибокого очищення. Воно сприяє видаленню з СВ нерозчинених і частково колоїдних мінеральних і органічних домішок. Механічне очищення забезпечує виділення зі СВ до 90-95 % зважених речовин і зниження органічних забруднень (по БПК<sub>повн</sub>) на 20-25 %. У ряді випадків механічне очищення є єдиним і достатнім способом для вилучення з виробничих СВ механічних забруднень і підготовки їх до повторного використання в системах оборотного водопостачання.

*Хімічне та фізико-хімічне очищення* зазвичай застосовують для виробничих СВ на локальних каналізаційних очисних спорудах підприємств. Застосування хімічного очищення доцільне (як попереднє) перед біологічним або фізико-хімічним. Хімічна очищення виробничих СВ може також застосовуватися як самостійний метод перед їх подачею в систему оборотного водопостачання, перед спуском у водойму або в міську каналізаційну мережу. Хімічна обробка також застосовується як метод глибокого очищення СВ з метою їх дезінфекції, знебарвлення або вилучення з них різних компонентів. При локальному очищенні виробничих СВ в більшості випадків перевага віддається хімічним методам. Хімічне очищення застосовують у випадках, коли виділення домішок можливо тільки в результаті хімічної реакції між домішкою і реагентом. До основних хімічних способів очищення ставляться нейтралізація, окислення, відновлення, реагентні методи виділення забруднюючих речовин у вигляді малорозчинних і нерозчинних сполук. До окислювальних методів відноситься також електрохімічна обробка.

Реакція нейтралізації – це хімічна реакція між речовинами, що мають властивості кислоти і гідроксиду, яка приводить до втрати характерних

властивостей обох сполук. В результаті такої реакції концентрація  $H^+$  і  $OH^-$  стає рівною  $10^{-7}$ , а  $pH$  такої системи стає рівним 7.

Нейтралізація застосовується для обробки виробничих СВ, що містять кислоти і луги. У більшості кислих СВ містяться солі важких металів, які необхідно виділяти з цих вод. Нейтралізацію здійснюють у таких цілях: 1) для запобігання корозії матеріалів каналізаційних мереж та очисних споруд; 2) щоб уникнути порушення біохімічних процесів в біологічних окислювачах і у водоймах; 3) для осадження із СВ солей важких металів.

Практично нейтральними вважаються суміші з  $pH = 6,5-8,5$ . Отже, піддавати нейтралізації необхідно стічні води з  $pH$  менше 6,5 і більше 8,5; при цьому необхідно враховувати здатність водойми до нейтралізації, а також лужний резерв міських СВ. З умов скидання виробничих СВ у водойму або в міську каналізацію велику небезпеку становлять кислі стоки, які до того ж зустрічаються значно частіше, ніж лужні. Найчастіше СВ забруднені мінеральними кислотами: сірчаною, соляною, азотною, а також їх сумішами.

*Окислювальний метод* заснований на зміні ступеню окислення атомів у молекулі забруднювальної речовини, що призводить до виникнення нових, менш токсичних речовин. Застосовується для знешкодження виробничих СВ, які містять токсичні домішки (ціаніди, феноли), а також для вилучення із СВ речовин, які не можна або недоцільно вилучати іншими методами. Метод застосовується в таких галузях промисловості: 1) машинобудівної (у цехах гальванічних покриттів); 2) гірничодобувної (на збагачувальних фабриках); 3) нафтохімічною (на нафтопереробних і нафтохімічних заводах); 4) целюлозно-паперової та інших. Реагентами (окислювачами) є хлор і його похідні (хлорне вапно, гіпохлорит кальцію і натрію, хлорне вапно, діоксид хлору), озон, технічний кисень і кисень повітря. Хлорування є найбільш поширеним методом знезараження. Хлорування застосовують для видалення із СВ фенолів, ціанідів, сірководню та інших сполук, а також для боротьби з біологічними обростаннями споруд. Озонування застосовується для очищення СВ від фенолів, нафтопродуктів, сірководню, сполук миш'яку, ПАР, ціанідів, барвників, канцерогенних ароматичних вуглеводнів, пестицидів та ін.

*Фізико-хімічні методи* грають істотну роль при обробці виробничих СВ. Фізико-хімічне очищення СВ включає безліч різних способів, які можуть використовуватися як самостійно, так і в поєднанні з механічними, біологічними і хімічними методами очищення. Вони забезпечує видалення як твердих зважених часток, так і розчинених домішок. Найбільше поширеними методами фізико-хімічного очищення СВ від ЗР колоїдного ступеню диспергування є коагуляція та флокуляція. У практиці обробки води терміном «коагуляція» визначають процеси дестабілізації колоїдних

систем, які найчастіше пов'язані з нейтралізацією поверхневого електричного заряду таких домішок, терміном "флокуляція" визначають процеси, що протікають без зміни електричних властивостей частинок з утворенням пластівців, в яких колоїдні частинки зв'язані за рахунок хімічних сил містками з макромолекул флокулянтів. При флокуляції відбувається утворення крупних агрегатів, які швидше, ніж при коагуляції осідають під дією сили тяжіння, при цьому підвищується механічна міцність пластівців до укрупнення (агломерації) нейтральних колоїдних часток. Відповідні реагенти відомі як коагулянти і флокулянти.

### 3.6.3 Біохімічні методи очищення міських стічних вод

Вода – один з найважливіших компонентів системи життєзабезпечення. Людині вода необхідна для задоволення фізіологічних потреб, для господарських потреб, величезна її кількість споживається для потреб сільського господарства і промисловості. Використана вода відводиться назад у водоймище. Так виникає штучний кругообіг води, можливий лише за умови очищення води перед скиданням її у водоймище і відповідної підготовки природної води перед подачею її споживачеві. Таким чином, природні водоймища одночасно служать і джерелами водопостачання, і приймачами СВ. Взаємозв'язок і взаємозалежність окремих ланок штучного кругообігу дозволяє розглядати процеси водопідготовки, очищення СВ і самоочищення природних водоймищ як елементи єдиного інтегрального процесу.

Склад міських СВ визначається нормами водовідведення, системою каналізування населеного пункту (повної чи неповної роздільної, загальносливної, напівроздільної, комбінованої), характером забруднення виробничих СВ та іншими факторами. Таким чином, на міські очисні споруди потрапляє суміш СВ, яка може складатись з виробничих СВ, які підлягають локальному очищенню і відведенню сумісно з господарсько-побутовими стоками, які утворились на території підприємств, господарсько-побутовими стоками, які утворились в житловій частині міст та поверхневого стоку. Атмосферні (зливові) стічні води (поверхневий стік) утворюються в результаті змиву домішок, які накопичуються на території, дощовою, талою та поливальною водою. Відмінною особливістю зливового стоку є його епізодичність і різко виражена нерівномірність по витратах і концентраціях ЗР. Поверхневий стік містить в основному мінеральні ЗР – тверді (завислі) частинки, а також нафтопродукти. Зливові води з територій промислових підприємств можуть містити специфічні домішки, характерні для того чи іншого виробництва. На забрудненість поверхневого стоку впливають багато факторів: рівень благоустрою території, густина населення, інтенсивність руху транспорту. Поверхневий стік з промислових майданчиків має, як

правило, більш складний склад, а концентрація забруднень в ньому вище, ніж у міському стоці. Господарсько-побутові стічні води утворюються в житлової частині міст, а також на території підприємств при експлуатації санвузлів, душових, пралень та їдалень. У складі таких вод розрізняють фекальні, забруднені в основному фізіологічними виділеннями людей, і господарські, забруднені різними господарськими відходами, миючими засобами. Відмінною особливістю господарсько-побутових вод є відносна сталість їх складу і високий ступінь забрудненості. Основну масу забруднень складають органічні речовини рослинного і тваринного походження. Господарсько-побутові стічні води завжди містять велику кількість мікроорганізмів, які є продуктами життєдіяльності людини, серед яких можуть бути і патогенні. Це найбільш небезпечна в епідеміологічному відношенні частина забруднень.

За фізичним станом забруднення міських СВ діляться на нерозчинні домішки, що знаходяться у воді у вигляді великих зважених часток розміром більше 0,1 мм, у вигляді суспензії, емульсії і піни, і на розчинні домішки, що знаходяться у воді у вигляді колоїдних і розчинних частинок. За характером забруднення міських СВ діляться на мінеральні та органічні. Приблизне співвідношення мінеральних і органічних речовин 42:58. Для очищення міських СВ, як правило, застосовують біологічні методи.

Біологічне окислення – процес природний, його характер однаковий як для процесів, що протікають у водоймищі, так і для очисних споруд. Біохімічний метод очищення застосовують для очищення господарсько-побутових (комунальних) і промислових СВ від багатьох розчинених органічних і неорганічних (сірководню, сульфідів, аміаку, нітриту і так далі) сполук. Цей процес заснований на здатності мікроорганізмів використовувати перераховані речовини в процесі живлення.

Ступінь забрудненості СВ органічними речовинами можна оцінити величиною БСК – кількістю кисню, споживаного для біохімічного окислення цих речовин в аеробному процесі за певний інтервал часу. БСК виражають в міліграмах  $O_2/дм^3$ .

БСК – це біохімічна потреба в кисні або кількість кисню, використаного при біохімічних процесах окислення органічних сполук (не включаючи процеси нітрифікації) за певний проміжок часу (5-20 діб). Виражається кількістю кисню в міліграмах на 1 літр СВ (міліграм  $O_2/дм^3$  СВ), або грамах  $O_2/м^3$  СВ, або грамах  $O_2/г$  окислюваної речовини. Наприклад, БСК<sub>5</sub> – біохімічна потреба в кисні за 5 діб при 20°C. Основний показник при розрахунку очисних споруд – БСК<sub>повн</sub> – біохімічна потреба в кисні, що витрачається для повного окислення органічних речовин, що містяться в СВ, мікроорганізмами до початку процесів нітрифікації. БСК не враховує стійкі органічні речовини, що не зачіпаються біохімічним процесом, і частину речовин, що йдуть на приріст бактерій. Тому для повної оцінки кількості органічних речовин в СВ, окрім БСК, визначають



ХСК. ХСК (хімічне споживання кисню) – це кількість кисню, необхідного для перекладу вуглецю органічних сполук в  $CO_2$ , водню – в  $H_2O$ , сірки – в  $SO_2$ , фосфору – в  $P_2O_5$ , азоту – в  $NH_4^+$ , але не враховується кисень, що витрачається на окислення аміаку, оскільки утворення нітриту і нітратів не входить у величину ХСК. ХСК теж виражається в міліграмах  $O_2/дм^3$ , або грамах  $O_2/м^3$  СВ, або грамах  $O_2/г$  речовини. Величину ХСК можна розрахувати за стехіометричними рівняннями. ХСК завжди більше БСК, оскільки при біохімічних процесах не всі речовини мінералізуються, крім того, в навколишнє середовище повертаються продукти життєдіяльності мікроорганізмів. Величина БСК<sub>20</sub> побутових СВ складає приблизно 86 % ХСК.

Для встановлення можливості подачі промислових СВ на біохімічне очищення встановлюють максимальні концентрації токсичних речовин, які не впливають на процеси біохімічного окислення (МК<sub>6</sub>) і на роботу очисних споруд (МК<sub>6,о.с</sub>). За відсутності таких даних можливість біохімічного окислення встановлюють по відношенню БСК<sub>повн</sub> і ХСК. Це відношення, яке характеризує біорозкладність СВ, називають біохімічним показником. Для різних груп СВ його значення коливаються в широких межах (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Значення ХСК, БСК та біохімічного показника для деяких органічних речовин

Компонент СВ	Формула	ХСК, мг/мг	БСК <sub>повн</sub> , мг/мг	БСК/ХСК, %
Молочна кислота	$CH_3CH(OH)COOH$	1,07	0,95	89
Метанол	$CH_3OH$	1,50	1,02	68
Етанол	$C_2H_5OH$	2,09	1,57	75
Пропіоновий альдегід	$CH_3CH_2CHO$	2,21	1,22	55
Бензиловий спирт	$C_6H_5CH_2OH$	2,52	0,78	31

За величиною біохімічного показника СВ підрозділяють на 4 групи:

1 група має біохімічний показник вище 20 %. До цієї групи відносяться СВ харчової промисловості (дріжджових, крохмальних, цукрових, пивоварних заводів), заводів нафтопереробних, синтетичних жирних кислот, БВК і ін. Органічні забруднення цієї групи не є токсичними для мікробів.

2 група має показник 10-20 %, сюди відносять СВ коксування, азотнотукових, коксохімічних, содових заводів. Після механічного очищення ці СВ можуть бути спрямовані на біохімічне очищення.

3 група має показник 0,1-10 %. До неї відносяться, наприклад, СВ процесів хлорування, виробництва мастил і ПАР, сірчаноокислотних заводів, підприємств чорної металургії, важкого машинобудування і ін. Ці

води після механічного, хімічного і фізико-хімічного очищення (локального) можуть бути спрямовані на біохімічне окислення.

4 група має показник нижче 0,1 %. СВ цієї групи містять, в основному, завислі речовини. Для них використовуються механічні методи очищення. До таких вод відносяться СВ вугле- і рудозбагачувальних фабрик і ін.

СВ 1 і 2 груп відносно постійні за складом і характером забруднень. Вони можуть застосовуватись в системах оборотного водопостачання. СВ 3 групи утворюються періодично і відрізняються змінною концентрацією забруднень, стійких до біохімічного окислення. Вони забруднені речовинами, добре розчинними у воді. Ці води непридатні для оборотного водопостачання.

Біохімічне очищення може здійснюватися в аеробних і анаеробних умовах. Аеробні методи застосовують, в основному, для малоконцентрованих субстратів (концентрація по БСК до 500-1000 мг/дм<sup>3</sup>), оскільки в аеробних умовах значна частина забруднень використовується мікроорганізмами в конструктивному метаболізмі, внаслідок чого утворюється біомаса, пропорційна масі знятих забруднень. Концентрація міських СВ по БСК зазвичай не перевищує 200-400 мг/л. Для їх очищення застосовують аеробні методи.

При аеробному очищенні мікроби культивуються в активному мулі (АМ) і біоплівці.

Біохімічне очищення вважають за повне, якщо БСК<sub>повн</sub> очищеної води складає менше 20 мг/дм<sup>3</sup> і неповною при БСК<sub>повн</sub> більше 20 мг/дм<sup>3</sup>. У свою чергу повне біохімічне очищення підрозділяють на дві категорії: 1) з нітрифікацією азоту амонійних солей; 2) без нітрифікації азоту амонійних солей.

У першому випадку поряд з окисленням вихідних вуглецьвмісних сполук передбачається переведення амонійного азоту в нітрит і нітрати, в другому випадку очищення закінчують у той момент, коли фіксується початок процесу окислення амонійного азоту.

Процес нітрифікації відбувається одночасно з окисленням клітинної речовини АМ, тому варіант повного біохімічного очищення з нітрифікацією називають процесом очищення з мінералізацією мулу.

В процесі біохімічного очищення зниження ХСК досягає 50-80 %, азот амонійний в процесі без нітрифікації зменшується не більше ніж на 30 %, а з нітрифікацією – на 80-85 %, концентрація фосфатів знижується на 60-90 %, концентрація хлоридів і сульфатів не міняється.

Біохімічне очищення СВ відбувається в нестерильних умовах, дезинфекція води здійснюється після біохімічного очищення хлоруванням, озонуванням або УФ-опроміненням.

Аеробні процеси біохімічного очищення можуть протікати в природних умовах і в штучних спорудах. У природних умовах очищення

СВ протікає на полях зрошування, полях фільтрації і в біологічних ставках.

*Поля зрошування* – це спеціально підготовлені ділянки ґрунту, що використовуються одночасно для очищення СВ і агрокультурних цілей. Очищення в цих умовах йде під впливом сонця, повітря, під впливом життєдіяльності рослин, а також внаслідок спільної роботи ґрунтової мікрофлори і мікрофауни і мікроорганізмів СВ. Бактерії мінералізують органічні речовини, водорості продукують кисень, найпростіші знищують надлишкові кількості бактерій. Дощові хробаки, личинки комах розпушують ґрунт і сприяють проникненню повітря в замулені ділянки. Крім того, вони переробляють важко розщеплювані органічні речовини (целюлозу, хітин). Землеробські поля зрошування після біохімічного очищення СВ, зволоження, внесення добрив використовуються для вирощування зернових, силосних культур, трав, овочів, а також для посадки чагарників і дерев.

*Поля фільтрації* – не призначені для вирощування сільськогосподарських культур, вони використовуються тільки для очищення СВ, тому на них дається максимально можливе навантаження. В процесі очищення СВ проходять через шар фільтруючого ґрунту, в якому затримуються завислі і колоїдні частинки. Проникаючий з повітря в пори ґрунту кисень окислює органічні речовини, перетворюючи їх на мінеральні сполуки. У глибокі шари проникнення кисню утруднене, тому основне окислення органіки відбувається на глибині до 0,5 м. У зимовий час СВ направляють лише на поля фільтрації.

Біологічні ставки – це трьох-, п'ятиступінчастий каскад ставків, через які з невеликою швидкістю протікає освітлена або заздалегідь очищена вода. Вони призначені для остаточного біохімічного очищення або для доочищення СВ в комплексі з іншими очисними спорудами.

Біохімічне очищення СВ в штучних аеробних умовах проводять у біофільтрах різних конструкцій і аеротенках. У біофільтрах мікроорганізми активного мулу формують біоплівку, в аеротенках знаходяться у вигляді вільно плаваючих пластівців.

Сучасні станції очищення міських СВ вважаються за промислові комплекси, що продукують очищену воду. Комплекс очисних споруд включає чотири основні блоки (на станціях їх називають цехами): механічного очищення, біологічного очищення, знезараження води і обробки осадів.

Принципову схему міської станції очищення СВ наведено на рис. 3.6. У блоці механічного очищення (1) з води вилучаються нерозчинні домішки, при цьому вони розділяються на переважно органічні і переважно неорганічні. Послідовність видалення різних домішок обумовлена ступенем їх дисперсності і питомою масою.

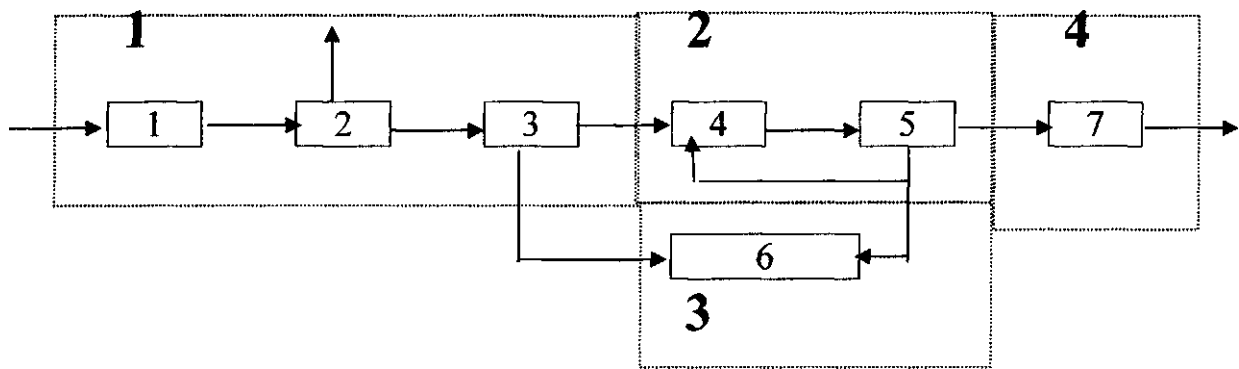


Рисунок 3.6 – Принципова схема міської станції очищення СВ

На першій стадії очищення воду проциджують через ґрати, що затримують крупні домішки – покидьки. Суха речовина покидьків на 93-95 % складається з органічних сполук. На наступній стадії – в пісколовках – вода звільняється від важких мінеральних домішок (пісок), що оберігає подальші споруди від абразивної дії піску. Нарешті, на останній стадії механічного очищення в первинних відстійниках виділяють частину завислих речовин, які в результаті седиментації утворюють осад, зазвичай званий сирим. Осад, як і покидьки, що знімаються з ґрат, містить, в основному, легко загниваючі домішки органічного характеру. Тому сирі осад і покидьки передаються в цех обробки осадів (3) для знешкодження та стабілізації. Органічні забруднюючі речовини, які містяться в СВ у вигляді колоїдів і розчинених речовин, вилучаються на 90-95 % шляхом біохімічної очистки в цеху біохімічного очищення (2) у спеціальних спорудах (аеротенки, біофільтри, метантенки). Останній етап обробки СВ у цеху знезараження (4) – їх дезінфекція (знезараження) хлором, який впливає на бактеріальні організми, які залишилися після біологічного, фізичного та додаткового очищення. Для цього служать такі споруди, як хлоратори, контактні резервуари.

У даний час поширюється анаеробне очищення СВ. Воно має ряд суттєвих недоліків, особливо при обробці концентрованих стоків: високі енерговитрати на аерацію, необхідність обробки і утилізації надлишкового АМ (біомаси мікроорганізмів), що має дуже низьку водовіддаючу спроможність, використання великих площ, великі капітальні і експлуатаційні витрати. Виключити вказані недоліки аеробних технологій може використання технології анаеробного зброджування, яка не вимагає витрат на аерацію і пов'язана з утворенням цінного енергоносія – метану. Крім того, в анаеробних процесах утворюється всього до 0,2 кг активної біомаси на кожен кілограм видаленої БСК, тоді як в аеробних – до 2 кг АМ. Менший приріст біомаси в анаеробному процесі знімає проблему обробки і утилізації надлишкової біомаси.

*Анаероби* (від грецького. *an* – заперечна частка і *аероби*), організми, що здатні жити і розвиватися за відсутності вільного кисню і одержуючі енергію для життєдіяльності розщеплюванням органічних і неорганічних

речовин. Анаероби ділять на облигатні і факультативні.

*Облігатні (обов'язкові, суворі) анаероби* добре розвиваються при повній відсутності кисню, швидко гинуть при зіткненні з повітрям, спори стійкі до кисню. Вони позбавлені ферментних систем, здатних переносити водень на вільний кисень. До облигатних анаеробів відносяться біфідобактерії, що живуть у кишечниках людей і тварин, а також маслянокислі і ін. бактерії, що розвиваються в середовищах, позбавлених кисню (глибокі ділянки рани, дозріваючий сир, мул донних відкладень і ін.). Серед багатоклітинних організмів облигатні анаероби не зустрічаються.

*Факультативні (умовні) анаероби* здатні розвиватися як без кисню, так і в його присутності. До факультативних анаеробів відносяться як мікроорганізми (дріжджі, коки і ін.), так і деякі прості і багатоклітинні тварини – мешканці гниючого мулу (війкові інфузорії, малоцетинкові черв'яки, молюски і ін.). Відношення до кисню у факультативних анаеробів різне: розвиток одних йде краще у відсутності кисню, інших – в його присутності. Це пов'язано з тим, що у багатьох факультативних анаеробів разом з ферментами, здатними переносити водень на різні сполуки (як це має місце у облигатних анаеробів), що легко відновлюються, є і ферменти, що переносять водень на вільний кисень. Анаероби широко поширені в природі (у ґрунті, морській воді – на великих глибинах, в донних відкладеннях і ін.) і грають важливу роль в перетвореннях органічних і неорганічних речовин.

При проведенні біохімічного очищення в анаеробних умовах в системі немає зовнішніх акцепторів електронів, немає молекулярного кисню. Не маючи доступу ні до кисню, ні до інших акцепторів електронів (нітрат, сульфат, сірка і ін.), мікроби вимушені використовувати для цього вуглець СВ, що приводить до утворення найбільш відновленої з вуглецевих сполук, що існують в природі, – метану. Як донор використовується також вуглець органічних речовин з окисненням його до  $CO_2$ , тобто з хімічної точки зору відбувається типова реакція диспропорціонування, при цьому вуглець з твердої або рідкої фази переходить у газоподібну. Біогаз, що отримується в анаеробних умовах, як правило, складається з 70-80 %  $CH_4$ , 20-30 %  $CO_2$ , незначних кількостей  $H_2S$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $NH_3$  і  $CO$ .

### 3.6.4 Сучасні методи поводження з відходами

Державний класифікатор відходів України ДК 005-96: *відходи* – це будь-які речовини і предмети, що утворюються в процесі виробництва і життєдіяльності людини або внаслідок природних або техногенних катастроф, які не мають свого подальшого призначення за місцем утворення і підлягають видаленню або переробці з метою забезпечення

захисту НС і здоров'я людей або з метою повторного їх залучення до господарської діяльності як матеріально-сировинних або енергетичних ресурсів.

*Класифікація відходів* – процес упорядкування даних про відходи, який включає: 1) ідентифікацію відходів відповідно до їх стану, складу і властивостей; 2) співвідношення з певним процесом утворення і видом економічної діяльності; 3) віднесення до будь-яких інших систем групування, що діють, або переліків (забруднень, вторинних ресурсів, токсикантів тощо), категорій речовин, матеріалів і інших об'єктів; 4) віднесення до певних видів переробки, утилізації і видалення відходів.

Як видно з визначення, залежно від цілей, за якими створюється класифікатор, класифікацій відходів, може бути досить багато.

Наприклад, *виробничі відходи* – це різноманітні за складом і фізико-хімічними властивостями залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, що утворилися при виробництві продукції або виконанні робіт, що характеризуються потенційною споживчою цінністю (придатністю для корисного використання) і що є за своєю природою вторинними матеріальними ресурсами, використання яких у матеріальному виробництві вимагає певних додаткових операцій з метою надання їм необхідних властивостей або чіткої фіксації цих властивостей.

Відходи певної продукції – це залишки сировини та/або виникаючі у ході технологічних процесів речовини і енергії, що не піддаються утилізації. Частина відходів, яка може бути використана в тому ж виробництві, називається зворотними відходами. Сюди входять залишки сировини та інших видів матеріальних ресурсів, які утворилися в процесі виробництва товарів (виконання робіт, надання послуг). Через часткової втрати деяких споживчих властивостей зворотні відходи можуть використовуватися в умовах зі зниженими вимогами до продукту, або з підвищеною витратою, іноді вони не використовуються за прямим призначенням, а лише в підсобному виробництві (наприклад, автомобільні відпрацьовані масла – для змащення невідповідальних вузлів техніки). При цьому залишки сировини та ін матеріальних цінностей, які передаються в інші підрозділи в якості повноцінної сировини, у відповідності з технологічним процесом, а також попутна продукція, що отримується в результаті здійснення технологічного процесу, до зворотних відходів не належать. Відходи, які в рамках даного виробництва не можуть бути використані, але можуть застосовуватися в інших виробництвах, є вторинною сировиною. Відходи, які на даному етапі економічного розвитку переробляти недоцільно, утворюють безповоротні втрати, їх знешкоджують в разі небезпеки та захоронюють на спецполігонах.

Для виробничих відходів виділяють декілька груп відходів за ступенем впливу на людину: 1) *небезпечні відходи* – фізичні, хімічні або біологічні характеристики яких можуть створити або створюють значну

небезпеку для НС і здоров'я людини, у зв'язку з чим виникає необхідність у спеціальних методах і способах поводження з ними; 2) *токсичні відходи* – різновид небезпечних відходів, які при проникненні всередину організму через органи дихання, травлення або шкіру справляють отруйливий вплив, можуть спричинити затяжні або хронічні захворювання, включаючи захворювання раком; 3) *радіоактивні відходи*.

*Тверді побутові відходи (ТПВ)* є специфічною формою речовинної субстанції, що утворюється у сфері споживання людиною матеріальних благ, тобто це гетерогенна суміш складного морфологічного складу, яка включає чорні і кольорові метали, папір і текстильні компоненти, скло, пластмаси, що відрізняються за хімічним складом та призначенням, харчові і рослинні залишки, каміння, кістки, гуму та ін. Відмітними особливостями ТПВ від інших субстанціональних відходів (енергетичних, речовинних, інформаційних, інтелектуальних) є: 1) локалізоване просторове розташування; 2) генетично властива їм хімічна неоднорідність.

До відходів підприємств невиробничої сфери належать відходи, які утворюються на підприємствах торгівлі, підприємствах громадського харчування, ринках, дитячих та навчальних закладах, організаціях культурної сфери, у готелях, пансіонатах, медичних закладах (за винятком відходів небезпечних у санітарному відношенні), а також в адміністративних і громадських закладах, інститутах, офісах, банках, на пошті, тощо. До ТПВ невиробничої сфери належать також відходи, які утворюються на промислових підприємствах, в тому випадку, коли їх збирають в окремі контейнери і не змішують з виробничими відходами.

Утилізація ТПВ у більшості випадків приводить до необхідності їх розділення на компоненти (у процесах очищення, збагачення, вилучення цінних складових) з подальшою переробкою сепарованих матеріалів різними методами, або надання їм певного вигляду, що забезпечує саму можливість утилізації відходів як ВМР. Сукупність найпоширеніших методів підготовки і переробки ТПВ представлена на схемі (рис. 3.7).

Підготовлені таким чином промислові відходи та їх компоненти переходять до стану вторинних матеріальних або енергетичних ресурсів. Решта їх повинна бути іміобілізована на відповідних полігонах.

Основні методи поводження з ТПВ за кінцевою метою можна умовно розділити на три групи: 1) *ліквідаційні* (вирішують в основному санітарно-гігієнічні завдання); 2) *утилізаційні* (вирішують завдання економічні – використання вторинних ресурсів); 3) *змішані*. За технологічним принципом методи поводження з ТПВ розділяють на: *механічні, термічні, біологічні, змішані*. Основними факторами, які обумовлюють вибір методів перероблення ТПВ, можуть бути: склад, властивості, кількість ТПВ, методи їх збирання; місцеві умови – наявність місцевих підприємств, які можуть переробляти окремі компоненти ТПВ;

можливість використання корисних властивостей компонентів ТПВ; капітальні та інші початкові витрати на впровадження та перероблення ТПВ; експлуатаційні витрати на перероблення ТПВ з урахуванням повернених сум вартості продуктів перероблення.



Рисунок 3.7 – Методи підготовки та переробки твердих відходів

Найбільшого поширення в Україні отримали наступні технології: складування ТПВ на полігонах або звалищах (ліквідаційний біолого-механічний); спалювання ТПВ (ліквідаційний термічний).

*Складування ТПВ на полігонах або звалищах.* Переважна маса ТПВ поки складається на смітєвих звалищах, стихійних або спеціально організованих у вигляді «смітєвих полігонів». Це найменш ефективний спосіб поводження з ТПВ, так як смітєві звалища, які займають величезні території часто родючих земель (для складування 1 т сміття необхідна площа в 3 м<sup>2</sup>). Переважна більшість звалищ (від 80 до 90 %) працюють у режимі перевантаження, з давно порушеними проектними показниками щодо обсягів надходження відходів.

Полігони та особливо звалища ТПВ є потужними джерелами забруднення всього НС – атмосфери, гідросфери, ґрунтів. Полігон ТПВ є в деякому розумінні «біохімічним реактором» – у його товщі відбувається утворення значної кількості токсичних фільтратів і газів (а деякі гази ще і вибухонебезпечні), виплід мух, розвиток хвороботворних мікроорганізмів



(дизентерія, гепатит, туберкульоз, навіть тиф); звалища ТПВ приваблюють до себе дрібних гризунів та птахів. Звалища (особливо стихійні) здатні до утворення галогенопохідних, при цьому в атмосферу виділяється велика кількість шкідливих газів, здатних до самозагоряння, діоксинів, *HCl* (адже в ТПВ міститься до 10 % пластмас, в тому числі хлорованих полімерів) та ін. Через різноманіття відходів, що надходять на звалища та полігони, оцінити хімічний склад відходів досить складно. Крім того, на полігони ТПВ надходять різноманітні промислові відходи, оскільки нормативними документами допускається їх складування на полігонах ТПВ в кількості, що не перевищує 30 % їх загального об'єму.

*Спалювання ТПВ* – ще недавно вважалося перспективним методом знищення ТПВ. В даний час рівень спалювання побутових відходів в окремих країнах різний. За зарубіжними даними, спалювання сміття доцільно застосовувати в містах з населенням не менше 15 тис. жителів при продуктивності печі близько 100 т/д. З кожної тонни відходів можна виробити близько 300-400 кВт-год електроенергії. Вартість спалювання ТПВ на сміттеспалювальних заводах продуктивністю 180-1450 т/д складає в середньому 18 \$/т, найбільш рентабельна технологічна схема продуктивністю 100 тис. т/рік (300 т/д), розрахована на місто з населенням 300 тис. чол.

*Переваги методу спалювання:* 1) зменшення обсягу відходів приблизно в 10 разів; 2) стерилізація залишків дією високих температур; 3) зниження собівартості за рахунок процесу рекуперації утворюваного тепла. При спалюванні відходів утворюються димові гази, зола, шлак і виробляється теплова енергія у вигляді пари. Димові гази після очистки в електрофільтрі викидаються через димову трубу (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Вміст токсичних домішок в очищених електрофільтрами димових газах ССЗ

Компонент	Вміст, мг/м <sup>3</sup>
Летюча зола (нетоксичний пил)	120-220
<i>SO<sub>2</sub></i>	30-180
<i>NO<sub>2</sub></i>	10 -160
<i>CO</i>	140-250
<i>HCl</i>	10-210
<i>HF</i>	0,07-3,0
Формальдегід	0,0007-0,001
Хлорорганічні сполуки	100 -120
Складні ефіри (бутилацетат)	1,9-6,4
Сума карбонових кислот	25-49
Спирти (бутиловий спирт)	11,3-24,8
Ацетон	0,87-1,85
Смолисті сполуки	5-0

Сміттєспалювання забезпечує мінімальний вміст у шлаку і золи речовин, що розкладаються, проте воно є джерелом викидів в атмосферу. Дослідження викидів, що надходять в атмосферу від сміттєспалювальних заводів та установок показали, що склад газової суміші становить серйозну загрозу для здоров'я населення та НС (табл. 3.12).

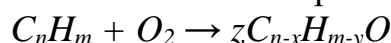
Таблиця 3.12 – Деякі складові газів, що відходять від СЗЗ при спалюванні несортованих ТПВ

1,4-Діхлорбензол	19	Нафталін	37	Пентахлорнітробензол
Піридин	20	2,6-Діхлорфенол	38	Пронамід
Нітрозодиметіланіл	21	Гексахлорбутадиєн	39	Фенантрин
2-Піколін	22	1,2,4,5-Тетрахлорбензол	40	Антрацен
Метилметансульфонат	23	Аценафтен	41	Ді-п-бутилфталін
2-Фторфенол	24	Аценафтилен	42	Хлоропрен
Етилметилсульфонат	25	3-Нітроанілін	43	Хризен
Фенол-d5	26	Пентахлорбензол	44	Пірен
Фенол	27	Флуорен	45	Терфініл
Анілін	28	Діетилфталат	46	Бутилфенілфталат
2-Хлорофенол	29	Діфеніламін	47	Бензо(а)антрацен
1,3-Діхлорбензол	30	2,4-Дінітрофтолуол	48	Ді-п-октилфталат
1,4-Діхлорбензол	31	Діфеніламін	49	Бензо(б)флорантрен
Бензоловий спирт	32	Діфенілгідрозин	50	3-Метилхолантрен
Ацетофенон	33	Фенантрин-d10	51	Гексахлорбензол
Гексахлоретан	34	2,4,6-Трибромфенол	52	4-Амінобіфеніл
Нітробензол-d5	35	Фенатрен	53	Пентахлорфенол
Нафталін-d8	36	2-Нітрофенол	54	Ізофорон

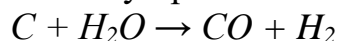
Таким чином, в процесі спалювання, особливо при поступовому нагріванні, сміттєспалювальні агрегати перетворюються на «генератори» стійких органічних забруднювальних речовин, зокрема діоксинів та СПАР – як у процесі згоряння, так і в процесі охолодження газів.

Наближений процес утворення стійких органічних сполук виглядає таким чином:

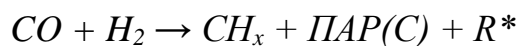
а) на початковій фазі – окислювальний піроліз складних полімерів:



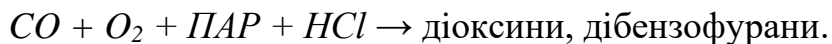
б) утворення сажі та синтез-газу при більш високій температурі:



в) синтез нових органічних сполук та радикалів, їх сорбція на поверхні часток аерозолів сажі:



г) синтез стійких органічних сполук, сорбція продуктів на поверхні сажі:



*Недоліки сміттєспалювання:* 1) знищення цінних компонентів; 2) високий вихід золи і шлаків (близько 30% за масою); 3) високий ступінь вторинного забруднення НС – при спалюванні 1 т ТПВ утворюється в середньому 300 кг шлаку, 30 кг летючої золи і 6 тис. м<sup>3</sup> димових газів, що містять: хлористого водню – 780 мг/м<sup>3</sup>, фтористого водню – 8 мг/м<sup>3</sup>, діоксиду сірки – 660 мг/м<sup>3</sup>, оксидів азоту – 260 мг/м<sup>3</sup>, оксиду вуглецю – 400 мг/м<sup>3</sup>, вуглеводнів – 300 мг/м<sup>3</sup> (в т.ч. токсичних поліциклічних ароматичних вуглеводнів, діоксинів, дібензофуранів).

Важкі метали осідають на частинках летючої золи. Їх середній вміст (мг/м<sup>3</sup>): алюміній – 12,05; мідь – 0,185; цинк – 3,08; свинець – 1,76; кадмій – 0,071; олово – 0,167; хром – 0,044; ртуть – 0,001.

Утворений твердий залишок відрізняється за властивостями від шлаків ТЕС високим вмістом свинцю в рухливій формі.

Встановлено, що вміст кадмію, свинцю, цинку та олова в кіптяві і пилу, що виділяються при спалюванні твердих горючих відходів, змінюється пропорційно вмісту в смітті пластмасових відходів. Викиди ртуті обумовлені присутністю у відходах термометрів, сухих гальванічних елементів і люмінесцентних ламп. Найбільша кількість кадмію міститься в синтетичних матеріалах, а також у склі, шкірі, гумі. Дослідженнями в США виявлено, що при прямому спалюванні ТПВ велика частина сурми, кобальту, ртуті, нікелю та деяких інших металів надходить у газову суміш з негорючих компонентів, тобто видалення негорючої фракції з побутових відходів знижує концентрацію в атмосфері цих металів. Джерелами забруднення атмосфери кадмієм, хромом, свинцем, марганцем, оловом, цинком є в однаковій мірі як горюча, так і негорюча фракції ТПВ. Суттєве зменшення забруднення атмосферного повітря кадмієм і міддю можливо за рахунок відділення з горючою фракцією полімерних матеріалів.

Тому останнім часом відмовилися від експлуатації сміттєспалювальних заводів.

*Сортування ТПВ.* Під час сортування ТПВ рекомендується проводити механічний розподіл відходів за їх фізико-хімічними властивостями, технічними складовими, товарними показниками тощо з метою підготовки ТПВ для їх перероблення, утилізації чи захоронення. Сортування доцільно здійснювати на сортувальних комплексах із подальшим переробленням. На рис. 3.8 наведена принципова схема переробки ТПВ з утилізацією цінних компонентів.

Сортування відходів здійснюється на сміттєсортувальних підприємствах (ССП). ССП – промислові підприємства, що обробляють

тверді відходи виробництва та споживання (як змішані, так і зібрані окремо), з метою отримання корисних і цінних матеріалів для продажу, або подальшої обробки або переробки. Залежно від структури і ступеня механізації підприємства виділяють ручне, механізоване та напівавтоматичне сортування. Механізоване сортування здійснюється з використанням системи конвеєрів, брикетувальних пресів, дробарок, сепараторів чорних і кольорових металів, аеросепараторів.

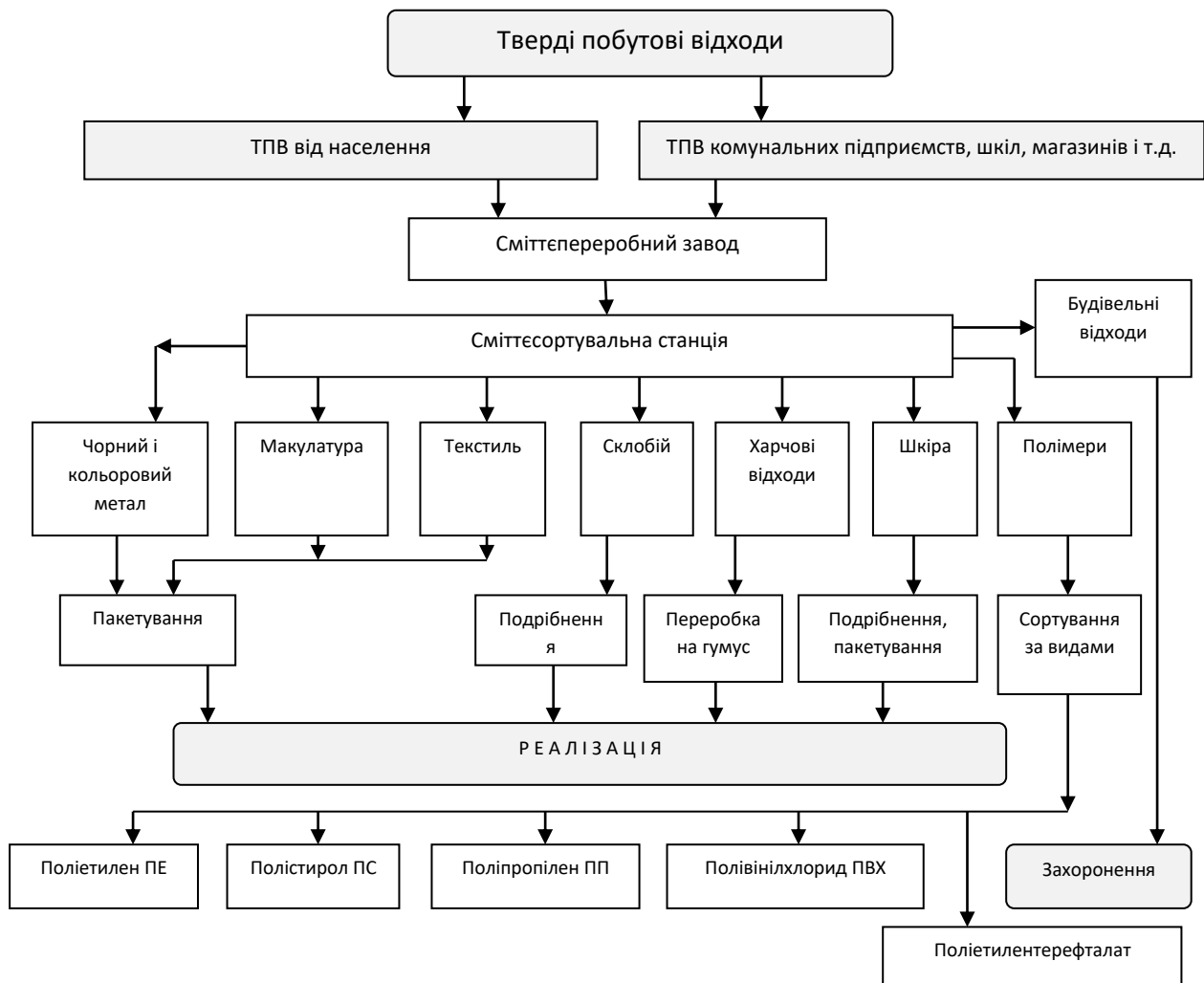


Рисунок 3.8 – Принципова схема переробки ТПВ з утилізацією цінних компонентів

*Брикетування ТПВ.* Брикетування ТПВ рекомендується здійснювати на спеціальних пресах з питомим тиском не менше 20 кг/см<sup>2</sup>. Брикетуванню підлягають компоненти ТПВ, отримані або при роздільному зборі відходів, або в результаті сортування загального потоку відходів на сміттєсортувальних лініях. Ущільнення сприяє зменшенню займаного об'єму в 5-6 разів і приводить до економії місця при зберіганні і транспортуванні для подальшої переробки.

*Піроліз та газифікація ТПВ.* Піроліз та газифікація ТПВ – методи

термічної переробки, альтернатива традиційному спалюванню. Обидва ці методи використовують, щоб термічно розкласти відходи та отримати гази з високою теплотворністю, які потім можна спалити, щоб отримати енергію.

*Піроліз* – спосіб нагрівання органічних речовин до відносно високих температур без доступу повітря, який супроводжується розкладанням високомолекулярних сполук на низькомолекулярні (рідку і газоподібну фракції), коксуванням і смолоутворенням. В результаті процесу пролізу утворюються газоподібні продукти – пар і паливний горючий газ, які можна розділити і використовувати в самому процесі термічної обробки ТПВ або поза ним. При цьому викид газоподібних продуктів в атмосферу різко знижується. При піролізі утворюються продукти, які можуть знайти застосування в господарській діяльності: газоподібне паливо (~ 30-40 %), твердий вуглецевий залишок (30-40 %) і смола (20-30 %). В якості побічного продукту утворюється підсмольна вода. Твердий вуглецевий залишок (пірокарбон), в якому вміст вуглецю складає 30-40 %, використовується як заміник низькосортних графітів, заповнювач в асфальтобетонних сумішах, низькосортне паливо, сорбент. Смола використовується як паливо, складова асфальтобетонних сумішей, сировина для добування хімічних сполук. Підсмольна вода використовується як антисептичний засіб, зокрема для просочення шпал.

Залежно від температури реалізації розрізняють *три види піролізу*: 1) *низькотемпературний*, або напівкоксування (макс. 450-550 °C), для якого характерний мінімальний вихід газів, максимальна кількість смол та твердих залишків; 2) *середньотемпературний*, або середньотемпературне коксування (до 800 °C), яке характеризується помірним виходом газу із зменшеною кількістю смол і масла; 3) *високотемпературний*, або коксування (900-1050 °C), для якого характерний максимальний вихід газів та мінімальна кількість смол.

З підвищенням температури знижується вихід рідких і збільшується – газоподібних продуктів. Тому низькотемпературний піроліз зазвичай проводять для отримання первинної піролізної смоли і твердого залишку. Основне завдання високотемпературного піролізу – отримання високоякісного пального газу.

Процес піролізу є енергозатратним процесом і піролізний газ, що складається від 80 % до 98 % з  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  з нижчою теплотою згоряння 5,4-6,3 МДж/м<sup>3</sup>, який виробляється при протіканні процесу, повністю витрачається на підтримання необхідної температури. При цьому утворюється до 200 кг/т шлаку.

Позитивні сторони процесу піролізу полягають у тому, що парниковий ефект емісії істотно зменшений, тому що процес відбувається без кисню. Крім того, менш леткі важкі метали залишаються у коксі, а більш леткі уловлюються в очисних установках і обробляються як

небезпечні матеріали. Обсяг енергії, яка повертається, – приблизно 200-400 кВт·год на тонну відходів.

Для успішного ходу процесу піролізу потрібно забезпечити певні і незмінні параметри дії процесу, такі як температура і тиск, а також гомогенність матеріалів у використовуваній сировині. Під час процесу важко зберігати співвідношення одержуваних продуктів (гази, смола і кокс). Піроліз не вважається енергоефективним методом, так як багато енергії витрачається на проведення процесу.

Процес газифікації – це термохімічне розкладання органічної речовини на газоподібні продукти при неповному окисленні.

Сутність газифікації полягає в обробці речовин, що містять вуглець, при температурі 600-1100 °С водяною парою, киснем (повітрям) або діоксидом вуглецю. У результаті відповідно парової, кисневої, вуглекислотної або комбінованої конверсії вугілля утворюється суміш новостворених (водень, оксид вуглецю) і вихідних газів. Ця суміш (генераторний газ, синтез-газ), що включає продукт неповного окислення вугілля (оксид вуглецю), а також водень, має відновний потенціал і використовується як газоподібне паливо. Синтез-газ може містити туман рідких смолянистих речовин, однак його відновний потенціал практично виключає наявність в ньому оксидів сірки та азоту.

Генераторний газ, отриманий при газифікації на повітряному або паро-повітряному дутті, внаслідок значного вмісту азоту має низьку (3,5-6 МДж/м<sup>3</sup>) теплоту згоряння. Він зазвичай використовується за місцем отримання в низькотемпературних технологічних процесах.

Газ паро-кисневої конверсії більш калорійний (до 16 МДж/м<sup>3</sup>), тому може застосовуватися як технологічне паливо для високотемпературних печей і транспортується на значні відстані від газогенераторної станції. Він є також цінною хімічною сировиною (вміст  $H_2$  і  $CO$  доходить до 70 %).

Розрізняють пряму і зворотну газифікацію.

При прямому способі газифікації дуття подається знизу через отвори колосникових ґрат, а одержуваний генераторний газ забирається зверху, вимушено проходячи через весь шар газифікованої органічної речовини, несучи з собою велику кількість твердих механічних частинок і смол, які виходять при термічному розкладанні органічної речовини. Тобто генераторний газ при прямому процесі за своєю забрудненістю і неможливістю очищення до вимог що пред'являються до чистоти газу, який працює в двигунах внутрішнього згоряння, не може застосовуватися в газопоршневих електростанціях. Такий газ без попереднього остидження, може застосовуватися тільки в пароводогрійних котлах.

У зворотному процесі газифікації дуття подається в зону горіння, відбір генераторного газу йде знизу, при цьому смоли розкладаються на горючі газові складові. Отриманий генераторний газ при зворотному процесі газифікації набагато чистіше, ніж газ, отримуваний при прямому

процесі, він не містить механічних домішок і смол і, в результаті, може застосовуватися у вигляді палива на електростанціях.

Газифікація відходів вигідніша, ніж піроліз, бо створює тільки газоподібні продукти і дає більше енергії – 500-600 кВт·год/т відходів.

*Компостування.* Термін «компостування» стосовно ТПВ не зовсім вдалий: по суті, мова йде про ферментацію, про стабілізацію органічних компонентів; стабілізований органічний продукт може бути використаний не тільки в сільському господарстві (як компост), але і в інших напрямках - для виробництва етанолу, для енергетичного застосування та ін. У різних країнах з отриманням компосту переробляється не більше 5 % ТПВ. Слід зазначити, що через гетерогенний склад відходів пряме компостування ТПВ недоцільно, оскільки отримуваний компост забруднюється склом і важкими металами (останні містяться в небезпечних побутових відходах – відпрацьованих гальванічних елементах, люмінесцентних лампах та ін.)

*Вермікомпостування* – метод аеробного компостування з використанням дощових хробаків та інших безхребетних. Активна переробка органічного матеріалу хробаками, які пропускають його через травний тракт, забезпечує отримання сильно гумованої маси - так званого біогумусу – з високим вмістом біогенних елементів в легкодоступній формі. Під впливом хробаків процес компостування проходить у 3 рази швидше. Компост характеризується великою однорідністю і є розсипчастим. Пропускаючи через свій кишечник землю і рослинні залишки, хробаки збагачують ґрунт.

### **3.7 Екологічне проектування та впровадження природоохоронних технологій**

*У загальному сенсі інвестиційний природоохоронний проект – будь-який проект будівництва нового, реконструкції, технічного переозброєння та ін. господарського об'єкту або комплексу, реалізація якого сприятиме поліпшенню стану довкілля, раціональному використанню природних ресурсів, ресурсо- і енергозбереженню.*

Власне природоохоронні проекти орієнтовані на створення спеціалізованих природоохоронних потужностей (очисних споруд і установок різного типу, устаткування для ліквідації і знешкодження відходів, запобігання освіті або зменшенню кількості відходів і так далі), модернізацію, впровадження нових технологій уловлювання шкідливих речовин.

*Екологічний ефект* формується за рахунок зниження навантаження на повітря і водний басейни, скорочення площ, зайнятих відходами, зменшення забруднення земель, зниження і ліквідації інших шкідливих дій (шум, радіація, електромагнітні випромінювання та ін.).

Специфіка цієї групи проектів – їх витратний характер. Вони орієнтовані на бюджетні фінансові кошти, засоби екологічних фондів, гранти, засоби міжнародної технічної допомоги. Фінансові кошти для цих проектів можуть бути надані на безвідплатній або поворотній основі. Позики можуть бути надані тим підприємствам, які забезпечують зворотність засобів за рахунок основного виробництва.

#### Перелік основних прородоохонних заходів

##### *1. Охорона і раціональне використання водних ресурсів*

1.1. Будівництво головних і локальних очисних споруд для СВ підприємств з системою їх транспортування.

1.2. Впровадження систем оборотного і безстічного водопостачання усіх видів.

1.3. Здійснення заходів для повторного використання скидних і дренажних вод, поліпшення їх якості, що не викликають побічної негативної дії на інші природні середовища і об'єкти : акумулюючі місткості, відстійники, споруди і пристрої для аерації вод, біологічні інженерні очисні споруди, біологічні канали, екрани.

1.4. Будівництво дослідних установок і цехів, пов'язаних з розробкою методів очищення стічних вод і переробкою рідких відходів і кубів із залишків.

1.5. Реконструкція або ліквідація накопичувачів відходів.

1.6. Створення і впровадження автоматичної системи контролю за складом і об'ємом скидання стічних вод.

##### *2. Охорона повітряного басейну*

2.1. Установка газопиловловлюючих пристроїв, призначених для уловлювання і знешкодження шкідливих речовин з газів, що відходять від технологічних агрегатів і з вентиляційного повітря перед викидом в атмосферу.

2.2. Будівництво дослідно-промислових установок і цехів по розробці методів очищення газів, що відходять, від шкідливих викидів в атмосферу.

2.3. Оснащення двигунів внутрішнього згорання нейтралізаторами для знешкодження газів, що відпрацювали, створення станцій (служб) регулювання двигунів автомобілів з метою зниження токсичності газів, що відпрацювали, систем зниження токсичності газів, що відпрацювали, створення і впровадження присадок до палив, знижуючу токсичність і дымність газів та ін., що відпрацювали

2.4. Створення автоматичних систем контролю за забрудненням атмосферного повітря, оснащення стаціонарних джерел викиду шкідливих речовин в повітряний басейн приладами контролю, будівництво, придбання і оснащення лабораторій по контролю за забрудненням атмосферного повітря.



2.5. Установка пристроїв по дожигу і інших методах доочистки хвостових газів перед безпосереднім викидом в атмосферу.

2.6. Оснащення установками для утилізації речовин з газів, що відходять.

2.7. Придбання, виготовлення і заміна паливної апаратури при перекладі на спалювання інших видів палива або поліпшення режимів спалювання палива.

### *3. Використання відходів виробництва і споживання*

3.1. Будівництво сміттєпереробних і сміттєспалювальних заводів, а також полігонів для складування побутових і промислових відходів.

3.2. Придбання і впровадження установок, устаткування і машин для переробки, збору і транспортування побутових відходів з території міст і інших населених пунктів.

3.3. Будівництво установок, виробництв, цехів для отримання сировини або готової продукції з відходів виробництва.

### *4. Екологічна просвіта, підготовка кадрів*

4.1. Робота по екологічному утворенню кадрів.

### *5. Науково-дослідні роботи*

5.1. Розробка експрес-методів визначення шкідливих домішок в повітрі, воді, ґрунту.

5.2. Розробка нетрадиційних методів і високоефективних систем і установок для очищення газів промислових підприємств, що відходять, утилізації відходів.

5.3. Розробка технологічних процесів, устаткування, приладів і реагентів, що забезпечують глибоку переробку сировини з утилізацією відходів, що утворюються.

5.4. Вдосконалення методів знешкодження твердих побутових відходів з метою запобігання попаданню в природні середовища важких металів і ксенобіотиків.

5.5. Проектно-дослідницькі і дослідно-конструкторські роботи із створення природоохоронного устаткування, установок, споруд, підприємств і об'єктів, прогресивної природоохоронної технології методів і засобів захисту природних об'єктів від негативного впливу.

## **3.8 Норми, методи контролю та ефективності природоохоронних технологій**

До природоохоронних заходів відносяться усі види господарської діяльності, спрямовані на зниження або ліквідацію негативної антропогенного впливу на НПС, збереження, поліпшення і раціональне використання природно-ресурсного потенціалу. Таких заходів належить, наприклад, будівництво і експлуатація очисних споруд і пристроїв; розвиток маловідходних і безвідходних технологічних процесів і

виробництв; розміщення підприємств і систем транспортних потоків з урахуванням екологічних вимог; проведення робіт по рекультивації земель, боротьбі з ерозією ґрунтів, охороні і відтворенню флори і фауни, охороні надр і раціональному використанню мінеральних ресурсів і ін.

Природоохоронні заходи повинні забезпечувати: 1) дотримання нормативних вимог до якості довкілля, що відповідають інтересам охорони здоров'я людей і охорони довкілля з урахуванням перспективних змін, обумовлених розвитком виробництва і демографічними зрушеннями; 2) отримання максимального економічного ефекту від поліпшення стану довкілля, збереження і раціональнішого використання природних ресурсів.

Ефективність природоохоронних заходів на різних рівнях оцінюють за допомогою екологічних, соціальних і економічних показників-результатів.

Екологічний результат полягає в зниженні негативного впливу на довкілля і поліпшенні його стану, скорочення обсягів забруднення, що надходять у НПС і рівня його забруднення (концентрації шкідливих речовин у водоймах, атмосфері, рівень шуму, радіації і тощо), а також у збільшенні кількості і поліпшенні якості придатних до використання земельних, лісових, водних ресурсів і атмосферного повітря.

Соціальний результат полягає в поліпшенні умов життя населення, підвищенні ефективності громадського виробництва, збільшенні національного багатства країни. Соціальні результати виражаються в поліпшенні фізичного здоров'я населення, скорочення захворюваності, збільшенні тривалості життя і періоду активної діяльності, поліпшенні умов праці і відпочинку; підтримці екологічної рівноваги, включаючи збереження генетичного фонду; збереженні естетичної цінності природних ландшафтів, пам'яток природи, заповідних зон і інших територій, що охороняються; створенні сприятливих умов для росту творчого потенціалу особи, розвитку культури і морального вдосконалення людини. Можлива лише неповна оцінка соціальних результатів в грошовій формі. Наприклад, можна визначити приріст валового продукту і національного доходу в результаті збільшення періоду активної діяльності населення, але не можна в грошовій формі визначити соціальні результати підтримки екологічної рівноваги, морального вдосконалення людини і тому подібне. Соціальний результат, який можна виразити в грошовій формі, називається соціально-економічним.

Економічний результат виражається в грошовій формі і полягає в зниженні або запобіганні втратам природних ресурсів, живої і громадської праці, у виробничій і невиробничій сферах і у сфері особистого споживання.

При економічному обґрунтуванні природоохоронних заходів економічні результати зіставляються з витратами на їх здійснення. За необхідності, враховується чинник часу. Тому показники економічної

ефективності природоохоронних заходів для довгострокових і короткострокових проектів розрізняються.

При аналізі короткострокового природоохоронного заходу розглядаються такі показники:

1. Показник економічної ефективності,  $E$

$$E = \frac{P}{Z}, \quad (3.1)$$

$P$  – економічний результат від впровадження природоохоронного заходу, грн;

$Z$  – витрати на проведення природоохоронного заходу, грн.

$$P = \Delta Y + \Delta D, \quad (3.2)$$

де  $\Delta Y$  – величина відверненого економічного збитку від забруднення НС, грн:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2, \quad (3.3)$$

$Y_1$  – розрахункова величина збитку до проведення природоохоронного заходу, грн/рік;

$Y_2$  – величина збитку НС після проведення природоохоронного заходу, грн/рік;

$\Delta D$  – додатковий прибуток, що отримується після впровадження заходу, грн/рік.

Витрати на проведення природоохоронного заходу розраховуються за формулою:

$$Z = C + E_H \cdot K, \quad (3.4)$$

$C$  – величина річних експлуатаційних витрат на проведення природоохоронного заходу, грн.;

$K$  – величина капітальних витрат на проведення заходу, грн;

$E_H$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

$$E_H = E_2 + E_p + E_n, \quad (3.5)$$

де  $E_2$  – гарантована норма прибутковості вкладень в комерційний банк;

$E_p$  – додаткова страхова норма, що враховує ризик вкладень в проект;

$E_n$  – мінімальна гранична норма прибутковості вкладень.

Отже,

$$E = \frac{P}{Z} = \frac{(Y_1 - Y_2) + \Delta D}{C + E_n \cdot K}, \quad (3.6)$$

Захід вважається ефективним, якщо  $E \geq 1$ .

2. Чистий економічний ефект від проведення природоохоронних заходів,  $R$ :

$$R = P - Z = ((Y_1 - Y_2) + \Delta D) - (C + E_n \cdot K). \quad (3.7)$$

3. Загальна ефективність капітальних вкладень в природоохоронний захід,  $E_p$ :

$$E_p = (P - C) / K, \quad (3.8)$$

тобто співвідношення річного повного економічного ефекту від заходу з вирахуванням експлуатаційних витрат до величини капітальних вкладень.

Для довгострокових природоохоронних заходів при розрахунку економічної ефективності необхідно враховувати чинник часу. При економічній оцінці їх ефективності можна використовувати такі показники.

1. Чистий дисконтований дохід – розраховується як різниця між припливами і відтоками грошових коштів за кожен рік реалізації проекту, помножений на відповідний коефіцієнт дисконтування і підсумований по усіх роках життя проекту.

$$\text{ЧДД} = \sum (P - Z) \cdot \alpha, \quad (3.9)$$

де  $P$  – приплив грошових коштів, грн;

$Z$  – відтік грошових коштів, грн;

$\alpha$  – коефіцієнт дисконтування:

$$\alpha_n = (1 + T)^{-n}, \quad (3.10)$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^n (1 + T)^{-i}, \quad (3.11)$$

де  $n$  – порядковий номер року реалізації природоохоронного заходу;

$T$  – ставка дисконтування.

2. Індекс рентабельності –  $PI$ :

$$PI = \sum P \cdot \alpha / \sum Z \cdot \alpha. \quad (3.12)$$

3. Термін окупності інвестицій –  $DPP$ :

$$DPP = \frac{\sum Z \cdot \alpha}{\sum P \cdot \alpha}. \quad (3.13)$$

Показник є кількістю років, впродовж яких капітальні вкладення в проект будуть компенсовані за рахунок що поступає від реалізації проекту припливів.

### 3.9 Біологічна безпека сучасних технологій

Існують різні визначення поняття *біологічна безпека*. Пов'язано це з тим, що проблема біобезпеки є дуже широкою і неможливо коротко сформулювати її суть. Загалом під *біобезпекою* розуміють великий комплекс заходів, який спрямований на попередження чи зменшення впливу біологічних та/або інших шкідливих факторів, джерелом яких є об'єкти біологічного походження, як безпосередньо на організм людини, так і опосередковано – шляхом впливу на навколишнє середовище. Інші типові визначення наведені нижче.

*Біологічна безпека* (біобезпека) – це система правил та заходів, що запобігають або зменшують ризики несприятливого впливу факторів біологічного походження на здоров'я населення та довкілля.

*Біологічна безпека* – стан середовища життєдіяльності людини, при якому відсутній негативний вплив його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну структуру і функцію людської особи в теперішньому і майбутніх поколіннях, а також відсутній незворотній негативний вплив на біологічні об'єкти природного середовища (біосферу) та сільськогосподарські рослини і тварини (Закон України «Про державну систему біобезпеки...», 2007).

Також виділяють поняття *біологічної захищеності* – виключення навмисного чи ненавмисного небезпечного впливу на людей, тварин і рослин від науково-дослідницьких робіт і збудників особливо небезпечних інфекцій, а також попередження використання зі зловмисними намірами досягнень сучасних біотехнологій – у першу чергу генної інженерії та синтетичної біології, а також генетично модифікованих організмів. Також біозахищеність відноситься і до безпечного зберігання і переміщення, обробки і використання живих змінених організмів, які мають нові комбінації генетичного матеріалу.

Проблема біологічної безпеки викликає все більшу тривогу у населення, політиків і учених у зв'язку з реальним ростом біологічних загроз (табл. 3.13).

Таблиця 3.13 – Біологічні чинники дестабілізації біобезпеки

№	Найменування чинника
1.	Масові спалахи особливо небезпечних інфекцій, нових і знову виникаючих інфекцій людини і тварин. Наявність/активізація природних резервуарів зоонозних інфекцій, які є джерелом виникаючих інфекцій людини (останніми роками - вірус Західного Нілу, Торс-коронавірус, вірус грипу птахів підтипів H5N1, H9N2, H7N7 та ін.) Соціально значимі і актуальні для охорони здоров'я патогени людини (гепатити А, В, З, туберкульоз, Віл-інфекція, кір, паротит, краснуха, вітряна віспа, ентеровіруси, коронавіруси, ротавіруси, ентеропатогенні бактерії тощо)
2.	Проведення генно-інженерних робіт без належної експертизи або контролю їх безпеки. Ризик створення патогенів зі зміненими властивостями або принципово нових патогенів з незвичайними властивостями. Загроза виникнення нових інфекційних захворювань і їх епідемічного (пандемічного) поширення
3.	Інтродукція (випуск) генетично модифікованих організмів (ГМО) в довкілля з невстановленими механізмами впливу на екосистеми.
4.	Застосування генетично модифікованих продуктів харчування. В умовах відсутності контролю їх застосування і достатніх доказів їх нешкідливості може виникнути загроза порушень імунної системи, генетичного апарату, а також інших органних порушень
5.	Зростаюче число біологічно небезпечних дослідницьких або біотехнологічних промислових об'єктів з гранично допустимими або вичерпаними технологічними ресурсами, застарілим устаткуванням

Основними джерелами виникнення біологічних загроз є: 1) епідемії та спалахи інфекційних захворювань людини; 2) епізоотії (висока захворюваність серед тварин); 3) епітофітії (розповсюдження інфекційного захворювання рослин на значних територіях); 4) аварії на біологічно небезпечних об'єктах; 5) природні резервуари патогенних мікроорганізмів; б) транскордонне перенесення патогенних мікроорганізмів, представників флори і фауни, небезпечних для екологічних систем; 7) диверсії на біологічно небезпечних об'єктах; 8) біологічний тероризм; 9) застосування біологічної зброї державою.

Перші шість джерел виникнення біологічної загрози відносяться до ненавмисних, тоді як зазначені у пунктах 7-9 – до навмисних.

Окремо визначається проблема біологічної загрози, пов'язана з біологічним тероризмом та використанням біологічної зброї.

Наведемо деякі дані щодо інфекційних захворювань: за даними ВООЗ у світі смертність від інфекційних захворювань в останні роки становить до 14 млн. осіб щорічно; перша пандемія чуми – «чума Юстиніана» (531-580 рр.н.е.) – померло близько 100 млн. людей; охопила всі відомі на той час країни; друга пандемія чуми – «чорна смерть» (1347–1407 рр.) – померло близько 25 млн. людей, що становило чверть тодішнього населення Європи; від пандемії грипу («іспанки») в 1918 році померло до 50 млн. людей; за час 7-ї пандемії холери (з 1961 по 2005 р.), на земній кулі зареєстровано понад 5 млн. її випадків, з яких більше 200 тис. закінчилися летально; близько 50 млн. населення планети уражені ВІЛ/СНІД; до 300 млн. населення щорічно хворіють на малярію (до 3 млн. помирають); кількість хронічних носіїв НСV (вірусу гепатиту С) знаходиться в межах від 170 млн. до 1 млрд. людей; рівень захворюваності на внутрішньолікарняні інфекції (ВЛІ) складає в середньому у світі 8,4 % (дані ВООЗ). У Європейських країнах ВЛІ переносять 3-10 % пацієнтів стаціонарів, а у відділеннях інтенсивної терапії частота ВЛІ зростає до 20 %. У США летальність від ВЛІ займає 4 місце в загальній структурі летальності від усіх хвороб (після серцево-судинних, онкологічних та інсультів). За статистикою 1/3 хворих, померлих після операції, – вмирають через ВЛІ.

На 1000 проведених хірургічних операцій в окремих країнах реєструється: 108 випадків ускладнень через ВЛІ у Фінляндії; 76,93 випадків ускладнень через ВЛІ – в Австралії; 67 випадків ускладнень через ВЛІ – в Англії; 1,1 випадків ускладнень через ВЛІ – в Росії; 0,2 – 0,8 випадків ускладнень через ВЛІ – в Україні.

За даними Національної доповіді (2012), серед усіх інфекційних хвороб, що реєструються в Україні, найбільш поширеними є: грип та інші інфекційні захворювання дихальних шляхів, вірус гепатиту, гострі кишкові захворювання, туберкульоз, ВІЛ/СНІД тощо.

Такі захворювання є значними біоагрозами, бо можуть принести великі економічні і соціальні збитки, оскільки вражають велику кількість населення і суттєво позначаються на стані здоров'я людей, тварин і, зрозуміло, на економіці всієї країни. Існують біоагрози у вигляді неякісної їжі і питної води, чи неякісних медикаментів, або різних інтоксикантів, що знаходяться у НС, наприклад, залишки біопрепаратів, інсектициди і пестициди, важкі метали, або радіонукліди. Їх проникненням до продуктів харчування, до питної води може бути вкрай шкідливим для організмів людей та тварин.

До біоагроз також відноситься свідоме, чи несвідоме створення небезпечних мікроорганізмів чи токсинів або біологічно-активних речовин при проведенні біологічних досліджень, при біотехнологічній діяльності або у фармацевтичній чи харчовій промисловості. Свідоме створення або використання біоагроз проти людей, тварин чи рослин є основою біотероризму.

Біобезпека, в першу чергу, стосується виникнення і боротьби із захворюваннями, які викликаються особливо небезпечними патогенами, а також фізичного збереження колекцій цих патогенів, щоб унеможливити їхнє навмисне (біотероризм) чи ненавмисне розповсюдження поза межами місць збереження. Колекції особливо небезпечних патогенів (наприклад, чуми, сибірки, холери тощо) знаходяться на території України у певних установах Міністерства охорони здоров'я, Державного комітету ветеринарної медицини та в Українській академії аграрних наук.

### 3.9.1 Заходи щодо забезпечення біобезпеки в Україні та світі

Проблема забезпечення біобезпеки сучасних технологій є однією з найважливіших проблем існування людства. Основні вимоги щодо забезпечення біологічно безпечного існування людини знайшли своє відображення в багатьох міжнародних конвенціях.

Одним з перших документів по забезпеченню біологічної безпеки міжнародна спільнота прийняла Конвенцію про охорону біологічного різноманіття (1992 р.) і Картахенський протокол з біобезпеки. Країни, що приєднуються до таких міжнародних документів, формують відповідну власну законодавчу і нормативно-правову базу. Верховна Рада України 29 листопада 1994 р. прийняла Закон України "Про ратифікацію Конвенції про охорону біологічного різноманіття" за № 257/94-ВР.

Картахенський Протокол по біобезпеці, прийнятий в 1999 р. на конференції в колумбійському місті Картахена-де-Індіас, – це міжнародна угода про заходи і процедури, необхідні для безпечного переміщення, переробки і застосування продуктів сучасної біотехнології. Через розбіжності сторін остаточний варіант Протоколу по біобезпеці був прийнятий в 2000 р. в Монреалі. Україна ратифікувала цей Протокол 12.09.2002 р.

Протокол розглядає такі питання як трансграничне переміщення, транзит, обробка і використання усіх живих змінених організмів (живі змінені організми – ЖЗО або ГМО), які можуть чинити несприятливу дію на збереження і стійке використання біологічної різноманітності, з урахуванням також ризику для здоров'я людини. Протокол сприяє біобезпеці за допомогою створення правил і процедур по безпечній передачі, обробці і використанню ГМО, особливо фокусуючись на трансграничних переміщеннях ГМО. Він передбачає ряд процедур, в тому



числі для ГМО, призначених для навмисної інтродукції в довкілля; для ГМО, призначених для безпосереднього використання в їжу або в якості корму, або для обробки. Сторони Протоколу повинні гарантувати, що ГМО оброблятимуться, упаковуватимуться і перевозитимуться з дотриманням умов безпеки.

У Концепції біологічної безпеки держав-учасників Співдружності Незалежних Держав сформульовані загальні положення, принципи, завдання і пріоритетні напрями, що мають засадниче значення для забезпечення біологічної безпеки держав-учасників Співдружності Незалежних Держав. Документ може бути покладений в основу міждержавної взаємодії у сфері біологічної безпеки як складова частина стратегії колективного захисту від біологічних загроз, необхідного в повсякденній діяльності компетентних органів громадської охорони здоров'я і державного санітарно-епідеміологічного нагляду, і в діяльності їх в надзвичайних ситуаціях.

Загальні положення:

1. Проблеми запобігання біологічним загрозам нині є пріоритетними для світової спільноти. Необхідно повною мірою оцінювати реальність і ступінь небезпеки, що виходить від біологічних загроз, і використовувати усі можливості і ресурси для вжиття заходів по їх попередженню і ліквідації.

2. Біологічна безпека держав-учасників Співдружності Незалежних Держав може бути досягнута проведенням єдиної політики по забезпеченню загальної безпеки держав і реалізації заходів економічного, політичного, організаційного характеру, що відповідають існуючим і потенційним видам внутрішніх і зовнішніх біологічних загроз.

3. Основу необхідного рівня захищеності від біологічних загроз складає адекватна система правових норм, що регулюють стосунки у сфері безпеки, погоджена діяльність органів державної влади і управління в цій області, а також діяльність органів забезпечення безпеки, включаючи систему громадської охорони здоров'я і державного санітарно-епідеміологічного нагляду і дієву систему органів контролю за їх діяльністю.

4. Стан біологічної безпеки держав знаходиться в загальному зв'язку з рішенням проблем наукової, нормативно-методичної, кадрової, матеріально-технічної оснащеності громадської охорони здоров'я і системи державного санітарно-епідеміологічного нагляду, наявністю в існуючій інфраструктурі охорони здоров'я резервів для роботи в надзвичайних ситуаціях у вигляді планів дій, погоджених з іншими державними структурами, підготовлених кадрів, нових технологій, засобів і методів колективного і індивідуального захисту, розроблених заходів по ліквідації наслідків реалізації небезпечних біологічних загроз.

«Конвенція про права людини і біомедицину», прийнята Радою Європи в 1997 р., констатує наявність серйозної небезпеки, що геном людини може підлягати навмисній зміні для отримання людей або цілих груп, наділених особливими характеристиками і необхідними якостями. Щоб відвернути подібну загрозу, у кожному випадку будь-яке втручання, що має на меті видозмінити геном людини, має проводитися лише з профілактичною, діагностичною або терапевтичною метою. Втручання, спрямоване на модифікацію генетичних характеристик, не пов'язаних із хворобою або нездужанням, заборонено. Оскільки в наш час генна терапія соматичної клітини ще перебуває в стадії дослідження, то застосовувати її можна лише в тому разі, якщо вона відповідає стандартам захисту. Втручання, що має на меті внести будь-які зміни в геном нащадків, заборонено. Тому, зокрема, не дозволяються генетичні модифікації сперматозоїда або яйцеклітини з метою запліднення. Проводити медичні дослідження з метою внесення генетичних змін у сперматозоїд або яйцеклітину, не пов'язані з відтворенням потомства, дозволяється тільки в штучних умовах зі схвалення відповідного органа, що займається питаннями етики або управління. У зв'язку з непередбачуваністю наслідків перенесення генетичного матеріалу в статеві клітини, у більшості регламентуючих документів на міжнародному рівні існує заборона на проведення такого роду випробувань. Забороняючи генну терапію статевих клітин, Конвенція не виключає втручання з соматичною метою, що, як зазначалося вище, також може мати небажані побічні ефекти по лінії зародкової клітини.

Заходи по забезпеченню біологічної безпеки і біологічної захищеності включають у себе: ліцензування на володіння матеріалами і обладнанням та на дослідницьку роботу; вимоги до наявності досвіду та професійних знань; перевірка надійності персоналу; облік персоналу, який має доступ до біологічних матеріалів; класифікація біологічних матеріалів згідно притаманним їм факторам ризику; фізичні вимоги до інфраструктури системи; класифікації ризику для біологічних матеріалів; організаційні заходи по забезпеченню безпечного поводження з мікроорганізмами у відповідності з різними групами ризику, включаючи обмежений доступ до чутливих матеріалів на основі принципу необхідності для роботи; безпечне зберігання мікроорганізмів і токсинів у відповідності з класифікацією груп ризику; документальний облік робочих процедур; дозвіл на переміщення матеріалів лише між ліцензованими об'єктами і з використанням ліцензованими чи іншими компетентними органами.

Правове регулювання питань біобезпеки в Україні здійснюється на основі таких нормативно-правових актів: Закон України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» (31.05.2007); Наказ

МОЗ України «Про удосконалення функціонування системи індикації біологічних патогенних агентів» (21.03.2003); Наказ МНС України «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо організації заходів біологічного захисту особового складу підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту при ліквідації надзвичайних ситуацій та їх наслідків в осередках біологічного зараження» (12.10.2009) та інші.

### 3.9.2 Екологічні аспекти використання генно-модифікованих організмів

Протягом останніх років найбільшого поширення в суспільстві набули інші продуценти генної інженерії – *генетично-модифіковані організми* (організми, до геному яких за допомогою методів генетичної інженерії інтродуковано функціонуючі сторонні гени або ділянки ДНК), добре відомі за своєю скороченою назвою – «ГМО».

*ГМО* – це організм, генотип якого було змінено за допомогою методів генної інженерії. Генетичні зміни, як правило, здійснюються в наукових та сільськогосподарських цілях. Генетична модифікація відрізняється від природного та штучного мутагенезу саме направленою зміною генотипу. При цьому генетичний матеріал переносять з одного організму в інший, використовуючи технологію рекомбінантних ДНК. Якщо при цьому ДНК, яку переносять, походить з іншого виду, отримані організми називають транс генними.

Саме ГМО та їхні компоненти активно застосовуються під час виготовлення продуктів харчування, різноманітних сільськогосподарських товарів, лікувальних та побутових засобів. І саме використання ГМО під час виробництва даної продукції породжує найбільше дискусій у суспільстві. Адже низка досліджень, проведених ученими в частині застосування згаданих товарів, свідчить і про негативні наслідки їх уживання та використання, і про можливу загрозу, яку вони можуть становити для біологічної безпеки населення планети, оскільки під впливом ГМО, нібито, знищуються усталені екосистеми та відбувається руйнування людського генофонду. Так, відомо, що вживання деяких видів сільськогосподарської продукції, котра містить ГМО (зокрема, певних сортів кукурудзи, сої, цукрового буряку), впливає на репродуктивну функцію людини, а потрапляння продуктів побутової хімії зі вмістом ГМО до ґрунту та водою негативно позначається на життєдіяльності ссавців, бджіл та риб.

Трансформація рослин за допомогою штучних синтезованих генів чи міні-хромосом, які дають змогу переносити цілі "блоки" генетичної інформації, створює можливість формування нових, синтетичних організмів, що, в свою чергу, відразу порушує питання біобезпеки генно-

інженерної діяльності, розширюючи коло етичних питань у дискусіях про місце, значення і роль сучасних біотехнологій.

Продукція, що містить ГМО, почала з'являтися у продажу в різних країнах світу з середини 90-х років минулого століття. Але, на відміну від США, де такі товари частіше всього не маркувалася, а, отже, безперешкодно потрапляли й до багатьох інших держав, включаючи країни колишнього СРСР, у Західній та Північній Європі одразу ж дуже прискіпливо поставилися до цієї продукції. Уряди держав даних регіонів вимагали надання інформації про ГМО-походження продуктів та можливі ризики, що існують для споживачів при їхньому вживанні. Керуючись вимогами міжнародних біоетичних стандартів, постачальники мали ретельно роз'яснювати населенню, чим саме може загрожувати споживання продуктів харчування, лікарських препаратів або іншої продукції, що містить ГМО чи їх компоненти.

Реагуючи на вимоги деяких країн-членів (зокрема Франції та Німеччини), Європейський Союз імплементував до свого законодавства міжнародні стандарти біоетики в частині забезпечення біобезпеки, пов'язаної із застосуванням ГМО та їх компонентів, розробивши на їх основі європейські стандарти обігу продукції із вмістом ГМО та їх компонентів на території своїх країн-членів і використання ГМО у відкритих та закритих системах; регламентувавши діяльність, пов'язану з використанням, поширенням, збутом, експортом/імпортом продукції, що містить ГМО; а також запровадивши систему виявлення ГМО у продуктах споживання.

У другій половині 1990-х років було прийнято директиви та інші нормативно-правові акти ЄС про поводження з ГМО у відкритих та закритих системах, які передбачали запровадження досить жорстких санкцій у разі їх порушення. Мотивацією для ухвалення зазначених документів, перш за все, стало прагнення захистити здоров'я людей і чистоту навколишнього середовища.

На території країн-членів Євросоюзу було запроваджено жорсткі правила Картахенського протоколу з біобезпеки щодо транскордонного розповсюдження ГМО. Надзвичайно обмеженим і суворо регламентованим залишається використання ГМО під час здійснення досліджень у сфері генної інженерії у закритих системах (особливо щодо подолання небезпечних захворювань), а також під час виробництва продуктів харчування. Крім того, після оприлюднення даних про негативні наслідки поширення продуктів, що містять генетично-модифіковані компоненти (зокрема, збільшення випадків онкологічних захворювань), на території США і тих країн, куди вони постачалися з території останніх, продукція, що містить або може містити ГМО, зазнає суворої перевірки перед тим як потрапити на ринок ЄС. Така перевірка здійснюється в спеціальних

лабораторіях, що входять до європейської мережі Спільного дослідного центру Європейського Союзу.

Законодавство ЄС установлює чіткі правила маркування продуктів із вмістом ГМО і надання населенню країн-членів інформації про можливі негативні наслідки вживання чи використання такої продукції для життя та здоров'я людини, а також усі можливі біотичні ризики її застосування у сільськогосподарському тваринництві чи рослинництві.

У нашій державі спеціальний Закон «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» було прийнято тільки у 2007 році. Цей документ проголосив установа системи біологічної безпеки, потреба в якій виникає у зв'язку зі здійсненням в Україні та за її межами генетично-інженерної діяльності, результати котрої у вигляді генетично-модифікованих організмів можуть завдати шкоду життю та здоров'ю людини, а також негативно вплинути на довкілля. Хоча, по суті, даний Закон можна розглядати лише як рамковий акт, на основі якого необхідно розробити спеціальні закони, котрі, спираючись на відповідні міжнародні біоетичні стандарти, детально регламентуватимуть порядок здійснення генетично-інженерної діяльності у замкнених і відкритих системах, а також установлюватимуть систему експертизи у сфері створення та використання ГМО.

Комерційне використання ГМО почате зовсім недавно. Оцінити, як впливають ГМО на довкілля за настільки короткий проміжок часу, дуже складно. Поведінка нових генів у відкритих екосистемах, їх реакція на паразитів, хвороби абсолютно непередбачувані. Проте, дуже чітко видно взаємозв'язок між аграрними і екологічними ризиками. Цей взаємозв'язок визначається одними і тими ж джерелами потенційних і реальних ризиків. Такими джерелами можна вважати усе більш широке використання в сільськогосподарському виробництві пестицидів і ГМО. До найбільш значимих аграрно-екологічних ризиків можна віднести:

- *Зниження різноманітності традиційних (аборигенних) сортів рослин і порід тварин.* Поширення ГМО веде до витіснення інших сортів і порід, а значить до зниження сортової (порідного) біорізноманітності. Ця різноманітність є основою стійкого сільського господарства.

- *Скорочення видової різноманітності.* Виробництво ГМО приводить до скорочення видової різноманітності рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, що мешкають на полях, де вони вирощуються і довкола них. Швидкозростаючі види трансгенних організмів можуть витіснити звичайні види з природних екосистем.

- *Неконтрольоване перенесення генів, особливо генів, що визначають стійкість до пестицидів, шкідників і хвороб, унаслідок переzapилення з дикорослими родинними і пращур ними видами.* Як наслідок, зниження

біорізноманітності дикорослих прашур цих форм культурних рослин і формування «супербур'янів».

• *Поширення використання гербіцидів широкого спектру* (наприклад, гліфосіната або гліфосата) приведе до збіднення видового складу корисної ентомо- і орнітофауни (комахи і птиці) і руйнуванню агробіоценозів.

• *Виснаження і порушення природної родючості ґрунтів.* ГМ-культури з генами, що прискорюють зростання і розвиток рослин в значно більшій мірі, ніж звичайні, виснажують ґрунти і порушують її структуру. В результаті придушення життєдіяльності ґрунтових безхребетних, ґрунтової мікрофлори і мікрофауни токсинами ГМ-рослин відбувається порушення природної родючості ґрунтів.

Постановою Кабінету Міністрів України № 468 від 13.05.2009 р затверджений «Порядок етикетування харчових продуктів, які містять ГМО, або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг». Етикетування харчових продуктів, які не містять генетично модифіковані організми або вміст яких становить менш як 0,1 відсотка, може бути здійснено добровільно з виконанням напису "Без ГМО". Харчові продукти, які містять генетично модифіковані організми обсягом понад 0,9 % або вироблені із сільськогосподарської продукції, вміст генетично модифікованих організмів у якій становить понад 0,9 %, на яких не виконано відповідний напис згідно з цим Порядком, підлягають вилученню з обігу.

### **3.10 Контрольні питання до змістовного модуля 3**

1. Що таке стандартизація у сфері охорони ОС.
2. Види екологічних стандартів.
3. Що таке екологічна сертифікація?
4. Принципи сертифікації.
5. Об'єкти обов'язкової сертифікації.
6. Система УкрСЕПРО.
7. Що таке екологічне ліцензування?
8. Види діяльності, що підлягають ліцензуванню.
9. Суб'єкти ліцензування.
10. Що таке система екологічного менеджменту?
11. Модель системи екологічного менеджменту.
12. Система стандартів серії ISO 14000.
13. Переваги і недоліки екологічної сертифікації по ISO 14000.
14. Що таке життєвий цикл продукції.
15. Схема продукційного ланцюжка.
16. Основні стадії життєвого циклу.
17. Оцінка життєвого циклу продукції.

18. Основні етапи ОЖЦ по ISO 14040.
19. Екологічна маркіровка і її основні цілі.
20. Класифікація екологічної маркіровки.
21. Приклади екомаркировки.
22. Основні методи забезпечення якості ОС.
23. Технологічні методи запобігання забрудненню атмосфери.
24. Класифікація інструментальних методів охорони атмосферного повітря.
25. Принципова технологічна схема очищення викидів.
26. Основні властивості твердих домішок, що впливають на вибір способу їх видалення.
27. Класифікація методів очищення СВ за Лапшиним М.І.
28. Класифікація методів очищення СВ за Кульським Л.А.
29. Механічне очищення СВ.
30. Хімічні та фізико-хімічні методи очищення СВ.
31. Іонний обмін.
32. Біохімічне очищення СВ.
33. Анаеробне очищення СВ.
34. Основні методи підготовки і переробки відходів.
35. Основні методи поводження з ТПВ.
36. Ефективність природоохоронних технологій.
37. Показник економічної ефективності.
38. Фактори біологічної безпеки.
39. Правові заходи щодо забезпечення біологічної безпеки.
40. Екологічні аспекти використання ГМО.

### **3.11 Перелік посилань до змістовного модуля 3**

1. Арбузов В.В., Грузин Д.П., Симакин В.И. Экономика природопользования и природоохраны: уч. пособие. Пенза: ПГУ, 2004. 251 с.
2. Батлук В.А. Основы экологии: учебник. К.: Знання, 2007. 519 с.
3. Охрана окружающей среды / Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 422 с.
4. Екологічне управління / Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Білявський Г.О. та ін. К.: Либідь, 2004. 432 с.
5. Инженерная экология и экологический менеджмент / Буторина М.В., Воробьев П.В., Дмитриева А.П. и др.; под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. М.: Логос, 2003. 528 с.
6. Калыгин В.Г. Промышленная экология: курс лекций. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. 240 с.
7. Мельник Л.Г. Екологічна економіка: підручник. Суми, ВТД «Університетська книга», 2002. 346 с.

8. Концепція біобезпеки і ризику біомедичних технологій URL: [http://medterms.com.ua/blog/konceptsiya\\_biobezpeki\\_i\\_riziku\\_biomedichnikh\\_tehnologij/2013-11-10-162](http://medterms.com.ua/blog/konceptsiya_biobezpeki_i_riziku_biomedichnikh_tehnologij/2013-11-10-162) (дата звернення: 05.04.2021 р.)
9. Міронова Н.Г., Білецька Г.А. Екологічна стандартизація і сертифікація. К.: «Новий світ 2000», 2009. 140 с.
10. Охрана окружающей среды / Белов С.В., Барбинов Ф.А., Козьяков А.Ф. и др. М.: Высшая школа, 1991. 319 с.
11. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. М.: Химия, 1989. 512 с.
12. Степановских А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 751 с.
13. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник: в 3-х томах. Калуга: Изд. Н.Бочкарёвой, 2003.
14. Экология города / под ред. Ф.В. Стольберга. К.: Либра, 2000. 464 с.



## Модуль 4. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

### 4.1 Загальні уявлення про екологізацію

*Екологізація* – процес неухильного і послідовного впровадження систем технологічних, управлінських та інших рішень, що дозволяють підвищувати ефективність використання природних ресурсів і умов поряд з поліпшенням або хоча б збереженням якості природного середовища (або взагалі середовища життя) на локальному, регіональному та глобальному рівнях (від окремого підприємства до техносфери); екологізація – найважливіша вимога сучасності (*Н.Ф. Реймерс, 1990*).

*Л.Г. Мельник (Екологічна енциклопедія, 2006, Т.1. С.304-305)* дає такі визначення терміну «*екологізація*»: 1) поліпшення екологічного стану природних або соціальних систем; 2) зміна властивостей компонентів природних або антропогенних систем, яка сприяє поліпшенню їх екологічного стану або інших систем, пов'язаних з ними; 3) діяльність, спрямована на поліпшення екологічного стану природних або антропогенних систем або екологічно орієнтовану властивостей їх складових; 4) ступінь причетності когось або чогось до екологічно спрямованої сфери діяльності; 5) підвищення ролі самовідтворюваних природних чинників у виконанні функцій соціально-економічних систем.

*В.Я. Шевчук та ін. (2004)* під екологізацією розуміють процес проникнення ідей, знань і законів екології, екологічного мислення в інші сфери науки, виробництва, в життєдіяльність суспільства, держави.

*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 та природні системи процесів виробництва та споживання предметів і послуг (*Л.Г. Мельник, 2002*).

*Рівень екологізації* може бути визначений за такими показниками: економічні, енергетичні, земельні, порівняння, наявність чи відсутність екологічно «гарячих» місць. Нижче дана стисла характеристика основних показників оцінки рівня екологізації за даними *Л.Г. Мельника (2002)*.

*Економічні показники.* Підхід базується на оцінці рівня екологічності продукції за розміром екологічних витрат (економічного збитку або витрат на його запобігання), обумовлених різними процесами впливу на довкілля.

У загальному вигляді формулу реалізації даного підходу для оцінки екологічного рівня виробництва (споживання) продукції для окремо взятої сфери господарства можна виразити таким чином:

$$y_{\varepsilon} = \sum_{i=1}^n D_{zi} \cdot y_{zi} + \sum_{j=1}^m D_{lj} \cdot y_{lj} + \sum_{z=1}^k D_{oz} \cdot y_{oz} + \sum_{q=1}^l D_{nq} \cdot y_{nq} + \sum_{d=1}^p D_{\delta d} \cdot y_{\delta d} / Q, \quad (4.1)$$

де  $y_{\varepsilon}$  – показник оцінки екологічного рівня виробництва через вартісні оцінки;

$D_{zi}$  – кількісний показник  $i$ -го виду забруднення компонентів природного середовища, яким супроводжується даний вид економічного процесу виробництва-споживання продукції (наприклад: валовий за вагою показник викиду шкідливих речовин в компоненти середовища, концентрація цих речовин, інтенсивність шуму чи інших видів фізичного впливу);

$y_{zi}$  – питомий показник економічних витрат, обумовлених одиницею  $i$ -го виду забруднення;

$D_{lj}$  – кількісний показник  $j$ -го виду екодеструктивного впливу на ландшафти (наприклад: площа зруйнованих або затоплених земель, довжина штучних дамб, транспортних магістралей);

$y_{lj}$  – питомий показник економічних витрат, зумовлених одиницею  $j$ -го виду екодеструктивного впливу на ландшафти;

$D_{oz}$  – кількісний показник  $z$ -го виду екодеструктивного впливу безпосередньо на організм людини (наприклад, кількість людей, що працюють протягом року під впливом шкідливих факторів – температур, вологості, підвищеного ризику);

$y_{oz}$  – питомий показник економічних витрат, обумовлених одиничним показником  $z$ -го екодеструктивного впливу на організм людини;

$D_{nq}$  – кількісний показник  $q$ -го виду екодеструктивного впливу психологічного дискомфорту, пов'язаного з процесами виробництва або споживання продукції (наприклад, кількість психічних порушень або встановлених випадків незадоволеності різними факторами);

$y_{nq}$  – питомий показник можливих економічних витрат працюючих, зумовлених  $q$ -м видом психологічного дискомфорту;

$D_{\delta d}$  – кількісний показник  $d$ -го виду екологічного впливу на біологічні об'єкти (наприклад, знищення певних рослинних культур чи тварин);

$y_{\delta d}$  – питомий показник економічних витрат, зумовлених даним видом екодеструкції;

$Q$  – вартісний вираз товарів і послуг (виконаної роботи), виробництва чи споживання яких зумовило коло процесів екодеструкції.

*Енергетичні показники.* Підхід передбачає оцінку рівня екологічності на основі інтегральних показників енергоємності продукції. Концептуально підхід може бути переданий формулою:

$$y_e = \sum K_{ei} \cdot \gamma_i / Q, \quad (4.2)$$

де  $y_e$  – показник оцінки екологічного рівня через оцінки енергоємності;

$K_{ei}$  – обсяг  $i$ -го компонента (сировини, комплектуючих, послуг, робіт – у кількісних одиницях), використаного для виробництва (споживання) даного продукту;

$\gamma_i$  – енергоємність  $i$ -го компоненту в енергетичних одиницях на кількісну одиницю даного компонента;

*Показники екологічного навантаження (земельні показники).* Можна говорити про один універсальний показник – кількість площі землі, необхідної для забезпечення життя і діяльності однієї людини. Чим вища ефективність (з урахуванням економічних і екологічних факторів) рівня виробництва і споживання продукції, тим нижчий питомий земельний показник при порівнюваному обсязі споживаний.

В окремих випадках використовують показник *умовної щільності населення* – кількість людей у розрахунку на пересічений 1 км<sup>2</sup>, які можуть прогодуватися винятково своєю працею на даній землі.

*Показники порівняння.* Даній підхід може бути реалізований на основі як кількісних, так і якісних оцінок.

Кількісні показники доцільно використовувати там, де можна говорити про характерний превалюючий показник екодеструктивної діяльності (наприклад, викиди в металургійному виробництві або кількість пестицидів, що використовуються в сільськогосподарському виробництві). У цьому випадку оцінка рівня екологічності може бути виражена формулою:

$$y_a = D_{ci} / D_{ai}, \quad (4.3)$$

де  $y_a$  – показник оцінки екологічного рівня через порівняння кількісних показників, що існують у даній економічній сфері виробництва і/чи споживання  $i$ -виду продукції (виду діяльності, послуг);

$D_{ci}$  – кількісний питомий показник екодеструктивної діяльності (наприклад: викид шкідливих речовин на одиницю  $i$ -го виду продукції, кількість відходів на одного жителя, або питомі екологічні показники, що характеризують збиток від відповідних деструктивних дій) у розглянутій сфері;

$D_{ai}$  – аналогічний показник для  $i$ -виду продукції (виду діяльності, послуг) у кращих вітчизняних і/чи зарубіжних зразках.

Оцінку зазначеного показника в якісному вигляді доцільно застосувати в тому випадку, якщо, важко в кількісному вигляді визначити оцінку кожного з деструктивних факторів або не вирішене завдання їх порівняння. Залежно від конкретних умов розглянутих видів деструктивної діяльності і господарських завдань, в яких застосовується даний показник, може бути запропонований досить широкий спектр конкретних прийомів оцінки, що зводяться до таких напрямків: 1) двох або багатопозиційна фіксація стану (наприклад: «поступається – не поступається» (аналогам), «поступається – не поступається – перевищує», «поступається – незначно поступається – не поступається» і т.д.; 2) експертна оцінка відхилення (наприклад, у відсотках) відповідного показника від рівня аналога; 3) бальна оцінка рівня відповідного показника (за будь-якою шкалою балів).

Може бути також запропонований відповідний інструментарій до комплексної оцінки різних факторів:

$$y_a = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot B_{ci}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot B_{ai}}, \quad (4.4)$$

де  $y_a$  – комплексний якісний показник оцінки екологічного рівня за методом порівняння з аналогом;

$B_{ci}$  – показник якісної оцінки  $i$ -виду екодеструктивного впливу в оцінюваному зразку (виду діяльності, послуг);

$B_{ai}$  – те саме для аналогу;

$\alpha_i$  – ступінь значимості  $i$ -го виду впливу стосовно інших видів екодеструкції; оцінюється експертним шляхом і може набувати будь-яких значень від «нуля» і вище (0,5; 1; 1,5; 2; 3; 10 і т.д.).

*Порівняння з попереднім зразком.* Даний підхід аналогічний попередньому з тією тільки різницею, що як аналог виступає зразок, який замінюється оцінюваним виробом. Таким чином, той виріб, який його замінює, має виступати в ролі оцінюваного. Такі оцінки можуть бути зроблені також відповідно до різних видів діяльності або послуг у сферах господарства (на підприємстві, в галузі, у сфері споживання). У цьому випадку той самий методичний інструментарій, що й у попередньому підході. Зокрема, вихідна формула має вигляд:

$$y_b = B_{ci} / B_{bi}, \quad (4.5)$$

де  $y_b$  – показник оцінки екологічного рівня за методом порівняння з попереднім (базовим) зразком;

$B_{ci}$  – показник, аналогічний формулі (4.4);

$B_{bi}$  – те саме для попереднього зразка.

За наявністю чи відсутністю вузлів екологічної деструкції у виробничому циклі виробництво-споживання виробів. При цьому випадку можуть бути використані два принципові методичні підходи; 1) прямого обліку тих чи інших видів екодеструктивної діяльності (наприклад, наявність або відсутність викидів шкідливих речовин у компоненти природного середовища, наявність або відсутність процесів зі шкідливим впливом); 2) непрямого обліку екодеструктивних факторів, зокрема за найбільш характерними «носіями» екодеструктивної діяльності (наприклад: наявність тих чи інших цехів чи виробництв – гальванічних, термічних і т.д.; використання тих чи інших матеріалів – токсичних, горючих, вибухонебезпечних і т.д.). У цьому випадку оцінка рівня екологічності може бути виражена формулою:

$$Y_{n(\epsilon)} = \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot K_j / Q, \quad (4.6)$$

де  $Y_{n(\epsilon)}$  – показник оцінки екологічного рівня за наявністю (відсутності) факторів екодеструктивного впливу в умовних одиницях екодеструктивної діяльності на одиницю вартісної оцінки обсягу продукції, виробництва і споживання якої пов'язане з даною деструктивною діяльністю;

$K_j$  – кількість вузлів  $j$ -го виду екодеструктивної діяльності;

$\alpha_j$  – ступінь значимості  $j$ -го виду екодеструктивної діяльності;

$Q$  – вартісна оцінка продукції, з якою пов'язані дані види екодеструктивної діяльності.

## 4.2 Принципи екологізації економіки

Як вважає Л.Г. Мельник (2002, 2006), традиційні «атрибути» екологізації (очисні споруди, маловідходні технології, пристрої з переробки відходів і т.д.), є дуже важливими складовими механізму екологізації, однак не вичерпують його і навіть не є в ньому вирішальними ланками. На його думку, до основних елементів відтворювального механізму екологізації економіки відносяться: 1) *відтворення екологічного попиту*; 2) *відтворення екологічно орієнтованих пропозицій (виробничої основи)*; 3) *відтворення екологічно орієнтованих людських чинників*; 4) *відтворення мотивів екологізації*.

– *Відтворення екологічного попиту* передбачає постійну діяльність з формування потреб в екологічно сприятливих 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.

– *Відтворення екологічно орієнтованих пропозицій* – це генерування наукових ідей, формування інформаційних матеріалів, створення технічних засобів, технологічних рішень, що сприяють розвитку екологічно зумовлених виробничих систем.

*Екологізація виробництва* передбачає: створення нових, екологічно удосконалених товарів, тобто виробництво яких мінімізувало негативний вплив на НПС; удосконалення конструкції виробів для зменшення негативного екологічного впливу всіх стадій їх *життєвого циклу* (видобуток ресурсів, їх переробка, засоби виробництва і споживання, поводження з відходами; удосконалення технологічних процесів виготовлення виробів, зменшення матеріалоємності та енергоємності та пр. 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.

– *Відтворення екологічно орієнтованих людських чинників* – постійне відновленні процеси здійснення виховних, освітніх, тренінгових та інформаційних програм і заходів, спрямованих на формування у виробників і споживачів продукції, світогляду, знань, навичок і бажань, достатніх для реалізації завдань екологізації національної економіки.

– *Відтворення мотивів екологізації* – це постійно відновлюваний процес створення організаційних, соціальних та економічних умов (застосування мотиваційних інструментів), що формують прагнення людей ставити і досягати цілі екологізації національної економіки і досягати їх.

*Цілями екологізації економіки* може бути усунення або зменшення дії одного чи кількох екодеструктивних факторів (наприклад, запобігання викиду чи скиду ЗР; зниження активності процесів, що спричиняють порушення ландшафтів тощо).

*Основні принципи екологізації економіки:* 1) *інтегральний підхід* (урахування інтегрального ефекту дій у всьому ланцюжку циклу виробництва і споживання продукції); 2) *орієнтація на причини* (усунення причин, а не боротьба з наслідками); 3) *поділ відповідальності* (встановлення адресності і ступеня відповідальності суб'єктів і об'єктів екодеструктивної діяльності); 4) *адекватність інструментарію* (формування мотиваційного інструментарію, який відповідає нагальним обставинам); 5) *системний підхід* (вплив на всі об'єкти і суб'єкти екологізації, які прямо або опосередковано можуть сприяти досягненню її

цілей); б) *максимальна ефективність* (досягнення конкретних цілей екологізації з мінімальними витратами й отримання максимальної віддачі коштів, спрямованих на розв'язання поставлених завдань).

*Об'єктами екологізації* є процеси виробництва і споживання продукції або самі продукти (вироби, послуги, корисна робота, застосування (використання) яких може спричинювати екологічні наслідки. Ключові стратегії екологізації ґрунтуються на таких засадах: 1) зменшення потреби в продукті; 2) зміни в продукті для підвищення його екологічності; 3) зміни у використанні продукту для підвищення екологічності процесів споживання й утилізації відходів споживання.

*Суб'єкти екологізації* умовно поділяють на керовані і керівні. *Керовані суб'єкти* – ті, які безпосередньо несуть відповідальність за процеси екологічної деструкції (зокрема, виробники і споживачі продукції; ті, що здійснюють процеси торгівлі, транспортування, зберігання продукції, утилізації відходів її споживання тощо). Керівні суб'єкти формують правове і мотиваційне поле впливу на зазначених керованих суб'єктах (урядові органи, організації територіально-адміністративного управління) або здійснюють на них вплив (неурядові організації, засоби масової інформації, освітні і виховні установи тощо). Ключові стратегії впливу на економічних суб'єктів з метою реалізації цілей екологізації економіки є вплив на пропозицію; вплив на попит; вплив на взаємозв'язок між виробниками і споживачами.

*Управління процесами екологізації* передбачає формування основних компонентів керованої систем, тобто тих об'єктів і суб'єктів економічної системи, на яких спрямовано управлінський вплив, а також механізмів, за допомогою яких воно здійснюється.

У кожному конкретному випадку механізм реалізації завдань екологізації передбачає формування чотирьох таких взаємопов'язаних системних компонентів які складають «квадрат» *управлінського механізму екологізації*:

- 1) цільові установки;
- 2) об'єкти екологізації;
- 3) суб'єкти екологізації;
- 4) інструменти екологізації (Л.Г. Мельник, 2002).

*Екологізація зв'язків «виробництво – споживання»* – екологічне вдосконалення операцій, що здійснюються у так званій «інтерфейсній сфері» – торгівлі, транспортуванні та зберіганні продукції, яка зв'язує виробників і споживачів продукції. Форми реалізації цієї стратегії: вплив на комунікаційні шляхи; екологізація торговельних механізмів; маркетингові дослідження, розвиток інформаційних систем тощо (Екологічна енциклопедія, 2006, Т.1. С.306).

*Екологізація споживання* – процес екологічного вдосконалення сфери споживання виробів і послуг через формування й постійне взаємозалежних

екологічно спрямованих складових: потреб, інтересів і можливостей (Екологічна енциклопедія, 2006, Т.1, С.309).

### 4.3 Моделі виробничих процесів з екологічної точки зору

Будь виробничий процес являє собою деяку систему, органічно пов'язану із зовнішнім середовищем. Така виробнича система отримує з навколишнього середовища вихідну сировину, матеріали, енергію, а віддає в неї готову продукцію і всілякі відходи. Функціонування системи здійснюється завдяки потоку енергії, що підводиться ззовні або генерується усередині системи за рахунок фізико-хімічних процесів. До відходів належать усі речовини і матеріали, теплові викиди, фізичні та біологічні агенти, які потрапляють у зовнішнє середовище і надалі вже не беруть участь в отриманні продукції або енергії.

Якщо користуватися уявленнями термодинаміки, то, як і всі системи, технологічні процеси в принципі поділяються на три категорії: незамкнуті (відкриті), замкнуті і ізольовані. Абсолютна більшість реальних технологічних процесів відносяться до категорії *незамкнених систем*. Замкнутими вважаються такі системи, у яких відсутній обмін із зовнішнім середовищем речовиною, але можливий обмін енергією. Технологічним аналогом замкнутої системи може служити такий процес, в якому повністю відсутні відходи хімічних речовин – тверді, рідкі та газоподібні викиди. Наприклад, кінцева збірка виробу з готових деталей. При цьому обмін із зовнішнім середовищем вихідною сировиною і готовою продукцією до уваги не береться, хоча продукцію також можна розглядати як відкладений відхід. Теоретично можливі й *ізольована система* процес, тобто процеси, які не дають ні матеріальних, ні енергетичних відходів (Т.А. Акімова та ін., 2001).

Всі технологічні процеси можна розглядати з точки зору їх екологічної відповідності. *Відносно екологічними процесами* можна вважати такі технологічні процеси і виробництва, вплив яких на НПС в рамках певних кількісних співвідношень не порушує нормального функціонування природних екосистем. *Неекологічними процесами* створюють підвищене техногенне навантаження й має негативний вплив на стан НПС. Неєкологічним може бути будь-який технологічний процес. Так, замкнутий технологічний процес, який не має відводу хімічних речовин у НПС, не можна вважати екологічним, якщо він супроводжується шкідливими фізичними впливами: тепловими викидами, шумами, електромагнітними полями і т.п.

Екологічність виробничих процесів можна оцінити за допомогою *методу сировинних балансів*, який заснований на законах збереження: маса всіх використовуваних ресурсів (сировини, палива, води тощо) в кінцевому підсумку дорівнює масі готових продуктів і промислових відходів (Т.А. Акімова та ін., 2001).



Незамкненому виробничому процесу відповідає наступне рівняння матеріально-технічного балансу:

$$R = P + W = (R - W_y) + W, \quad (4.7)$$

де  $R$  – потік ресурсів (вихідна сировина, основні і допоміжні матеріали, напівфабрикати);

$R$  – потік відходів (хімічні речовини і енергія), що забруднює середовище і відносить певну частину корисних ресурсів;

$W_y$  – потік вловлених відходів;

$P$  – потік готової продукції.

Дужки в рівнянні вказують на єдність потоку (ресурсів і відходів). «Відходність виробництва» можна оцінити за коефіцієнтом  $K_{ex} = W/R$ . Відповідно коефіцієнт безвідходності  $K_6 = P/R$ .

Виробничий процес, що передбачає очистку забруднюючих потоків, представлений рівнянням:

$$P = R - W, \quad (4.8)$$

При використанні вловлених речовин  $W_y$  як вторинної сировини матеріально-технічний баланс описується системою рівнянь:

$$(R + W_y) = (R + W_y - W) + W, \quad (4.9)$$

$$W = (W - W_y) + W_y, \quad (4.10)$$

У замкненому виробничому циклі відбувається повна переробка та утилізація потоку відходів  $W_y$ , який знову повертається в сферу виробництва. Тут потоки  $W$  і  $W_y$  кількісно рівні, а потік готової продукції  $P$  відповідає потоку  $R$ :

$$P = R + W_y - W = R. \quad (4.11)$$

В основі екологізації виробничих ресурсних циклів лежить ресурсозбереження, засноване на передових технологіях переробки ПР та їх рух від первинного стану до споживача у вигляді готової продукції та подальше використання в наступних циклах.

Шляхи ресурсозбереження показують, що в основу раціонального природокористування покладено максимальне збереження ресурсів на всіх стадіях виробництва і використання.

Природні компоненти виступають лише початковою або проміжною ланкою в довгому ланцюзі ресурсного циклу, яка пов'язує природу і продукцію виробництва, що надходить до споживача, а для останнього неважливо, скільки первинного ПР було використано при виготовленні. Тому

виробництво повинно виходити не з ПР, тобто не від того, скільки їх можна використовувати, а від кількості тих ПР, які дійдуть до споживача в складі готової продукції.

Такий підхід вимагає ретельного аналізу взаємозамінності і доповнюваності факторів виробництва (трудові ресурси, засоби виробництва) в народному господарстві з позицій кінцевого результату, заради можливості економії ПР при збереженні кількості та якості виробленої продукції. Таким чином, оптимізація взаємодії факторів росту виробництва, їх комбінування дозволяє знизити навантаження на ПР, а значить, на природу. Тільки з урахуванням такої взаємозамінності факторів, з точки зору економічного та екологічного підходу, визначаються реальні потреби суспільства в ПР. Реалізація можлива шляхом: побудови для кожного ПР природно-продуктивної вертикалі або ланцюжка, що з'єднує первинні ПР з кінцевою продукцією; аналізу можливих шляхів економічного зростання з довгострокових позицій, так як розвиток народного господарства та що до нього суб'єктів передбачає довготривалі програми раціонального ПП.

#### **4.4 Принципи екологізації окремих галузей економіки**

*Екологізація енергетики* крім вимог, що відносяться до промислового виробництва, передбачає здійснення різноманітних заходів, які спрямовані на: 1) поступове скорочення всіх способів отримання енергії на основі хімічних джерел, тобто за допомогою екзотермічних хімічних реакцій, в тому числі окисних і електрохімічних, і в першу чергу – спалювання будь-якого палива; 2) максимальну заміну хімічних джерел природними відновлюваними джерелами енергії, серед яких провідна роль має належати сонячній енергії. В ідеалі єдиним дійсно екологічним хімічним паливом може стати тільки водень, отриманий на основі геліоенергетичного фотолізу води. Що стосується ядерної і майбутньої термоядерної енергетики, то навіть при абсолютному усунення всіх форм радіаційного забруднення (що дуже проблематично) залишається непереборні теплове забруднення біосфери. Екологізація енергетики в рамках перетворення її паливних ресурсів містить безліч резервів і принципових технічних рішень – від загального скорочення обсягу енергетики на основі всіх форм економії енергії до зміни структури використання палив і технологій перетворення енергії. Зараз уже й стає ясно, що головним мотивом вимушеної екологізації енергетики є не стільки близькість вичерпання паливних ресурсів, скільки вимоги глобальної екологічної безпеки.

Суть термоядерної енергії полягає у синтезі легких атомів у більш складні, на відміну від атомної енергетики, яка працює на реакціях розпаду атомного ядра. В АЕС під час розпаду  $^{235}\text{U}$  утворюються два або три менші ядра, а також нейтрони та альфа-частинки. Водночас виділяється теплова енергія, що випаровує воду, а пара крутить турбіну, яка вже виробляє

електроенергію. Перший ядерний реактор побудували у 1942 році в США, він засвідчив, що контрольована ядерна реакція можлива. Доступною для споживачів атомна енергія стала у 1954 році із запуском АЕС в радянському Обнінську. Шлях термоядерної енергетики виявився більш тернистим. Під час злиття легких ядер виділяється чимало енергії. Щоб ядра злилися, їх треба наблизити на відстань, що значно менше за радіус атома. Подолати цей «бар'єр» і зблизити ядра дуже важко тому, для цього вони мають рухатися зі швидкістю, відповідною нагріву до мільярда градусів (навіть у центрі Сонця температури «лише» 15 млн. °С).

Вже 1954-го року був побудований перший радянський *токамак* (скорочено від «тороїдальна камера з магнітними котушками») – пристрій для утримання високотемпературної плазми й подальшої генерації енергії з ядерного синтезу. Сьогодні у світі побудовано близько 300 токамаків, але найбільший токамак споруджується протягом 2013-2025 років у Франції – Міжнародний експериментальний термоядерний реактор (*International Thermonuclear Experimental Reactor* – ITER). У будівництві ITER приймають участь 35 країн, вартість реактору – 20 млрд. євро, одночасно залучено 2 тисячі працівників. Цільова температура плазми всередині 150 млн. °С. Мета створення ITER – показати принципову можливість отримувати енергію з керованого ядерного синтезу. Реактор не вироблятиме електроенергії – якщо він дасть потрібні результати, то потім будуть побудовані промислові термоядерні реактори. Невелика кількість важкої води, до складу якої замість водню входять атоми дейтерію, є у звичайній воді. Промислове виробництво цього ізотопу – десятки тисяч тонн на рік, тимчасом як світові запаси тритію – лише 25 кг. Для запуску ITER знадобиться щонайменше три кілограми тритію, а потім споживання знизиться до кілограма на рік. Якщо промислові реактори, що замінять цей токамак, матимуть такі самі витрати, то видобутку тритію просто не вистачить для їхньої роботи. Навіть якщо ITER 2025-го запустить реакцію, його команді знадобляться роки, щоб довести реактор до запланованих показників. І в разі успіху мине ще 15-20 років на побудову комерційних реакторів. За оптимістичним сценарієм, електроенергія з термоядерного синтезу буде отримана через більше ніж 100 років після побудови першого токамака. Цілком можливо, що на той момент завдяки розвитку альтернативних джерел енергії потреби у термоядерних реакторах не буде.

Американська компанія *Lockheed Martin* будує компактний реактор, який «розміститься в кузові вантажівки», а його потужності вистачить на «живлення електроенергією 80-тисячного міста». Їхній проект передбачає утримувати суміш дейтерію і тритію в невеликому просторі за допомогою потужного магнітного поля. Суміш розігріватимуть електромагнітні імпульси. Хоча компанія планувала показати демоверсію реактора торік улітку, та робота над ним досі не завершена.

Реальні можливості оволодіння синтезом і початку промислової експлуатації термоядерних реакторів відсуваються на середину 21 століття. До цього часу вдасться підібрати необхідні матеріали і відпрацювати безпечну його експлуатацію. Оскільки подібні реактори будуть працювати з плазмою дуже низької щільності, безпеку термоядерних електростанцій буде набагато вище, ніж атомних станцій. Будь-яке порушення в зоні реакції відразу «загасить» термоядерна полум'я. Але нехтувати заходами безпеки не варто: одинична потужність реакторів буде настільки велика, що аварія навіть в контурах відбору тепла може спричинити і жертви, і забруднення навколишнього середовища.

**Екологізація транспорту** передбачає: 1) включення екологічних вимог в організацію транспортних потоків з метою зменшення транспортного забруднення за рахунок скорочення холостих пробігів та оптимізації маршрутів; 2) придушення тенденції індивідуалізації транспортних засобів та сприяння розвитку комфортного та економічного громадського транспорту з метою зменшення загального числа транспортних одиниць; 3) створення нових транспортних засобів і заміна одних засобів транспорту іншими, більш екологічними, а також створення нових, більш екологічних двигунів для наявних транспортних засобів; 4) розробка і застосування більш безпечних палив або інших джерел енергії; 5) заміна шкідливих паливних присадок каталітичними засобами оптимізації спалювання; 6) доопалення та очищення вихлопів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ); 7) пасивний та активний захист від шуму і вібрації. Всі ці заходи дуже важливі, так як без них спільна природоємність транспорту незабаром може перевершити природоємність стаціонарної енергетики і промислового виробництва.

Проблеми екологічної безпеки автотранспорту є складовою частиною екологічної безпеки. Значимість і гострота цієї проблеми ростуть з кожним роком. Екологічні проблеми, пов'язані з використанням традиційного моторного палива в двигунах транспортних засобів, актуальні для всіх країн світу. За останні 40 років вміст токсичних компонентів зменшилася на 70 %. В даний час багато закордонних моторобудівні фірми взяли курс на вирішення завдання досягнення нульової (*Zero*) токсичності відпрацьованих газів: фірмою *Opel* розроблений легковий автомобіль, що працює на природному газі, більш екологічний та економічний, ніж бензині; швейцарською фірмою *Rinspeed* розроблений автомобіль, який в якості палива використовує біогаз (розганятися з місця до 100 км/год за 6 секунд); автомобілі *Volvo* працюють на метані і пропане (на одній заправці газом можна проїхати до 300 км, якщо автомобіль працює на метані, або 450 км, якщо машина використовує пропан).

**Переваги електромобілів:** 1) скорочення витрат (машина на електричному акумуляторі дозволяє заощадити на паливі, а паливні витрати – одні з основних при утриманні автомобілів); 2) простота

обслуговування (немає масла, свічок і багатьох інших потенційно «проблемних» елементів, які потрібно регулярно міняти, прочищати, оглядати); 3) *зниження шуму* (електродвигуни тихо і плавно розганяються і набирають значне прискорення); 4) *вартість* (електромобілі давно вже доступні, їх дешевше утримувати та обслуговувати, а також для них часто діють спеціальні програми і знижки); 5) *різноманітність* (чим вища популярність – тим більше нових моделей з'являється з року в рік); 6) *безпека* (електромобілі переважно оснащені максимально сучасними системами, а при зіткненні датчики просто відключають акумулятор, що запобігає отриманню серйозних травм); 7) *електрокари в тренді* (все більше знаменитостей віддають перевагу саме їм, що є важливим нюансом для тих, хто любить тримати руку на пульсі). Крім того, електродвигун не виділяє шкідливих речовин, але тут виникає питання про виробництво цієї енергії. Бажано, щоб для цього використовувалися альтернативні поновлювані джерела, але поки неможливо втілити це в повній мірі, а це вже призводить до мінусів електрокарів.

*Недоліки електромобілів:* 1) сама по собі електрика не безкоштовна, а для повного заряду її потрібно досить багато; 2) станцій для підзарядки поки недостатньо багато і це одна з головних проблем при повсякденному використанні електрокарів); 3) швидкість і пробіг електромобілів обмежені (без підзарядки вони можуть пройти в середньому 160-230 км, а сучасні акумулятори поки не дозволяють значно збільшити цей показник і не обтяжувати машину); 4) повна зарядка акумуляторів може займати до 8-10 годин, що потрібно враховувати при плануванні часу та поїздок; 5) переважно електромобілі – це компактні смарти, в основному, двомісні, а тому вони явно не підійдуть для великої родини і замських виїздів на пікнік; 6) хоча асортимент зростає, він все ще обмежений досить однотипними моделями. Шведська фірма *Polestar* проаналізувала «вуглецевий слід» електромобіля *Polestar 2* та звичайного *Volvo XC<sub>40</sub>*. З'ясувалося, що найбільше парникових газів викидається в повітря при виробництві самої машини і батареї, а щоб зрівнятися за цим показником з *XC<sub>40</sub>*, «двійці» потрібно проїхати як мінімум 50000 км. На етапі виробництва кросовера з традиційним ДВЗ в атмосферу викидається 14 т *CO<sub>2</sub>*, а показник для *Polestar 2* і батареї до нього – 24 т. Під час експлуатації *Volvo XC<sub>40</sub>* додасть ще 41 т, а *Polestar* – 23 т, якщо використовувати змішані джерела електроенергії, і 0,4 т – за умови, що електрику можна лише з вітряків.

*Екологізація сільського господарства* ще в недавньому минулому здавалася б зайвим вимогою, так як неіндустріалізовані землеробство і тваринництво були по суті самою екологічною сферою господарської діяльності людини. Однак у ХХ ст. відбулося швидке перетворення сільського господарства в агропромислове виробництво з усіма наслідками механізації і хімізації. Індустріалізація агрокомплексів і ферм, широке

застосування мінеральних добрив і пестицидів підвищили питому продуктивність агроценозів, але знизили їх екологічність та екологічну якість сільськогосподарської продукції. Для подолання цієї тенденції необхідний комплекс заходів, який, крім вимог екологізації, характерних для промисловості, включає також: 1) обмеження використання сольових форм мінеральних добрив і заміна їх спеціально трансформованими органічними добривами та органо-мінеральними сумішами (цю технологію іноді позначають як «біологічне» або «органічне» землеробство); 2) мінімізацію застосування пестицидів і максимальну заміну їх біологічними засобами боротьби з шкідниками; 3) виключення гормональних стимуляторів і хімічних добавок при годівлі тварин; 4) граничну обережність у використанні трансгенних форм сільськогосподарських рослин та інших продуктів генної інженерії; 5) застосування найбільш сприятливих методів обробки землі.

Основні напрями екологізації традиційного сільськогосподарського виробництва: екологізація технологій в рослинництві, тваринництві, аквакультурі, агролісівництві; екологізація сільськогосподарського землекористування; екологізація сільськогосподарської техніки; екологізація загального природокористування; екологізація поводження з відходами сільськогосподарського виробництва (маловідходні технології, отримання біопалива з відходів та залишків виробництва тощо); екологізація захисту сільськогосподарських рослин і тварин; екологізація біологічної безпеки в сфері традиційного сільськогосподарського виробництва; екологізація свідомості селян.

**Екологізація рекреаційно-туристичної діяльності.** *Рекреація* (від. лат. *recreatio* – відновлення) – система заходів, що пов'язана з використанням вільного часу людини для її оздоровлення, а також культурно-пізнавальної та спортивної діяльності поза межами постійного місця проживання. *Туризм* – специфічна форма активного відпочинку, що має культурно-виховне, науково-пізнавальне, спортивно-оздоровче значення; сукупність відносин і явищ, які виникають у процесі подорожі та перебування людей поза межами їх постійного місця проживання з метою відпочинку, ознайомлення з НПС, лікування, участі в наукових, культурних, ділових зустрічах та ін. (*Екологічна енциклопедія*, 2007, Т.3). Межі меж поняттями «рекреація» і «туризм» достатньо умовні, а тому словосполучення «рекреаційно-туристична діяльність» (РТД), яка ґрунтується на рекреаційно-туристичних ресурсах і умовах, широко використовується у літературі.

Відомо, що рекреація і туризм є важливими складовими економіки багатьох країн, але при РТД неминуче відбувається зміна НПС. При цьому негативні зміни переважають, завдаючи йому значний і все зростаючий збиток. Вплив РТД на НПС може бути прямим, непрямим і спонукальним, а також позитивним і негативним. РТД не може розвиватися без взаємодії з НПС, однак за допомогою управління розвитком РТД і чіткого планування, можливо, зменшити негативний вплив і збільшити позитивне. Негативний

вплив РТД, позначається насамперед на природних багатствах країн або районів масового відпочинку і подорожей. Особливу привабливість для туристів мають незаймані природні ландшафти, куточки дикої природи, тому важливе значення має розвиток РТД на особливо охоронюваних природних територіях може (ООПТ) – *Е.О. Дедовских та ін.*

З одного боку, розвиток РТД в багатьох частинах світу виявився потужним стимулом для охорони рідкісних видів і унікальних екосистем, адже природний туризм – одна з небагатьох форм економічної діяльності, що не передбачає вилучення об'єктів живої природи (за винятком мисливського та рибальського туризму). Але без належного контролю та управління успіхи в розвитку природного туризму можуть швидко обернутися «зворотною стороною». Небувале зростання числа прихильників природного туризму створив цілий комплекс проблем. Надмірний і неконтрольований потік туристів нерідко є причиною деградації НПС, зниження біологічного та культурного розмаїття. Негативні ефекти від туризму можуть поширюватися і за межі ООПТ, зачіпаючи інтереси навколишніх поселень.

Негативні аспекти розвитку РТД в ООПТ більш широко відомі, ніж його позитивні аспекти. Зростання числа рекреантів (туристів), нераціональне використання природних ресурсів, будівництво готелів, інші види діяльності, пов'язані з РТД, впливають на НПС певним чином. Такі дії можна умовно розділити на дві категорії: прямі і непрямі. *Прямий вплив* обумовлено безпосереднім присутністю рекреантів (туристів) і їх діяльністю, *непрямий вплив* – використовуваними в РТД транспортом та інфраструктурою.

Один з найбільш повних оглядів негативних ефектів природної РТД представлений в роботі *Гектора Цебаллос-Ласкурейна (Ceballos – Lascurain, 1996)*, який виділяє наступні види впливів: на геологічне середовище, на ґрунти, на водні ресурси, на рослинність, на тварин; зміна санітарних умов; зміна естетичних особливостей ландшафту; вплив на культурне середовище.

Слід особливо підкреслити, що, якщо РТД завдає шкоди довкіллю, то він не є екологічно орієнтованою. Істинно екологічно орієнтована РТД по факту – одне з найбільш потужних засобів охорони НПС. Завдання екологічно орієнтованої РТД – звести до мінімуму можливі негативні наслідки подорожей в природу і максимально збільшити їх переваги.

Щоб зменшити ступінь негативного впливу РТД необхідно здійснювати екологізацію всіх його складових, а також активніше впроваджувати екологічний туризм.

*Екологізація* РТД – це процес її організації на засадах впровадження ідей збереження природного та історико-культурного середовища.

*Екологічний туризм* (ЕТ) – це різновид природного туризму, що об'єднує людей, які подорожують з науково-пізнавальними цілями (*М.Б. Биржаков, 2004*). Всесвітня туристична організація дає наступне визначення ЕТ: «екологічний туризм – це туризм в незаймані куточки

природи». Більш досконалим є визначення Суспільства екотуризму США: «екотуризм – це будь-які види туризму та рекреації в природі, які не завдають шкоди природним комплексам, сприяють охороні природи і поліпшенню добробуту місцевого населення».

В основі ЕТ лежать наступні принципи: 1) подорож в природу, причому головний зміст таких подорожей – знайомство з живою природою, а також з місцевими звичаями і культурою; 2) зведення до мінімуму негативних наслідків екологічного та соціально-культурного характеру, підтримання екологічної стійкості середовища; 3) сприяння охороні природи та місцевого соціокультурного середовища; 4) екологічна освіта та просвіта; 5) участь місцевих жителів і отримання ними доходів від туристської діяльності, що створює для них економічні стимули до охорони природи; 6) економічна ефективність і внесок у стійкий розвиток відвідуваних регіонів.

Концепцію ЕТ можна представити у вигляді наступних базових принципів (*Екологічний туризм...*, 2002): 1) принцип мінімізації негативного впливу (природна і соціокультурна сумісність як фундаментальна умова, контроль та участь з боку місцевих громад, рівноправний доступ до природних ресурсів, дотримання гранично допустимих рекреаційних навантажень); 2) принцип посилення і широкого охоплення (створення фінансових, економічних і соціально-культурних переваг для охоронюваних територій і місцевого населення); 3) принцип підвищення природоохоронного, екологічного і культурного свідомості, до складу екологічна просвіта, повагу звичаїв і традиційного укладу місцевих спільнот, обмін досвідом.

Все різноманіття видів ЕТ доцільно розділити на два його основних типи: 1) ЕТ *в межах* ООПТ – розробка і проведення таких турів є класичним напрямком у ЕТ, а відповідні тури відносяться до екотуру у вузькому значенні цього терміна, їх можна віднести до «австралійської» моделі ЕТ; 2) ЕТ *поза межами* ООПТ – до цього типу турів можна віднести весь широкий спектр видів екологічно орієнтованого туризму, починаючи від агротуризму і аж до круїзу на комфортабельній лайнері. Цю групу екотурів можна віднести до «німецької», або до «західноєвропейської» моделі (*А.В. Дроздов, 2003*).

*Л.В. Деточенко (2004)* пропонує виділяти три основних напрямки ЕТ: 1) *класичний природний* ЕТ, головним об'єктом якого є дика природа, практично не яка має антропогенного впливу; 2) *рекреаційний* ЕТ, головним об'єктом якого є території, що видозмінені людиною та території з вторинною квазіприродою, але відносно екологічно сприятливою для цілей рекреації та туризму; 3) *соціально-культурний* ЕТ, суть якого полягає в знайомстві і вивченні (але без будь-якого втручання) туристами культури, звичаїв, способу життя, вірувань, особливостей взаємодії з навколишнім середовищем різних народів, що населяють ту чи іншу територію.



Розвиток РТД в заповідниках і національних парках ґрунтується на декількох ключових принципах (Н.В. Моралева та ін., 2001; *Экологический туризм...*, 2002):

– *Дотримання основ заповідної справи.* ЕТ повинен базуватися на головних досягненнях заповідної науки і практики і не суперечити основам заповідної справи.

– *Вибірковість.* Не для кожного заповідника та національного парку розвиток ЕТ виправдано і рентабельно. Рішення про те, чи розвивати цю діяльність в конкретному заповіднику або національному парку, має прийматися на основі експертного аналізу. Для заповідників і національних парків неприйнятні масові види туризму. Потік туристів в заповідники і національні парки повинен обмежуватися і ретельно регулюватися, що має на увазі вибір оптимальних категорій відвідувачів.

– *Опора на регіональні пам'ятки.* Для розвитку ЕТ повинні використовуватися буферні зони заповідників і національних парків, а також суміжні території. Заповідники і національні парки будуть отримувати дохід, виступаючи в якості організаторів програм ЕТ на місцях, надаючи відвідувачам різноманітні послуги.

– *Спеціалізація і кооперація.* РТД здійснюється на методичній базі заповідників і національних парків, в тісній кооперації з їх науковими та еколого-просвітницькими відділами. Через мережу спеціалізованих турагентств і туроператорів здійснюється підбір клієнтів і організація екскурсій.

– *Гроші – не головне.* Отримання доходів від РТД не є основною метою ЕТ в заповідниках і національних парках.

– *Рентабельність.* Незважаючи на те що «гроші – не головне», цей вид діяльності не повинен бути збитковим для заповідників та національних парків.

Процеси екологізації повинні охоплювати всі складові сфери індустрії туризму (рекреації): розміщення; перевезення; харчування; реалізацію послуг; дозвілля і розваги; лікування та оздоровлення.

Однією з найбільш відомих міжнародних програм сертифікації в області екотуризму є програма «*Green Globe 21*». Вона розроблена британською компанією, що працює в більш ніж 50 країнах. Програма має міжнародний статус і на сучасному етапі охоплює, крім ряду складових інфраструктури масового туризму (готелів, виставкових залів, аеропортів, авіаліній, гаваней, круїзних кораблів, залізниць, ресторанів і т. д.), всілякі туристські місця призначення, включаючи місцеві спільноти та території, що перебувають під охороною. Стандарти системи *Green Globe 21* охоплюють шість сфер: 1) зменшення утворення відходів, їх багаторазове використання і переробка; 2) ефективність використання енергії; 3) управління використанням прісної води; 4) управління стічними водами; 5) екологічно чутлива торгова політика; 6) соціо-культурний розвиток. Виділяється

декілька рівнів виконання критеріїв стандарту *Green Globe 21*, відповідно до якого, підприємства отримують різні логотипи з екологічним маркуванням: «*affiliate*» – відповідність мінімальному набору критеріїв, «*benchmarked*» – відповідність основним критеріям, «*certified*» – відповідність усім вимогам стандарту, що підтверджено аудитом цього аудитором, проведеним третьою стороною безпосередньо на об'єкті.

Особливості розвитку ЕТ в регіонах України показані в роботі *І.Т. Русева, Т.А. Сафранова* (2005).

#### 4.5 Принципи екологізації освіти

*Екологізація системи освіти* (*Н.М. Мамедов, 2012*) – це характеристика тенденції проникнення екологічних ідей, понять, принципів, переходів в інші дисципліни, а також підготовка екологічно грамотних фахівців різного профілю. Саме в наші дні потрібно екологізація взагалі всієї системи освіти і виховання. Мета даної трансформації – проникнення сучасних екологічних ідей і цінностей у всі сфери суспільства, його екологізація. Бо тільки так, через екологізацію всього суспільного життя, можна врятувати людство від глобальної екологічної катастрофи.

Пропонується здійснити послідовну екологізацію вузівських навчальних дисциплін. Цей процес зачіпає як навчальну, так і позанавчальну діяльність студентів, будується на принципах цілісності, єдності і наступності всіх ланок і етапів вузівського навчання, а також на встановленні міжпредметних зв'язків та інтеграції навчальних дисциплін.

Інформація з проблем НС вводиться в основні навчальні курси з урахуванням специфіки кожного предмета. Це можливо реалізувати в курсі лекцій, на семінарських та лабораторних заняттях, по закінченні викладу теми (розділу), в кінці вивчення всього теоретичного курсу. При цьому екологічному змістом має бути чітко визначено місце в кожному розділі. Слід також здійснювати взаємозв'язок екологічних, природоохоронних та виховних аспектів досліджуваного матеріалу, ретельно продумувати методику викладу матеріалу.

Ефективність формування екологічної компетентності майбутніх фахівців у галузях різних знань може бути реалізована лише на основі комплексно-системного підходу, тобто шляхом екологізації системи вищої освіти України. Екологізація системи освіти – це процес формування екологічних світоглядних позицій, нової філософії життя, типу мислення і взаємовідносин у системі людина – техносфера – біосфера шляхом введення в освітні програми усіх навчальних закладів України спеціальних дисциплін екологічного спрямування, а також наповнення інших дисциплін матеріалом екологічного змісту (*Екологічна енциклопедія. 2006. Т.1. С.307*).

Метою екологізації системи вищої освіти України є формування у майбутніх фахівців різних спеціальностей екологічної компетентності, здатності прийняття технічних, технологічних, управлінських, господарських та інших рішень з урахуванням конкретної екологічної ситуації.

В «Концепції екологічної освіти України» (КЕОУ), яка була затверджена Колегією Міністерства освіти і науки України, протокол №13/6-19 від 20.12.2001 р., зазначено, що вища екологічна освіта спрямована, з одного боку, на завершення формування екологічної культури фахівців за різним фахом, і, з іншого – вона забезпечує підготовку спеціалістів із профільною вищою екологічною освітою різних рівнів, які відрізняються за ступенем глибини, ґрунтовності й специфікою підготовки спеціалістів. КЕОУ була першим важливим кроком у розвитку екологічної освіти і культури в державі, але вона відіграла свою позитивну роль протягом минулого десятиріччя і сьогодні потребує оновлення, актуалізації з урахуванням усіх нових законодавчих вимог, загальноєвропейських тенденцій розвитку екологічної освіти (*В.І. Бондар та ін., 2015*). Окремі положення існуючої КЕОУ вже втратили свою актуальність, що обумовлює розроблення сучасної Концепції, а, мабуть, і окремої Концепції вищої екологічної освіти України.

Дійсно, проблема оновлення природничої, гуманітарної та технічної вищої освіти шляхом екологізації і включенням ідей сталого розвитку знайшло відображення в діючих стандартах вищої освіти України для здобувачів рівня вищої освіти «бакалавр» усіх спеціальностей. Саме ці загальні компетентності містять елементи екологізації вищої освіти, принципи якої були закладені в КЕОУ, однак не були реалізовані належним чином, і, насамперед, в «неєкологічних» ЗВО. А, отже, не було приділено достатньої уваги формуванню системи знань і практичних навичок майбутніх фахівців широкого кола спеціальностей, що дозволило б їм вільно орієнтуватися при вирішенні різноманітних екологічних проблем.

Як вважають *Ю.Ю. Туниця та ін. (2015)*, екологізація освіти є ключовим фактором підготовки фахівців для сталого розвитку. МОН України розглядає екологізацію національної освіти як важливе стратегічне завдання, про що свідчить Рішення його Колегії за № 10/6-4 від 27.11.2015 р. «Про екологізацію освіти з метою підготовки фахівців для сталого розвитку». Вказаний документ рекомендував включати в стандарти вищої освіти екологічну компетентність майбутніх фахівців до переліку загальних компетентностей, а також включати екологічну складову до змісту навчальних дисциплін усіх галузей знань. Ректорам (директорам) ЗВО, керівникам установ, організацій та підприємств, що перебувають у сфері управління МОН України, начальникам (директорам) управлінь (департаментів) освіти і науки обласних та Київської міської

державних адміністрацій рекомендувати: включати екологічну складову до змісту навчальних дисциплін усіх галузей знань, проводити семінари, тренінги, обмін досвідом, здійснювати аналіз та використання вітчизняної і зарубіжної літератури з питань екологізації освіти; у співпраці з органами місцевої влади організувати функціонування «зелених» студентських містечок за прикладом провідних університетів світу (включаючи збереження електроенергії, тепла і води, використання сонячної енергії, роздільного збору сміття та побутових відходів, термоізоляцію будівель тощо).

Незважаючи на вищевказані рішення МОН України, а також внесення в стандарти вищої освіти для РВО «бакалавр» усіх спеціальностей (галузей знань) екологічної компетентності до переліку загальних компетентностей, істотних змін щодо екологізації національної системи вищої освіти не спостерігається. Можливо, що лише рекомендаційний характер рішень МОН України є причиною такого індивідуального відношення до екологізації освітніх програм з боку неекологічних ЗВО.

Концептуальні принципи екологізації вищої освіти України повинні ґрунтуватися на підвищенні рівня екологічної компетентності здобувачів всіх рівнів вищої освіти. Екологізація освіти в неекологічних ЗВО сприятиме формуванню знань, вмінь і практичних навичок у майбутніх фахівців широкого кола спеціальностей (галузей знань), що дозволить їм орієнтуватися при вирішенні сучасних екологічних проблем. Навряд чи це можливо вирішити лише шляхом включення дисципліни «Основи екології» («Екологія») в освітні програми. Програма цієї дисципліни повинна охоплювати основні положення загальної і глобальної екології, антропогенного впливу на складові довкілля, базові принципи збалансованого природокористування і стратегії сталого розвитку з урахуванням специфіки освітніх програм різних спеціальностей (галузей знань). Екологічну складову в неекологічних ЗВО не слід зводити лише до вивчення цієї дисципліни і опанування базових екологічних знань. Наприклад, механізм врахування екологічних міркувань під час прийняття рішення про впровадження планованої діяльності шляхом розгляду розумних альтернатив та розробки екологічних умов провадження планованої діяльності, зумовлює необхідність опанування майбутніми фахівцями багатьох спеціальностей щодо принципів оцінки впливу на довкілля, нормативно-законодавчих документів в сфері охорони навколишнього середовища тощо. Доцільним представляється включення в кваліфікаційні роботи випускників природничих, аграрних, технічних, технологічних та інших ЗВО України спеціальних розділів з охорони довкілля та збалансованого природокористування.

Наприклад, можна говорити про засади екологізації хімічної освіти, що дозволяють визначити зміст системи знань про хімічні аспектах екології в

ряді навчальних предметів середньої і вищої школи, переорієнтувати зміст хімічного експерименту і хімічних задач на екологічну проблематику, осмислити нові функції кабінету хімії в умовах екологізації шкільної освіти. Хімія тут вибрана не випадково. Останнім часом виявляється виразна тенденція в нашому вже досить екологізованому суспільному свідомості протиставляти екологію людини і хімію. Дійсно, хімічне виробництво за свою історію завдало чималої шкоди природному середовищу. Коли при наявності такого гострого і актуального протиріччя ставиться питання про екологізації хімічної освіти, тоді мова йде не про механічному поєднанні екології та хімії, а про інтегративному підході до даної проблеми. Досить цікавою є досвід ФРН у вирішенні даної проблеми. З кінця 1980-х років у ФРН почався, а до теперішнього часу вже завершився перехід від природоохоронних принципів в освіті до екологічних, що в загальних рисах збігається з аналогічним процесом у нашій країні.

Сучасний підхід до шкільного екологічної освіти у ФРН характеризується такими основними принципами: 1) екологізація охоплює не тільки всі шкільні програми, але все шкільне життя, коли школа розглядається як якесь «екологічне господарство», полігон для впровадження екологічного знання; 2) освіта набуває не цільовий, а в більшій мірі процесуальний характер – від формування самостійності учня, його самовизначення по відношенню до природи до придбання відповідних конкретних навичок; 3) екологічна освіта стає складовою частиною загального громадянського виховання; 4) велика увага приділяється екологізації прикладних шкільних дисциплін (економіка домашнього господарства, техніка, трудове навчання); 5) у методах навчання все більше місце займає проектне навчання.

Екологізація освіти, в свою чергу, тісно пов'язана з економічним життям суспільства. Система взаємин людини і природи тут будується як система «природа – суспільство – економіка». Школа є робочим місцем для учнів, вчителів, для обслуговуючого персоналу – господарством, яке витрачає природні ресурси, споживає енергію і продукти харчування, продукує відходи і т.п. Безпосередньо в навчальному процесі простежується чітка орієнтація на підготовку учнів до вирішення в майбутньому конкретних локальних завдань.

Існують два різних терміна – «екологічне виховання» і «екологічна освіта». Перше неможливо без другого, і тому освіта повинна розвиватися в контексті другого, тим більше, що знання самі по собі ще не визначають спрямованість діяльності людини.

**Екологічне виховання** має представляти цілісну систему, що охоплює все життя людини. Воно повинно мати на меті формування світогляду людини, заснованого на поданні про свою єдність з природою і про спрямованість своєї культури і всієї практичної діяльності людини не на експлуатацію природи і навіть не на збереження її в первозданному вигляді, а

на її розвиток, здатне сприяти розвитку суспільства. У цьому і полягає принцип *сучасного антропоцентризму*, заснованого на розумінні того факту, що подальший розвиток людства може відбутися тільки спільно з подальшим розвитком природи, її різноманіття і багатства.

Для того щоб реалізувати цей принцип, екологічне виховання має починатися з самого раннього дитинства. Ще в сім'ї і в дошкільні роки дитина повинна отримати деякі початкові відомості про навколишній світ, природу, про необхідність і доцільність дбайливого ставлення до рослин, тварин, про збереження чистоти повітря, води, землі. Ці знання повинні бути розвинені і закріплені в початкових класах середньої школи. Одночасно повинна бути створена атмосфера доброзичливості по відношенню до природи, щоб у дитини сформувався світорозуміння, включає його в навколишній світ не як господаря, а як учасника природного його розвитку.

Екологія – велика наукова дисципліна, але її викладання має бути дозовано і не перетворюватися на систематичний багаторічний курс. Початкові відомості повинні бути отримані вдома або в дошкільних установах і закріплені серією спеціальних уроків і цілеспрямованих екскурсій в перших класах. Вони повинні бути «природознавче орієнтовані». Що ж до систематичного курсу екології, то він повинен бути прочитаний в одному з останніх класів середньої школи. У ньому слід не тільки узагальнити і систематизувати знання, отримані в попередніх класах, але і внести деякі загальні філософські (ідеологічні) уявлення, що закладають основи сучасного світорозуміння.

Сьогодні багато говорять про *екологізацію освіти*. Це дуже важливий елемент екологічного виховання. Екологічне мислення, уявлення про довкілля і місце в ній людини повинні бути присутніми у всіх проявах його активності. Досить ефективним засобом реалізації цього принципу і є екологізація освіти. Вона полягає в тому, що практично все викладаються дисципліни шкільного курсу повинні містити екологічний матеріал. Не тільки біологія, хімія, географія, але й історія, література та інші дисципліни можуть стати засобом отримання екологічних уявлень і екологічних знань.

У вищій освіті є три істотно різних напрямки екологічної освіти.

*Перший напрям* – світоглядний. Воно безпосередньо продовжує те освітній напрямок, який було закладено ще в середній школі. Незалежно від тієї області діяльності, яку вибирає майбутній фахівець, він повинен володіти необхідним світорозумінням, певним філософським фундаментом для своєї діяльності, емпірично обґрунтованим раціоналістичним баченням людини в біосфері і бути здатним спиратися на досягнення природничих наук. Але цей філософський фундамент повинен бути не класичним раціоналізмом XVIII або XIX ст., який розглядав людину як стороннього спостерігача, а раціоналізмом сучасного століття, що представляє людину активним учасником процесу розвитку біосфери.

*Другий напрям* – екологічний професіоналізм майбутнього фахівця. Якщо перший напрямок досить універсальний, то другий пов'язаний з характером майбутньої діяльності студента, з його здатністю приймати найбільш раціональні, конструктивні, технологічні, господарські або адміністративні рішення з урахуванням екологічних факторів. Така підготовка має бути абсолютно різною в навчальних закладах різного профілю.

*Третій напрям* діяльності пов'язаний з необхідністю підготовки фахівців, здатних вирішувати численні завдання по взаємовідношенню людини і НС. Це мають бути фахівці, які поєднують екологічні знання з широкою гуманітарною підготовкою: в області економіки, правознавства та багатьох інших гуманітарних дисциплін.

Наступним важливою ланкою єдиної системи екологічної освіти має стати післявузівське навчання, підвищення кваліфікації, перепідготовка кадрів та екологічна освіта широких верств населення. Ці ідеї акад. *Н.М. Моїсєєва* (2010) відображені в «Концепції екологічної освіти України», затвердженій Колегією Міністерства освіти і науки України (протокол № 13/6-19 від 20.12.2001р.). Цей документ є важливим кроком у розвитку екологічної освіти та екологізації освіти, де зачіпаються практично всі аспекти безперервної екологічної освіти, виховання і освіти, які є нерозривною частиною єдиного процесу формування екологічної культури суспільства. У «Концепції екологічної освіти України» велика увага приділяється як загальній, так і професійній вищій екологічній освіті. Ставлення до підготовки фахівців-екологів неоднозначне не тільки в Україні, але в країнах всього пострадянського простору.

***Екологізація суспільної свідомості.*** Історичні долі цивілізації залежать від того, які взаємовідносини людини і природи. До недавнього часу ставлення суспільства до НПС носило споживчий характер. Природа цікавила людини насамперед, як джерело ресурсів для підтримки виробництва і споживання. Настав час переходу до іншої культури, яка орієнтується не тільки на споживання природних ресурсів, а й на підтримку НПС в стані, придатному для життя сучасних і наступних поколінь, а також інших організмів, що населяють планету.

*Екологічна культура*, таким чином, має на увазі зміну характеру відносин людей до природи і характеризується такими особливостями: 1) вищу цінність являє гармонійний розвиток людини і природи, природне визнається спочатку самоцінним, незалежно від корисності або марності для людини; 2) світ людей не протиставлено світу природи, обидва вони є елементами єдиної цільної системи; 3) метою взаємодії з природою є максимальне задоволення як потреб людини, так потребою всього природного співтовариства; 4) характер взаємодії з природою не порушує існуюче в природі рівновагу; 5) етичні норми і правила рівним чином поширюються як на взаємодії між людьми, так і на взаємодію з світом

природи; 6) розвиток людини і природи – процес взаємовигідного співробітництва; 7) діяльність з охорони природи продиктована необхідністю зберегти природу заради неї самої.

*Екологічна свідомість*, тобто відношення людини до природи, формується в процесі екологічного виховання та освіти.

Основні напрями формування екологічної культури не можуть бути ефективно реалізовані, якщо природоохоронні принципи не будуть впроваджені у суспільство шляхом масового виховання і пропаганди охорони навколишнього середовища. Основними напрямками поширення екологічних знань серед населення є: 1) забезпечення відкритості інформації про стан навколишнього середовища; 2) забезпечення доступу громадян до екологічної інформації, життєво важливою для їх безпеки; 3) збільшення обсягів видаваної екологічної літератури, масових видань з питань охорони навколишнього середовища; 4) прагнення обговорювати публічно актуальні питання охорони навколишнього середовища.

Можливість включитися кожному в різну практичну діяльність дає участь у масштабних загальноукраїнських та міжнародних акціях. Робота під гаслом «Мислити глобально – діяти локально» дозволяє кожному відчувати свою співпричетність до вирішення загальної для всіх проблеми.

На нашій планеті стане трохи чистішим, якщо в повсякденному житті кожен буде дотримуватися кількох нескладних правил.

- *Зниження споживання, повторне використання, вторинна переробка* – ці три процеси взаємопов'язані. У першу чергу варто замислитися про зниження споживання, другий крок – знайти конструктивне застосування речам і матеріалам, які стали непотрібними.

- *Що можна переробити, а що не можна*. Уважно читайте етикетки, що стосуються можливості вторинної переробки упаковки і вийшли з ужитку речей. Відслужила техніку – в переробку. Городяни все більше звикають до переробки електронних пристроїв. Якщо у вас є відпрацював своє прилад, запропонуйте його ремонтній майстерні або приватного майстра на деталі.

Заохочуйте творчість. Якщо ви знаєте кого-небудь, хто у своїй творчості дає життя вийшли з ужитку речам, запропонуйте їм свої ідеї та матеріали. Такі речі можуть стати в нагоді і школярам для їхніх виробів.

- *Економте воду*. Вимикайте кран з водою в той час, поки чистите зуби. За рік це допоможе зберегти близько 11 тис. літрів питної води. Користуйтеся душем, а не приймайте ванну. Всього дві хвилини включеного душа – це 38 літрів води.

- *Купуйте товари з вторсировини*. Підтримуйте рециклінг, купуючи і використовуючи те, що можна буде переробити. Зараз можливо відшукати речі з високим вмістом вдруге використаного сировини.

- *Подумайте про подальшу переробку*. При покупці нової речі зверніть увагу на можливість її переробки після закінчення терміну служби. За



оцінками експертів, людина користується пластиковим пакетом 12 хвилин, а розкладається приблизно 400 років.

- *Віддавайте для користі іншим.* Якщо у вас є речі, які вам не підходять або не подобаються, але цілком придатні, благодійні організації візьмуть їх і передадуть нужденним.

- *Киньте сигарету.* Недопалки забруднюють довкілля чи не сильніше пакетів: при згорянні тютюну виділяється приблизно 4000 речовин, лівова частка з яких токсичні. Недопалки, які розпадаються протягом 10 років, виділяють агресивні речовини (ртуть, миш'як, кадмій), які проникають в ґрунти.

У зелений колір забарвлені тепер не тільки трава і дерева. Зеленими тепер стають одяг, продукти, магазини і цілі країни. Людство безповоротно змінює навколишній світ, заподіює шкоду природі і змінює життя кожної людини не в кращу сторону. Однак прогрес зупинити неможливо – ми в силах лише знайти той баланс, який дозволить нам жити на чистій планеті. А для цього потрібно просочити все суспільство, зверху донизу зеленими ідеями.

«Зелена економіка» – напрям в економічній науці, в рамках якого вважається, що економіка є залежним компонентом природного середовища, в межах якого вона існує і є його частиною. Теорія зеленої економіки базується на 3 аксіомах:

1) неможливо нескінченно розширювати сферу впливу в обмеженому просторі;

2) неможливо вимагати задоволення нескінченно зростаючих потреб в умовах обмеженості ресурсів;

3) все на поверхні Землі є взаємопов'язаним.

Зелені економісти вважають економічне зростання непорозумінням, тому що він суперечить першій аксіомі. «Зростізм» (*Growthism*), вважають прихильники зеленої економіки, порушує нормальне функціонування природних екосистем. Зеленими економістами пропонується встановлення податку Тобіна в розмірі 1 % від усіх міжнародних торгових угод, з тим, щоб направляти зібрані кошти бідним країнам з метою гальмування посилення диференціації між розвиненими країнами і такими, що розвиваються. Крім цього, пропонується використовувати категорію «*природний капітал*» (*Natural capital*) замість категорії «*природні ресурси*», яка як би свідчить про пасивну роль природи в економіці.

Світовій економіці необхідна екологізація, вважають фахівці і закликають інвестувати в екологічні технології додаткові \$ 14 трлн. до 2030 р. Про це йде мова в «Огляді екологічних інвестицій: шляхи і способи відкрити приватні фінанси для екологічного зростання», підготовленому експертами Світового банку, Deutsche bank та ОЕСР (Організація економічного співробітництва та розвитку) для Всесвітнього економічного форуму в Давосі.

Екологізація глобальної економіки – єдиний спосіб задовольнити потреби населення Землі, яке досягне 9 млрд. людей до 2050 р. Це посприє зростанню його добробуту, скоротить викиди парникових газів і підвищить ефективність використання природних ресурсів. Створення та впровадження «низьковуглецевих» технологій допоможе боротися з глобальним потеплінням. Більш «зеленими», на думку експертів, повинні стати енергетика, транспорту, будівництво, сільське господарство та інші галузі.

За останній час в світі були зроблені серйозні успіхи в «зеленому» напрямку. Глобальні інвестиції в поновлювані енергоресурси в 2011 р. виросли на 17 % порівняно з 2010 р. і склали \$ 257 млрд. Паливна ефективність транспорту більш ніж подвоїлася з 1970-х рр. Ефективність використання енергії широко визнана запорукою економічної стабільності. Країни, що розвиваються, відіграють зростаючу роль у збільшенні «зелених» інвестицій. Міжнародні та внутрішні інвестиції, що надходять з країн, які не входять до ОЕСР, виросли в 15 разів за 2004-2011 рр., та щорічно вони збільшуються на 47 % (для порівняння, в країнах ОЕСР, їх зростання становить 27 %).

#### **4.6 Контрольні питання до змістовного модуля 4**

1. Що таке «екологізація»?
2. Що таке «екодеструктивні процеси»?
3. Що таке «інтегральний екодеструктивний вплив»?
4. У чому суть економічних показників рівня екологізації?
5. У чому суть земельних показників рівня екологізації?
6. У чому суть показників порівняння екологізації?
7. У чому суть показників порівняння екологізації з попереднім зразком?
8. У чому суть показників рівня екологізації за наявності чи відсутності вузлів екологічної деструкції у виробничому циклі виробництво-споживання виробів?
9. У чому суть відтворення екологічного попиту?
10. У чому суть відтворення екологічно орієнтованої пропозиції?
11. У чому суть відтворення екологічно орієнтованої людських чинників?
12. У чому суть відтворення мотивів екологізації?
13. Які основні принципи екологізації економіки?
14. Які основні об'єкти екологізації економіки?
15. Які основні суб'єкти екологізації економіки?
16. Що таке «квадрат» управлінського механізму екологізації?
17. У чому суть екологізації зв'язків «виробництво – споживання»?
18. У чому суть екологізації споживання?
19. У чому суть матеріально-технічного балансу?

20. Які принципи незамкнених технологічних процесів (систем)?
21. Які основні принципи екологізація енергетики?
22. Які основні принципи екологізація транспорту?
23. Які основні принципи сільськогосподарського виробництва?
24. Які основні негативні наслідки рекреаційно-туристичної діяльності?
25. Яким чином рекреаційно-туристична діяльність впливає на стан окремих природних компонентів?
26. Які шляхи екологізації рекреаційно-туристичної діяльності?
27. Що таке «екологічний туризм»?
28. Що таке «екологізація системи освіти»?
29. Що таке «екологізація науки»?
30. Які принципи екологічного виховання?
31. Які принципи екологічної освіти?
32. Які принципи екологізації вищої освіти України?
33. Які принципи екологізації суспільної свідомості?
34. Що таке «зелена економіка»?

#### 4.7 Перелік посилань до змістовного модуля 4

1. Акімова Т.А., Кузьмін А.П., Хаскін В.В. Екологія. Природа - Человек - Техника: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 343 с.
2. Биржаков. М.Б. Введение в туризм. Спб.: Герда, 2004. 192 с.
3. Екологічна освіта для сталого розвитку у запитаннях та відповідях: науково-методичний посібник для вчителів / Бондар О.І., Барановська В. Є., Єресько О.В. та ін.. Херсон: Грінь Д.С., 2015. 228 с.
4. Бочкарева Т.В. Экотуризм: анализ существующего международного опыта. М., 2003. URL: [http://tourlib.net/statti\\_tourism/kuskov\\_ecotourism.htm](http://tourlib.net/statti_tourism/kuskov_ecotourism.htm) (дата звернення: 05.04.2021 р.).
5. Дедовских Е.О., Дроздов А.В., Чижова В.П. Экологический туризм как современная идеология путешествий в природу. URL: [http://ecodelo.org/3296-7\\_turizm\\_i\\_okhrana\\_prirody\\_minusy\\_i\\_plyusyekologicheskii\\_turizm\\_kak\\_sovremennaya\\_ideologiya\\_p](http://ecodelo.org/3296-7_turizm_i_okhrana_prirody_minusy_i_plyusyekologicheskii_turizm_kak_sovremennaya_ideologiya_p) (дата звернення: 05.04.2021 р.).
6. Деточенко Л.В. Перспективы экотуризма в системе видов туризма в Волгоградской области. *Туризм и региональное развитие*. 2004. Вып. 3. С. 475-480.
7. Дроздов А.В. Современный экотуризм. Концепции и практика Теория и практика международного туризма / под ред. А.Ю. Александровой. М.: КноРус, 2003. С. 251-279.

8. Екологічна енциклопедія: у 3 т. / під ред. А.В. Тостоухов та ін. К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2006 Т.1, 2007 Т.2, 2008 Т.3.
9. Зорин И.В. Рекреационная сущность экологического туризма. URL: <http://lib.sportedu.ru/press/tpfk/2002N11/p9-13.htm> (дата звернення: 05.04.2021 р.).
10. Мамедов Н.М. Экологическое образование: социокультурный контекст. *Вестник КРАУНЦ. Серия «Гуманитарные науки»*. 2012. №2 (20). С. 7-13.
11. Мельник Л.Г. Екологічна економіка: підручник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2002. 346 с.
12. Моисеев Н.Н. Экологическое образование и экологизация образования. *Экология и жизнь*. 2010. № 8. С. 4-6.
13. Моралева Н.В., Ледовских Е.Ю. Экологический туризм в России. *Охрана дикой природы*. 2001. №3 (22). С. 12.
14. Про концепцію екологічної освіти в Україні №13/6-19 від 20.12.2001 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v6-19290-01#Text> (дата звернення: 05.04.2021 р.).
15. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.
16. Русев І.Т., Сафранов Т.А. Екологічний туризм: конспект лекцій. Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. 118 с.
17. Екологізація освіти як ключовий фактор підготовки фахівців для сталого розвитку / Туниця Ю.Ю., Адамовський М.Г., Борис М.М., Краєвський С.Н., Магазинщикова І.П. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2015. Вип. 25.10. С. 348-355.
18. Храбовченко В.В. Экологический туризм. Учебно-методическое пособие. М.: Финансы и статистика, 2004. 208 с.
19. Экологический туризм на пути в Россию. Принципы, рекомендации, российский и зарубежный опыт: монография / под ред. Е.Ю. Ледовских, Н.В. Моралева, А.В. Дроздов. Тула: Гриф и К, 2002. 284 с.

Навчальне електронне видання

САФРАНОВ Тамерлан Абісалович,  
КОЛІСНИК Алла Вікторівна

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Конспект лекцій

**Видавець і виготовлювач**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

Е-mail: [info@odeku.edu.ua](mailto:info@odeku.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016