

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Одеський державний екологічний університет  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

**Т. А. Сафранов, Я. О. Адаменко, В. Ю. Приходько,  
Т. П. Шаніна, А. В. Чугай, А. В. Колісник**

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**ПІДРУЧНИК**

**Одеса  
2015**

**ББК 28.081**

**С-34**

**УДК 504**

Затверджено Вченою Радою Одеського державного екологічного  
університету (протокол № ... від ...)

Затверджено Вченою Радою Івано-Франківського національного  
технічного університету нафти і газу (протокол № ... від ...)

Рецензенти:

**Рудько Г. І.** – доктор геолого-мінералогічних наук, доктор географічних наук, доктор технічних наук, професор, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин;

**Семчук Я. М.** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

**Чепіжко О. В.** – доктор геологічних наук, професор, професор кафедри загальної і морської геології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

ISBN

**С 34 Системний аналіз якості навколишнього середовища:** підручник / Т. А. Сафранов, Я. О. Адаменко, В. Ю. Приходько, Т. П. Шаніна, А. В. Чугай, А. В. Колісник. За ред. проф. Т. А. Сафранова і проф. Я. О. Адаменко. – Одеса: ТЕС, 2014. – 244 с.

Висвітлені теоретичні основи, інструменти та методи системного аналізу якості навколишнього середовища, принципи оцінки стану та якості природних і антропогенно-змінених екосистем, методи забезпечення якості навколишнього середовища, підходи до екологізації антропогенної діяльності. Може використовуватись студентами при вивченні дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища», яка є важливою стадією вивчення дисциплін циклу природничо-наукової, професійної та практичної підготовки магістрів-екологів.

**ББК 28.081**

**УДК 504**

**С-34**

**ISBN 978-966-**

© Т. А. Сафранов,  
Я. О. Адаменко та ін., 2015

## ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	8
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ, ІНСТРУМЕНТИ ТА МЕТОДИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	10
1.1 Базові поняття системного аналізу якості навколишнього середовища.....	10
1.2 Принципи проведення системного аналізу якості навколишнього середовища.....	25
1.2.1 Суть системного аналізу .....	25
1.2.2 Етапи системного аналізу .....	29
1.2.3 Основні методи неформального системного аналізу .....	31
1.2.4 Основні інструменти системного аналізу навколишнього середовища .....	35
Контрольні питання до розділу 1 .....	51
Перелік посилань до розділу 1 .....	52
2 ОЦІНКА СТАНУ ТА ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ТА АНТРОПОГЕННО-ЗМІНЕНИХ ЕКОСИСТЕМ.....	55
2.1 Нормативно-правове регулювання природоохоронної діяльності ..	55
2.2 Методи і критерії оцінювання якості компонентів навколишнього природного середовища.....	65
2.2.1 Оцінка якості атмосферного повітря.....	65
2.2.2 Оцінка якості води водних об'єктів.....	67
2.2.3 Оцінка якості ґрунтів.....	71
2.3 Екологічна оцінка стану і якості компонентів навколишнього природного середовища .....	72
2.3.1 Оцінка якості атмосферного повітря на основі комплексних показників .....	72
2.3.2 Методи комплексного оцінювання якості води водних об'єктів.....	82
2.3.3 Оцінка забрудненості ґрунтів.....	96
2.3.4 Оцінка якості геологічного середовища .....	99
2.3.5 Біоіндикація як метод оцінювання стану біоценозів і довкілля	100
2.4 Оцінка складових природно-рекреаційного потенціалу територій (акваторій).....	103
2.5 Аналіз і оцінка стану антропогенно-змінених екосистем (ландшафтів).....	106
2.5.1 Оцінка ступеня антропоїзації геосистем .....	107

2.5.2 Оцінка ступеня забрудненості території .....	109
2.6 Комплексні показники стану довкілля .....	111
2.6.1 Комплексна оцінка якості міського середовища .....	111
2.6.2 Індикатори якості довкілля .....	113
2.6.3 Комплексні показники стану глобальної екосистеми .....	116
2.7 Показники техногенного навантаження на природні та антропогенно-змінені екосистеми.....	120
Контрольні питання до розділу 2 .....	124
Перелік посилань до розділу 2.....	125
<b>3 МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>129</b>
3.1 Екологічна стандартизація, сертифікація та ліцензування у сфері охорони довкілля.....	129
3.1.1 Екологічна стандартизація .....	129
3.1.2 Екологічна сертифікація .....	132
3.1.3 Екологічне ліцензування .....	136
3.2 Планування, впровадження, контроль й аналіз систем екологічного менеджменту .....	139
3.3 Аналіз життєвого циклу продукції та визначення його впливу на довкілля .....	144
3.4 Критерії, методика та процедури проведення екологічного маркування.....	148
3.5 Методологія і методика захисту об'єктів навколишнього середовища: вітчизняний та світовий досвід .....	154
3.6 Інженерно-екологічні методи та технології охорони довкілля.....	157
3.6.1 Очищення промислових викидів.....	157
3.6.2 Очищення промислових стічних вод.....	163
3.6.3 Біохімічні методи очищення міських стічних вод .....	167
3.6.4 Сучасні методи поводження з відходами.....	174
3.7 Екологічне проектування та впровадження природоохоронних технологій .....	184
3.8 Норми, методи контролю та ефективності природоохоронних технологій .....	186
3.9 Біологічна безпека сучасних технологій .....	190
3.9.1 Заходи щодо забезпечення біобезпеки в Україні та світі.....	193
3.9.2 Екологічні аспекти використання генетично-модифікованих організмів.....	195
Контрольні питання до розділу 3 .....	199
Перелік посилань до розділу 3.....	200
<b>4 ЕКОЛОГІЗАЦІЯ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ .....</b>	<b>201</b>
4.1 Загальні уявлення про екологізацію .....	201

4.2 Принципи екологізації економіки .....	205
4.3 Моделі виробничих процесів з екологічної точки зору.....	208
4.4 Принципи екологізації окремих галузей економіки.....	210
4.5 Принципи екологізації освіти .....	218
Контрольні питання до розділу 4 .....	225
Перелік посилань до розділу 4.....	226
АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК .....	228
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК .....	229
ДОДАТКИ.....	233

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БСК – біохімічне споживання кисню  
ВЛІ – внутрішньо-лікарняні інфекції  
ВМС – високомолекулярні сполуки  
ГДВ – гранично допустимий викид  
ГДЗ – гранично допустиме забруднення  
ГДК – гранично допустима концентрація  
ГДН – гранично допустима норма (навантаження)  
ГДР – гранично допустимий рівень  
ГДР – громадська дорадча рада  
ГДС – гранично допустимий скид  
ГМО – генетично модифіковані організми  
ГС – геологічне середовище  
ЕА – екологічний аудит  
ЕЕ – екологічна експертиза  
ЕН – екологічна надійність  
ЕО – екологічна оцінка  
ЕОП – екологічна оцінка проектів  
ЕТ – екологічний туризм  
ЖЗО – живі змінні організми  
ЖЦ – життєвий цикл  
ЗР – забруднювальна речовина  
ІЗА – індекс забруднення атмосфери  
ІЗВ – індекс забруднення води  
КІЗ – комбінаторний індекс забруднення  
КІЗА – індекс забруднення атмосфери  
КПЯ – комплексний індекс потенціалу якості  
КПЕС – комплексний показник екологічного стану  
ЛОШ – лімітуюча ознака шкідливості  
НПС – навколишнє природне середовище  
НС – навколишнє середовище  
НЯНПС – нормування якості навколишнього природного середовища  
ОБРВ – орієнтовано безпечний рівень впливу  
ОВНС – оцінка впливу на навколишнє середовище  
ОЕСР – Організація економічного співробітництва та розвитку  
ОЖЦ – оцінка життєвого циклу  
ОКР – освітньо-кваліфікаційний рівень  
ОМП – оцінка місць проживання  
ООПТ – особливо охоронювана природна територія  
ОПП – освітньо-професійна програма  
ОР – органічна речовина

ПЕС – показник екологічного стану  
ПЗФ – природно-заповідний фонд  
ПТК – природно-територіальний комплекс  
ПР – природні ресурси  
ПРП – природно-рекреаційний потенціал  
РТД – рекреаційно-туристична діяльність  
СВ – стічні води  
ССЗ – сміттєспалювальний завод  
ССП – сміттєсортувальне підприємство  
СЗЗ – санітарно-захисна зона  
СЕО – стратегічна екологічна оцінка  
СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини  
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 освітньо-кваліфікаційного рівня (ОКР) «магістр» зі спеціальності 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища». 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 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища» на першому навчальному році.

Вивчення дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» базується на знаннях, отриманих з таких навчальних дисциплін як «Загальна екологія та неоекологія», «Моніторинг довкілля», «Техноекологія», «Заповідна справа», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», «Екологічна експертиза», «Екологічна безпека», «Оптимізація природокористування» та ін., а отримані знання будуть використовуватись у подальшому при вивченні інших нормативних і вибіркових дисциплін ОПП підготовки фахівців ОКР «магістр» зі спеціальності 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища», а також у процесі підготовки кваліфікаційної роботи.

*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 ученого-еколога як особистості та спонукає до організації: систематичної роботи, творчого підходу, психологічного налаштування розумових здібностей; науково-пошукової аналітичної діяльності, обрання наукового напрямку екологічних досліджень, планування методики досліджень на основі екосистемного підходу; професійна підготовка в галузі дослідження систем різного рівня складності, які є об'єктом вивчення при вирішенні практичних завдань щодо охорони навколишнього середовища.

*Завдання* навчальної дисципліни слід визначити такі: знати теоретичні основи, інструменти та методи системного аналізу якості навколишнього середовища; знати принципи оцінювання стану та якості природних та антропогенно-змінених екосистем; знати методи забезпечення якості навколишнього середовища; знати принципи екологізації антропогенної діяльності.



Після освоєння дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» студенти повинні *знати*: принципи застосування системного аналізу у наукових екологічних і природоохоронних дослідженнях.

Після освоєння цієї дисципліни студенти повинні *вміти*: застосувати принципи системного аналізу при оцінці якості навколишнього середовища, оцінювати стан і якість компонентів навколишнього середовища, застосувати сучасні методи захисту довкілля, впроваджувати методи екологізації у всіх сферах діяльності людини.

Системний підхід та системний аналіз якості навколишнього середовища є обов'язковими складовими сучасної екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.

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.

Завданням навчальної дисципліни є: ознайомлення з теоретичними основами та прикладними аспектами системного аналізу якості навколишнього середовища.

# 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. *définition* – пояснення, тлумачення, визначення слова, поняття або предмета) цієї дисципліни, які в науковій літературі з сучасної екології, енвайронментології та природокористуванні 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 абіотичного, біотичного та соціального середовищ, які сумісно і безпосередньо впливають на людей та їх господарство. У середовищі, що оточує людину, він виділяє:

- *інтимне середовище* (житло, інші штучні споруди, родина, сусіди, робочий колектив), де людина проводить 60-90 % всього часу життя;
- *ближнє середовище* (населений пункт – від невеликого селища до мегаполісу, включаючи зелені зони, оточення земляків і т.п.);
- *дальнє або регіональне середовище* (частина НС, що забезпечує людей основною масою продовольства і рекреацією, оточення рідного етносу тощо);
- *глобальне середовище* (біосфера в цілому);
- *реальне середовище*, яке широко використовує людина;
- *потенційне середовище*, що не використовується людиною або незначно використовується лише частина регіонального середовища, а також райони для можливого 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 коригувального впливу людини.

*Природне середовище* – поняття близьке, але незалежне від безпосередніх контактів з людиною; може розглядатися не тільки щодо людини, але й до тварин, рослин та інших живих організмів.

Таким чином, *навколишнє середовище* можна розглядати як *складну систему*, що складається з *природної* (сукупність абіотичних та біотичних) і *соціальної* (соціально-економічної) *підсистем*. Наприклад, оцінюючи вплив на навколишнє середовище (ОВНС), навколишнє середовище (систему) розглядають 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 між собою.

*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 (М. 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 (М. 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:

- *глобальні* (озоновий шар атмосфери, атмосферне повітря, генетичний фонд, природні екосистеми Землі);
- *окремі природні компоненти* (надра Землі, ґрунти, води, повітря, флора, фауна);
- *території та об'єкти природи, що особливо охороняються.*

Наскільки ефективно захищають та охороняють навколишнє середовище, можна судити за його якісними характеристиками.

*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 (*М. 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, один і той самий стан властивостей ландшафту може охарактеризуватись як неоднаковий 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*» розуміють ступінь відповідності стану навколишнього середовища потребам людини та інших живих організмів.

Середовище оцінюють як *комфортне*, при оптимальних взаємовідношеннях людини з середовищем, коли здоров'я людини перебуває в нормі або поліпшується. Середовище вважають *дискомфортним*, якщо взаємовідношення людини з середовищем супроводжуються відхиленнями у стані здоров'я від норми. Середовище вважають *екстремальним*, 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 виконується 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 забезпечувалася самою природою шляхом саморегуляції, самоочищення від чужорідних агентів нетехногенного походження. Всім природним процесам властивий циклічний (замкнутий) характер на відміну від штучних. Приблизно зі 100% створюваної речовини і енергії людство використовує лише десять 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, які 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 (М. Ф. Реймерс, 1990).

**Якість води** – це характеристика складу і властивостей, що визначає придатність води для конкретних видів використання або споживання (М. О. Клименко, П. М. Скрипчук, 2006; В. В. Тарасова та ін., 2007). Згідно з «Водним кодексом 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 та 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), хімічне та біологічне (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 та/або технологічним вимогам. Їм

дано дещо інше визначення *якості природних вод* – ступінь відповідності фізико-хімічних і біологічних характеристик вод потребам питного, промислового, сільськогосподарського використання, як місць існування гідробіонтів. У «*Екологічній енциклопедії*» (2008, Т. 3, с. 388), під якістю води мають на увазі «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 їх стан, представлений набором показників, який відображає потреби користувачів у складі й властивостях вод.

***Якість ґрунтів*** – це сукупність фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунтів, що визначають їх безпеку в епідеміологічному та гігієнічному відношеннях. Визначається *якість ґрунтів* за показниками їх санітарного стану, за комплексом критеріїв (санітарно-хімічних і санітарно-мікробіологічних).

*Якість ґрунтів* регламентується стандартами, де розглядаються номенклатура показників санітарного стану ґрунтів, методи відбору та підготовки проб для хімічного, бактеріологічного і гельмінтологічного 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 у даному обсязі земної кори.

***Якість біоти*** – це сукупність властивостей продуцентів, консументів та редуцентів, що сприяє підтримці рівноважного стану (гомеостазу) екосистеми, джерела 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 зумовлюють 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 у цілому;

4) *ценологічні* – описують видовий склад біоценозів і різноманітність у них живих організмів;

5) *продукційно-біологічні* – характеризують продуктивність популяцій і біоценозів досліджуваної 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 характеризують 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 у 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 умови 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 зумовлюється рівноправністю, доступністю економічного, соціального стану і орієнтованістю на духовні, екологічні цінності цивілізації в період глобалізації. Тому, визначення критеріїв якості життя потребує 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.

Завданням НЯНПС є: 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, за якої стабільно забезпечується нормальний процес обміну речовини, енергії, інформації в екологічних системах Землі. Це законодавчо встановлені допустимі норми 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) *медицини*, які встановлюють пороговий рівень загрози здоров'ю людини, його генетичній програмі;

2) *технологічними* – які оцінюють рівень встановлених меж техногенного впливу на людину і НПС;

3) *науково-технологічними*, що оцінюють можливість наукових і технічних засобів контролювати дотримання меж впливу за всіма характеристиками.

Широкої популярності набули нормативи 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 випливає, 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, є згубним 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, віднесена до маси або об'єму її конкретного компонента, яка за постійного контакту або за впливу в окремий проміжок часу практично не впливає на здоров'я людини і не спричиняє несприятливі наслідки 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 у повітрі, воді, ґрунті. Так, у даний час розроблені ГДК для 200 ЗР у повітряному середовищі і понад 600 ЗР у водному середовищі. ГДР 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 у 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 враховуючи мінеральних добрив, становить загальна кількість речовин, які щорічно потрапляють у біосферу. Менше гранично

допустимого значення може бути концентрація кожної з цих речовин, але сумісна їх наявність спричиняє такий самий ефект, як і при їх вмісті, що перевищує ГДК. Це явище називається *ефектом сумачії дії*. Такий ефект, наприклад, мають такі 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 і т.д.

*Забрудненням НПС* зазвичай вважають привнесення в середовище нових, не характерних для нього фізичних, хімічних і біологічних агентів або перевищення природного середнього багаторічного рівня цих агентів в середовищі. Забруднення може зумовлювати будь-який фізичний агент, хімічна речовина або біологічний вид (в основному – мікроорганізми), які є у довкіллі або утворюються у ньому в кількостях, вищих за природні. Забрудненням НПС можна назвати зміну якості середовища, здатну викликати негативні наслідки. За походженням забруднення поділяють на природне й антропогенне. Вважають, що однакові агенти справляють однакові негативні впливи незалежно від їх походження, тому пил, джерелом якого є природне явище (наприклад, пилові бурі), потрібно вважати такою ж ЗР, як і пил, який викидає промислове підприємство, хоча останній може бути більш токсичним у силу свого складного складу.

Існують *верхня і нижня критичні межі забруднення НС*, досягнення яких загрожує настанням незворотних 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 від критичної величини спричиняє важкі функціональні розлади. Здоров'ю шкідливі як зайве шумове навантаження, так і відсутність звуків; те ж можна сказати і про електромагнітні поля, температурні навантаження, оптичні явища та інші фізичні, а також біологічні, інформаційні та інші параметри.

Взаємодія людини з середовищем проживання може бути позитивною чи негативною, 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 значущої 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, та/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, спричинити руйнування в природному середовищі.

*Критерії безпеки техносфери* – це обмеження, яке вводять 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 сприятливе довкілля.

У ряді країн національні стандарти з управління якістю навколишнім середовищем існують з середини 1970-х рр. У першу чергу, вони розроблялися і застосовувалися з метою 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 з 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 мають на увазі будь-який об'єкт, що складається з безлічі взаємозалежних частин і існує як єдине ціле.

*Система* – це набір елементів, котрі взаємодіють (Л. фон Берталанфі, 1960). Елемент системи через ієрархічну структуру світу сам виявляється системою зі своїми елементами. Фіксація системи поділяє 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 – будівлю, 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 будь-якої штучної системи існує мета її створення людиною (комп'ютер – працювати з інформацією, автомобіль – перевозити людей і вантажі, завод – виробляти продукцію і т.п.); в системології штучну систему визначають як «засіб досягнення мети».

Доцільністю системи визначається її *склад* і *структура*.

*Склад системи* – це безліч частин, які входять до неї. Як приклад системи можна розглянути об'єкт – персональний комп'ютер, складовими частинами якої є системний блок, клавіатура, монітор, принтер, мишка. 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, у 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 за Ю. Одумом (1986) є чільною в сучасній екології. Всі спільно функціонуючі організми на даній ділянці (біоценоз) які взаємодіють з фізико-хімічним 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 перебувають 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. Надати 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. І. Башмаков, 2004).

*Зв'язки в системах* бувають *матеріальними* та *інформаційними*. У природних системах неживої природи (космічні системи, атоми і молекули

і т.п.) 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'язки інформаційного типу.

*Системний ефект* – будь-яка система набуває нових якостей, не притаманних її складовим частинам. Поява нової якості у системи називається системним ефектом. Ця ж властивість виражається фразою: «Ціле більше від суми своїх частин».

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

Залежно від особливостей системи-оригіналу і завдань дослідження використовують найрізноманітніші моделі.

За типом реалізації розрізняють реальні та знакові моделі.

*Реальна модель* відображає суттєві риси оригіналу вже за самою природою 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 отримують 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 та 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  $t_0 < t_1 < \dots < t_{i-1} < \dots < t_n$ , 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 чинить система 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* (рис. 1.1). 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):

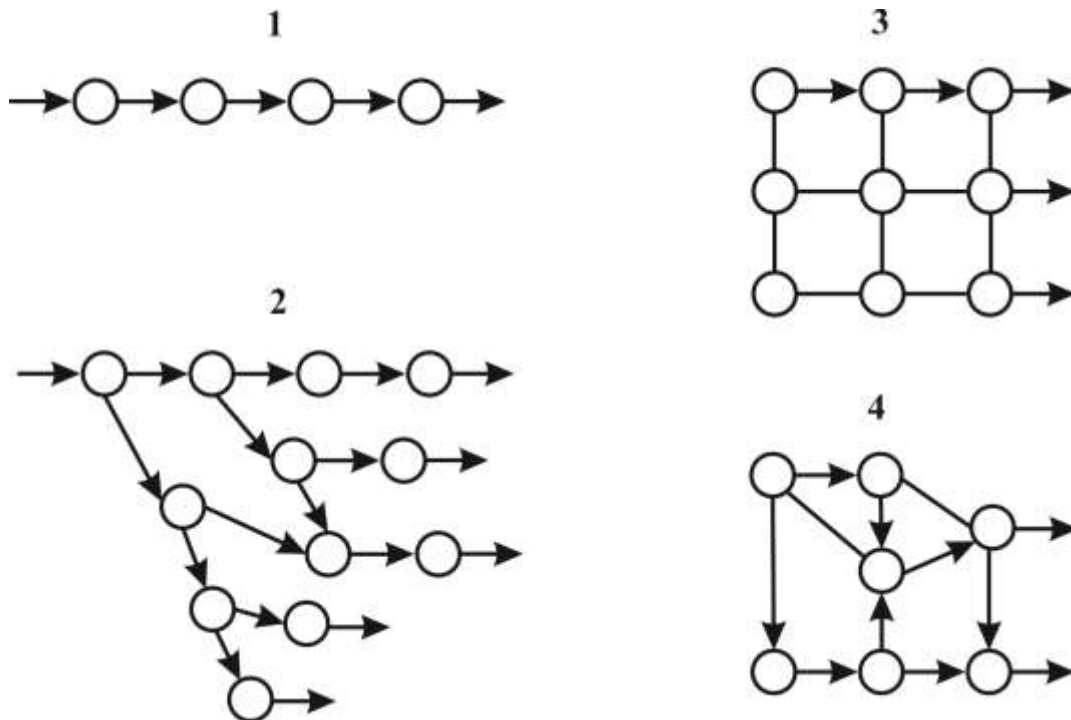


Рисунок 1.1 – Схема моделі структури системи: 1 – лінійна; 2 – деревоподібна; 3 – матрична; 4 – мережева

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

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

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

4. *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.

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

6. *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  $t_0$ .

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

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

9. *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 (П. С. Гнатів, П. Р. Хірівський, 2010):

- а) елементним (компонентним) складом;
- б) структурою як формою зв'язку елементів;
- в) функціями елементів і цілого;

г) єдністю внутрішнього і зовнішнього середовища системи; законами розвитку системи та її складників.

*Основні принципи системного підходу:*

– *цілісність*, що дозволяє розглядати одночасно систему як єдине ціле і в той самий час як підсистему для вищих рівнів;

– *ієрархічність будови*, тобто наявність безлічі (принаймні, двох) елементів, розташованих на основі підпорядкування елементів нижчого рівня елементам вищого рівня. Реалізацію 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, за якого 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 зрозумілими стають важливість і актуальність математичного моделювання в екології.

Загалом, системний підхід не є строго методологічною 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 якого-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. І. Уемов, 1978; О. Д. Шаранов та ін., 2003; А. П. Ладанюк, 2004; В. В. Добровольський, 2005; П. С. Гнатів, П. Р. Хірівський, 2010 та ін.).

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

### **1.2.1 Суть системного аналізу**

*Системний аналіз* – сукупність понять, методів, процедур і технологій для вивчення, опису, реалізації явищ та 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* (1980): «*Синергетика* – це міждисциплінарна ділянка дослідження кооперативних процесів самоорганізації в різних системах природи». Як відмічає *В. М. Петлін* (2013): «*Синергетика* – це дійсно міждисциплінарний науковий пласт досліджень явищ спрямовано-узгодженого функціонування (в тому 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 такі 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 початку, вищої форми відображення матерії (свідомості)

*Організація (організованість)* виступає як форма ресурсів у 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'язаний із змінами дійсності.

Можна говорити про різні поля, в які «поміщена» людина, – матеріальному, енергетичному, інформаційному, соціальному, про їх просторові, ресурсні (речовина, енергія, інформація) і тимчасові характеристики.

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 «спрямувати 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 та інваріантів у 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 за етапами: 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.

У світі системне все: практика і практичні дії, знання і процес пізнання, навколишнє середовище та зв'язки з ним (у ньому).

Системний аналіз як методологія наукового пізнання структурує все це, дозволяючи досліджувати і виявляти інваріанти (особливо приховані) об'єктів, явищ та процесів різної природи, розглядаючи їх спільне та відмінне, складне і просте, ціле та 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 закінченням ресурсів людства, мають багато важливих наслідків, у 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 та 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 учені 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 результат екологічних досліджень у прагненні вивчення явищ і процесів у навколишньому середовищі та 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 такі взаємопов'язані *кроки*:

- 1) аналіз екологічної проблеми і формулювання мети, досягнення якої приводить 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 варіанта рішення і передача підрозділу, що координує екологічний аналіз для архіву поки негідних рішень або для включення в перелік рекомендованих;
- 7) координація екологічного аналізу.

### **1.2.2 Етапи системного аналізу**

Єдиного алгоритму системного аналізу немає і створити такий неможливо. Але існують певні правила його організації, які надають змогу вирішувати проблеми, що виникають у практичній діяльності. Вони передбачають порядок виконання системного аналізу, процедури та засоби, які використовують на його певних етапах (*П. С. Гнатів, 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 взаємопов'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. Гнатів, 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 потребує 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 найвагомійший 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 поділяють 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 системного аналізу. Як правило, на початку системного аналізу потрібен

---

\* «Дерево цілей» – структурована, побудована за ієрархічним принципом сукупність цілей системи, програми, плану, в якій виділені: генеральна мета («вершина дерева»); підлегли 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 розбивання загальних цілей на підцілі. Метод дерева цілей є головним універсальним методом системного аналізу.

вербальний опис проблеми, який повинен окреслити певну піддослідну проблему. Загалом 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.

*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.

### ***1.2.3 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 на 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 застосовують різні *неформальні (якісні) методи (процедури)*: метод експертних оцінок, метод Дельфи, 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 подальшого прийняття рішення. Ці думки зазвичай виражені в кількісній або якісній формах. Експертні дослідження виконують з метою підготовки інформації для прийняття рішень. Для проведення роботи за методом експертних оцінок створюють робочу групу. Експертні оцінки бувають індивідуальні та

колективні. Метод експертної оцінки використовують у 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 обміні 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 значущості їхніх тверджень, які обчислюють на основі попередніх опитувань. Їх уточнюють від туру до туру і враховують при одержанні узагальнених результатів оцінок.

Технічна процедура методу Дельфі така:

- 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;

---

\* Назва методу дана за асоціацією зі звичаєм: для отримання підтримки при прийнятті рішень звертатися до храму Аполлона в давньогрецькому місті Дельфі (VII-V ст. н.е.). Він був розташований біля виходу отруйних вулканічних газів. Жриця храму пила воду із джерела, жувала лавр, сідала на високий триніжок і, вдихаючи випари (мабуть штучного походження), бралася пророкувати, вимовляючи незрозумілі слова. Спеціальні «перекладачі» – жерці храму тлумачили ці слова і відповідали на питання паломників, які прийшли зі своїми проблемами. У США в 1960-х роках методом Дельфі назвали експертну процедуру прогнозування науково-технічного розвитку. У першому турі експерти називали ймовірні дати тих чи інших майбутніх звершень. У другому 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 змінював свої оцінки, наближаючись до середніх значень. Треба сказати, що реальні результати дослідження виявилися досить скромними – хоча дата висадження 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.



7) корегування думки окремих експертів, повторне опитування й статистичне опрацювання всіх думок (П. С. Гнатів, 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 немає попереднього практичного досвіду її опрацювання. Суть методу мозкового штурму зводиться до того, що експертам надається повна свобода мислення і висловлювання нових ідей. Розглядаючи всі генеровані ідеї, не допускають критики і не припиняють 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) вузьке формулювання завдання; 2) створення групи вузьких 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. Гнатів, П. Р. Хірівський, 2010).

Зазвичай зі 100 ідей 30 заслуговують подальшого опрацювання, 5-6 дають можливість сформулювати основи проекту, а 2-3 залишаються і в 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 слабо структурованих проблем, у яких стратегія розвитку системи спрямована на гостро конфліктну ситуацію (П. С. Гнатів, 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 загальну кількість сценаріїв необхідно оглянути. 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 (у 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 є можливість підвищення рівня інформованості експертів і зміна їхніх попередніх висновків у процесі обговорення. До вад методу 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. У країнах із розвиненим громадським суспільством саме суди найчастіше стають ефективними засобами захисту безпеки довкілля, оскільки навіть рядові громадяни все більш звертаються у ці інстанції з позовами і скаргами щодо дій влади, компаній, окремих порушників екологічної безпеки (П. С. Гнатів, П. Р. Хірівський, 2010).

Осторонь від основного русла експертних оцінок перебуває *SWOT-аналіз*. *SWOT* – це *strengths* (сильні сторони), *weaknesses* (слабкі сторони), *opportunities* (можливості) і *threatening* (загрози). Внутрішні елементи системи (наприклад, урбоекосистеми) відбивають в основному в *S* і *W*, а зовнішні – в *O* і *T*. *SWOT*-аналіз є ефективним засобом систематичного вивчення та оцінки потенціалу, які система має для реалізації її екологічної місії та відповідних даної місії цілей.

Одним із видів науково-практичної діяльності, де реалізується метод експертної оцінки, є *екологічна експертиза*, що являє собою систему державних природоохоронних заходів, спрямованих 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, яку можна

здійснювати ефективно лише на системному підході з використанням методології системного аналізу. Крім того, екологічна експертиза є одним з інструментів системного аналізу НС.

Приклади основних математичних методів та математичних моделей, що використовуються у системному аналізі стану навколишнього середовища, наведені у додатку А.

#### ***1.2.4 Основи інструменти системного аналізу навколишнього середовища***

Для оцінювання якості НС використовують такі основні інструменти: *оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС), екологічна експертиза (ЕЕ) та екологічна оцінка (ЕО).*

Оскільки дається оцінка планованої діяльності на 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'язаний вплив на НС, для ОВНС характерні превентивність, комплексність підходів та оцінок і демократичність використовуваних процедур. Слід нагадати, що ОВНС – це «процедура обліку» екологічних вимог або їх виявлення та обґрунтування (тобто суто 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 – це окремий розділ 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). ЕЕ є процесом попередньої контрольної перевірки прийнятих господарських рішень на відповідність вимогам екологічного законодавства.

Найважливішим інструментом 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 є екологічна експертиза, яка складається з ОВНС та *державної екологічної експертизи (ДЕЕ).* Практика

проведення ОВНС в Україні показала, що процедура ЕО поки що не стала процесом, який супроводжує всі стадії інвестиційного проекту, починаючи з моменту проектної задуми, як це прийнято у світовій практиці, до моменту впровадження діяльності та після реалізації проекту.

Таким чином, *оцінка впливу на навколишнє середовище та екологічна експертиза є складовими частинами системи екологічної оцінки*. Тому, нижче наведені принципи проведення екологічної оцінки за даними Я. О. Адаменка (2014) з урахуванням нормативно-законодавчої бази, що існує в Україні.

**Загальні уявлення про екологічну оцінку.** Екологічна оцінка у країнах колишнього СРСР заснована на процедурі, яка одержала назву «державна екологічна експертиза». При ДЕЕ, експертні комітети розглядають або оцінюють проекти і плани, які повинні включати розділ за назвою «Оцінка впливу на навколишнє середовище» (ОВНС). У матеріалах розділу ОВНС описувалися екологічні ефекти пропонованого проекту або плану і передбачувані міри їхнього пом'якшення. Разом, обидва процеси називаються ДЕЕ/ОВНС.

У провідних країнах світу та банківських установах ЕО відрізняється від ОВНС, і насамперед це пов'язане 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 проводять для запобігання або мінімізації несприятливих впливів, одночасно допомагаючи країнам оцінити реальний потенціал їх ресурсів, максимізуючи вигоди від діяльності, яку планують.

ЕО – це процес систематичного аналізу й оцінювання екологічних наслідків діяльності, що намічається, консультацій із зацікавленими сторонами, а також урахування результатів цього аналізу і консультацій у плануванні, проектуванні, твердженні та 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 та підстави для її прийняття повинні бути відкриті і доступні;

3) *визначеність* – процедуру і тимчасові рамки екологічної оцінки необхідно узгодити заздалегідь, і їх повинні дотримуватися всі учасники;

4) *підзвітність* – особи, які 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 підчас ухвалення рішення;
- 8) *практична застосовність* – інформація та результати, отримані в процесі ЕО, необхідно застосовувати для прийняття рішень і планування.

ЕО *застосовують*: 1) для будь-якої діяльності, що може заповдіяти 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 та впливів; 4) базуючись на чітко визначених правилах і обов'язках 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, 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, асимільне здатність і біологічну різноманітність.

*Результатом* ЕО є: 1) точна і достовірна інформація щодо характеру, ймовірної величини та значимості потенційного впливу, ризиків і наслідків намічуваної діяльності та альтернатив її здійснення; 2) документ, який представляє інформацію в зрозумілій і доречній формі для ухвалення рішення, включаючи зведення про зроблені припущення та 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 чітко визначені і запропоновані умови здійснення діяльності; 2) планування, розробки і здійснення прийнятних проектів, які задовольняють екологічні стандарти і цілі керування ресурсами; 3) комплексу відповідних пост-проектних заходів з вимогами щодо моніторингу, менеджменту, аудиту й

оцінки їх ефективності, заснованими на значимості потенційного впливу, ступеня невизначеності.

Екологічна оцінка складається з декілька етапів, характеристику яким надамо нижче.

**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. У 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 регламентує *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 у 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 передує 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 необхідно чітко сформулювати, і процедури, які використовують, повинні бути такими, щоб аналізуючи один й той самий проект з використанням одних і тих

самих методів, різні люди могли прийти до одного й того ж рішення.

Вибір методу скринінгу, як правило, розробляють при формуванні національної системи ЕО особи, які приймають політичні рішення. Всі методи скринінгу вимагають інформації про діяльність, яку планують, та для кожного з цих методів використовують 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 таких 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, у процесі проходження яких особа, що приймає рішення про подальшу екологічну оцінку проектного задуму (ініціатор діяльності), повинна відповісти на такі питання: а) чи буде запланована діяльність екологічно небезпечною? б) чи буде мати планована пропозиція значні наслідки для НС за місцем розташування? в) чи підпадає запланована діяльність на чутливу зону? г) чи буде мати запланована діяльність значний масштаб впливу? д) 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 приймали 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 якнайшвидше відповідної і ефективної за витратами роботи над ОВНС. Ця процедура називається *скоупінгом*.

**Визначення завдань екологічної оцінки – скоупінг** (від англ. *scoping* – діапазон, поле дій, компетенція, обсяг тощо) – це процедура визначення завдань, яка дозволяє виявити проблеми, що, імовірно, будуть важливі для ЕО, і знімає ті, котрі не є важливими. Таким чином, цей етап запобігає витраті 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 потрібно охопити при ЕО і яким чином це необхідно здійснити. 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 такий *покроковий алгоритм*: *перший крок* – формування конкретної мети, вираженої так, буцімто вона є факт, який вже існує. Це акцентує увагу на позитивному аспекті досягнення мети; *другий крок* – усвідомити вигоди від реалізації мети; *третій крок* – встановити кінцевий термін для досягнення мети; *четвертий крок* – визначення головних перешкод, які можуть опинитися на шляху досягнення мети та які необхідно подолати. Визначення проблем (скоупінг) – це 50-75 % її рішення; *п'ятий крок* – визначення знань та навичок, які необхідні для досягнення мети; *шостий крок* – визначення групи експертів, організацій чи установ, з якими можна співпрацювати для досягнення мети; *сьомий крок* – розробка плану дій для досягнення конкретної мети.

Логічно сформоване дерево мети дозволяє інвестору перейти на наступний етап екологічної оцінки – формування завдань ЕО або скоупінг.

**Методи оцінювання альтернатив.** Поняття альтернатива визначають 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. У 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.

Існують два основні типи альтернатив – *альтернатива 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'єкта чи інші.

У 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 одним у 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 обсягу 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. Необхідність розгляду цієї альтернативи викликається такими факторами, як наявність «базової лінії», з якою можна порівняти інші запропоновані альтернативи, а також у звітних матеріалах з ЕО залишиться ретельний опис навколишнього середовища до початку впровадження діяльності. Вимога про розгляд альтернативи «відмови від діяльності» прийняті в багатьох національних системах ЕО.

2. Принципові підходи до досягнення мети запропонованої діяльності.

3. Географічне місце розташування проектного майданчика для здійснення діяльності, що намічається.

4. Масштаб ймовірного впливу від запропонованої діяльності.

5. Тип виробничого процесу, техніко-технологічного устаткування.

6. Планування виробничого майданчика, розміщення об'єктів, дизайн.

7. Режим функціонування об'єкта запропонованої діяльності.

Розглядають і оцінюють альтернативні рішення, 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 у цілому.

Відносні переваги кількох альтернатив розглядають 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 і 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 та 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 є наріжним каменем 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 потребувати значного часу і зусиль, але без цього проекти рідко розробляють 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 довіллі.

Залучення громадськості до процесу ОВНС є обов'язковою процедурою, що регламентується 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 і 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 *Наглядовий 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 можна використовувати комплексно, або в поєднанні з декількома іншими: призначення координатора роботи з громадськістю; створення громадської дорадчої ради (ГДР); організація та проведення громадських зборів з членами ГДР; розробка плану-графіка 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, організують так звані *інформаційні пункти* для проектів, які мають велику проектну територію або регіональний масштаб впливів. Інформаційні пункти слід облаштовувати 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 заперечує проведення *громадської екологічної експертизи* згідно з Законом України «Про екологічну експертизу» (ст. 1, 4, 5, 16, 41, 42) незалежно від проведення ОВНС та державної екологічної експертизи. За результатами громадської екологічної експертизи складаються висновки або протокол експертизи (згідно з положеннями 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 із залучення громадськості висвітлюють в окремому розділі звіту ОВНС, а копії протоколів громадських слухань проекту, протоколів громадської екологічної експертизи та висновки ГДР щодо думки громадськості про запроповану діяльність, обов'язково підшивають до додатків звіту «Матеріали ОВНС». Фінансування робіт із залучення громадськості до процесу ОВНС здійснюється за кошти замовника (інвестора) проектних робіт. Можливе залучення додаткових коштів для роботи з громадськістю (позабюджетні екологічні та благодійні фонди, цільові внески тощо).

**Методи оцінювання чинників навколишнього середовища.** Впливи чинників НС при розгляді запропонованої діяльності, як правило, оцінюють таким чином: 1) аналіз стану НС збір і аналіз існуючої інформації в межах території впливу запропонованої діяльності; прямі методи вивчення чинників НС у 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 оцінювання 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 оцінювання чинників НС поділяються на дві групи: методології, які використовують емпіричні значення для вироблення матеріалів, що 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, що дозволяє отримати індекси у шкалах від 0 до 1 чи від 0 до 100.

*Усереднення таблиць і графіків.* Найбільш простим та ефективним засобом попередньої обробки даних є усереднення таблиць і графіків за трьома точками. Для цього кожне значення рядка або стовпця усереднюється з попереднім та наступним. Кількість членів ряду повинна хоча б на порядок перевищувати кількість точок усереднення (>30). Завдяки усередненню, 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 позначають стрілкою. Графи задають на основі експертних або експериментальних оцінок. Одним із 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 урахування окремих факторів; імовірнісний за Байесом – визначення ваги факторів; кластер-аналіз – поділ на таксони та інші.

*Побудова кумулят.* Залежність імовірності того, що значення чинника навколишнього середовища нижче від 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 оцінювання 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 розраховують 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 самим масштабом, що і на плані місця запропонованої діяльності. Графічне накладення 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 проектною територією; «автоматизоване» – цей метод використовує ГІС-технології – карту району представляють в електронному вигляді зі 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 під час ЕО, з метою максимального зменшення небажаних впливів на навколишнє середовище при впровадженні запропонованої діяльності за будь-якою з альтернатив.

За чинним природоохоронним законодавством України в матеріалах розділу ОВНС слід розробляти комплексні заходи щодо забезпечення нормативного стану НС та його безпеки. Цей комплекс включає:

- *ресурсозберігаючі заходи* – збереження і раціональне використання земельних, водних, енергетичних, паливних ресурсів, повторне їх використання та ін.;

- *захисні заходи* – облаштування 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;

- *відновлювальні заходи* – технічна і біологічна рекультивація земель, нормалізація стану окремих компонентів НС тощо;

- *компенсаційні заходи* – компенсація незворотного збитку від планованої діяльності і шляхом проведення заходів щодо рівноцінного поліпшення стану природи соціального та техногенного середовища в іншому місці і/або в інший час, і грошове відшкодування збитків;

- *охоронні заходи* – моніторинг території зон впливів планованої діяльності, система повідомлення населення

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

На відміну від методів оцінювання 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; методи порогів порівняльності; цифрові процедури

логічного виводу; метод компенсації; описово-нормативний підхід; ітеративні процедури; кваліметрія; метод розпізнавання образів; метод рангової кореляції та факторного аналізу (Я. О. Адаменко, 2014).

**Документування процесу екологічної оцінки** є одним з центральних елементів процедури. Багато завдань, що виникають у 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 і технічне переоснащення об'єктів промислового та цивільного призначення, основні вимоги до складу й змісту цих матеріалів.

До складу матеріалів ОВНС входять: 1) підстави для проведення ОВНС; 2) фізико-географічні особливості району і майданчика (траси) будівництва об'єкта проектування; 3) загальна характеристика об'єкта проектування; 4) оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє природне середовище; 5) оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє соціальне середовище; 6) оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє техногенне середовище; 7) комплексні заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища і його безпеки; 8) оцінка впливів на навколишнє середовище під час будівництва; 9) «Заява про екологічні наслідки діяльності».

**Контроль якості процедури екологічної оцінки.** Перевірку якості ЕО можна здійснювати шляхом оцінювання документації з ЕО або оцінювання 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 використовують 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 зі складових «контролю», а також проводитися неформально, з суто дослідницькою або освітньою метою. Термін «експертиза» – це всебічний аналіз документації, який адекватно описує даний процес. Так, *екологічна експертиза в Україні* – вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколога-експертних



формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, 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 враховують 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 НС та для їх попередження. У системі СЕБ інвестиційної діяльності, розрізняють чотири взаємопов'язані блоки: ОВНС; екологічний моніторинг об'єкту або діяльності в зоні його впливу; екологічний аудит функціонування запланованої діяльності; екологічний менеджмент.

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

**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 з Законом 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 у 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, яких вживають 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 здійснюють 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, здійснюють 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.

*Оцінка екологічних аспектів* є одним з етапів впровадження систем управління навколишнім середовищем, а також виконання екологічного аудиту. *Екологічний аспект* – це елемент діяльності об'єкту, продукт або послуга, що може взаємодіяти з навколишнім природним середовищем. На даний час існує достатній обсяг методичних підходів та рекомендацій щодо виявлення та диференціації екологічних аспектів. Процедура ідентифікації значних екологічних аспектів може бути подана в такому

вигляді: 1 – виявлення всіх екологічних аспектів; 2 – визначення критеріїв суттєвості, приймаючи до уваги законодавство; 3 – визначення значних екологічних аспектів на основі критеріїв суттєвості. *К. М. Томашпольським, Т. А. Сафрановим (2007)* розроблена методика оцінки екологічних аспектів щодо конкретизації існуючих схем та прив'язки їх до вимог дійсного природоохоронного законодавства України, державних стандартів та інших нормативно-правових актів, яка надає можливість створення спрощеної та зручної у використанні схеми визначення та класифікації екологічних аспектів. Ця методика дозволяє на основі законодавчо обґрунтованих та репрезентативних показників-критеріїв виявити та ранжувати значні екологічні аспекти діяльності об'єкту або видів діяльності на окремій території.

*Звіт про ЕА* повинен містити: 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 необхідно 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.

### **Контрольні питання до розділу 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?
36. У чому полягає суть аналізу ситуації?
37. У чому полягає суть комісії?
38. У чому полягає суть SWOT-аналізу?
39. Які основні інструменти системного аналізу навколишнього середовища?
40. Що таке «ОВНС»?
41. Що таке «екологічна експертиза»?
42. Що таке «екологічна оцінка»?
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?
55. Що таке «екологічний аспект»?
56. Що таке «екологічний аудит території»?

### *Перелік посилань до розділу 1*

1. Адаменко Я. О. Оцінка впливів на навколишнє середовище: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Супрун В. П., 2014. – 284 с.
2. Акимова Т. А., Кузьмин А. П., Хаскин В. В. Экология. Природа – Человек –

- Техника: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
3. *Баишмаков Д. И.* Системная экология (применение системного анализа в экологии). – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – 32 с.
  4. *Берталанфи 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. Свиричева. – М.: Мир, 1981. – 252 с.
  10. *Добровольський В. В.* Основи теорії екологічних систем: Навчальний посібник. – К.: Професіонал, 2005. – 272.
  11. *Екологічна енциклопедія: У 3 т. / Редколегія: А. В. Гостоухов (головний редактор) та ін.* – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2006 – Т. 1, 2007 – Т. 2, 2008 – Т. 3.
  12. *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.
  13. *Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991, № 1264-ХІІ (та зміни до нього) // Збірник законодавчих актів України про охорону навколишнього середовища.* – Т.1. – Чернівці, 1996. – С. 78-96.
  14. *Клименко М. О., Скрипчук П. М.* Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології: Підручник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 368 с.
  15. *Ладанюк А. П.* Основи системного аналізу: Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.
  16. *Одум Ю.* Экология (в 2-х томах). – М.: Мир, 1986.
  17. *Петлін В. М.* Синергетичні залежності в організації природних територіальних систем. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. – 396 с.
  18. *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).
  19. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование. Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
  20. *Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф.* Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище / Заг. ред. проф. В. В. Тарасової: Навч. посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007.– 276 с.
  21. *Томашпольський К. М., Сафранов Т. А.* Оцінка екологічних аспектів – Вісник ОДЕКУ. – № 4. – 2007. – С. 3-12.
  22. *Уемов А. И.* Системный подход и общая теория систем. – М.: Мысль, 1978.
  23. *Хомяков П. М.* Системный анализ: Краткий курс лекций/ Под. ред. В. П. Прохорова. – Изд. 2-е, стереотипное. – М.: КомКнига, 2007. – 216 с.
  24. *Шарапов О. Д., Дербенцев В. Д., Семьонов Д. Є.* Системний аналіз: Навч.-

метод. посібник для самост. вивч. дисципліни. – К.: КНЕУ, 2003. – 154 с.

25. Шевчук В. Я. та ін. *Екологічний аудит*: Підручник. – К.: Вища школа, 2000. – 344 с.

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

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

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

### 2.1 Нормативно-правове регулювання природоохоронної діяльності

Державне регулювання охорони довкілля і раціонального використання ПР 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 та інші природні комплекси; 4) території і об'єкти ПЗФ; 5) 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 *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 05.03.1998 р.); Лісовий, Водний та Земельний кодекси; кодекс «Про надра» та інші. Вказані нормативно-правові документи 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.

До нормативних актів у системі екологічного законодавства належать також *підзаконні нормативно-правові акти* – укази Президента України, постанови Кабінету Міністрів України, інструкції міністерств і відомств,

рішення органів місцевого самоврядування (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» тощо).

*До міжнародних правових актів з питань охорони навколишнього середовища відносяться:* Декларація Ріо-де-Жанейро (1992 р.), Кіотський протокол до Рамкової конвенція ООН про зміну клімату (1992 р.), Конвенція по запобіганню забрудненню моря скидами відходів та іншими матеріалами (1972 р.), Базельська конвенція про контроль транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням (1989 р.), Конвенція про біологічну різноманітність (1992 р.), Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень і доступі до правосуддя з питань, що стосуються навколишнього середовища (1998 р.), Картахенський протокол про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття (2000 р.), Монреальський протокол про речовини, що руйнують озоновий шар (2000 р.), Конвенція про захист Чорного моря від забруднення (1992 р.) та ін.

*Система екологічних стандартів і нормативів.* Екологічні стандарти – це єдині і обов'язкові для усіх об'єктів цього виду і рівня системи норм та вимог щодо НС. Екологічними стандартами є нормативи якості навколишнього середовища (Г. Т. Васюкова, 2009; С. І. Дорогунцов, 2005).

*Якість НПС* – це сукупність показників, що характеризують відповідність стану НПС визначеним вимогам, тобто нормативам. *Нормативи якості НПС* – це встановлені характеристики стану природного середовища, за яких забезпечується його якість, необхідна для життєдіяльності людини, мешкання тварин, рослин та інших живих організмів.

Метою *нормування якості об'єктів НПС* і антропогенного навантаження на НПС є створення орієнтирів мінімізації антропогенного впливу на довкілля. Під *впливом* розуміють людську діяльність, яка пов'язана з реалізацією матеріальних та нематеріальних інтересів людини (економічних, рекреаційних, культурних тощо) внаслідок чого в НПС вносяться зміни різного характеру.

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.

Зазначимо, що розрізняють:



1) нормування якості НПС (екологічне і санітарно-гігієнічне нормування);

2) нормування антропогенного навантаження на довкілля (науково-технічне нормування).

*Санітарно-гігієнічне нормування* – розробка системи норм, правил і регламентів для оцінювання стану навколишнього середовища в інтересах охорони здоров'я людини і збереження генетичного фонду деяких популяцій рослинного і тваринного світу.

*Екологічне нормування* – розробка системи норм, правил і регламентів допустимого навантаження на екосистеми.

*Науково-технічне нормування* – розробка системи норм, правил і вимог, які ставляться безпосередньо до джерел антропогенних впливів на навколишнє середовище.

На основі деяких класифікацій (В. В. Тарасова, 2007; В. А. Ситаров, В. В. Пустовойтов, 2013; В. А. Коновалова, 2011, А. С. Степановських, 2001; В. С. Рибкин, 2011 та ін.), можна запропонувати таку систему екологічних нормативів, яка пов'язана з якістю НПС та антропогенним впливом на нього. Отже, сукупність нормативів якості НПС та антропогенного впливу можна розділити на чотири групи. Зауважимо, що такий поділ нормативів в деяких випадках є досить умовним через те, що окремі нормативи можуть відноситися до декількох груп та мають невизначений зміст.

***I. Санітарно-гігієнічні нормативи\**** присвячені нормуванню якості НПС. Це найбільш розвинута і поширена система норм, правил та регламентів для оцінювання стану навколишнього середовища. Їх встановлюють з метою охорони здоров'я людини і збереження генетичного фонду деяких популяцій рослинного і тваринного світу. Санітарно-гігієнічне нормування охоплює також виробничу та житлово-побутову

---

\* 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. введено ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством», який прийняли 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 їх замінено 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 за 92 показниками складу та властивостей води.

сфери в житті людини. Встановлені і затверджені нормативи є обов'язковими на всій території України.

До санітарно-гігієнічних нормативів відносяться гігієнічні і санітарно-захисні нормативи.

*Гігієнічні нормативи:*

а) гранично допустимі концентрації (ГДК) ЗР в природних компонентах. В гігієнічному розумінні ГДК – це нормативи концентрацій ЗР в одиниці об'єму (повітря, вода), маси (грунти та харчові продукти) або площі (шкіра людини), які за певний проміжок часу не справляють негативного впливу на здоров'я людини та майбутніх поколінь;

б) гранично допустимі рівні (ПДР) фізичних властивостей природного середовища (смакові якості, прозорість, запах, радіоактивність, територіальна цілісність і так далі);

в) біологічні показники стану НПС, в т.ч. концентрації мікроорганізмів, показники біологічних видів-індикаторів тощо;

г) до гігієнічних нормативів також відносять *токсикометричні показники*, які є концентраціями, дозами шкідливих речовин або фізичними чинниками, що викликають фіксовані реакції організму. Гігієнічні дослідження речовин починаються з токсикометрії, тобто визначення основних параметрів токсичності.

При визначенні ГДК забруднюючих речовин виходять з принципу пороговості, коли за певних умов організм може пристосуватися до шкідливої дії фактора. Порогова доза речовини викликає такі реакції організму, які не можуть бути компенсовані завдяки внутрішнім гомеостатичним механізмам 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\*.

---

\* Це можна проілюструвати на прикладі найвідомішого токсичного інсектициду – 4,4-діхлордіфенілтрихлорметилметан або ДДТ, який починає свою історію з 1873 р., коли був вперше синтезований О. Цейдлером. З 1939 р. лабораторія фірми «Гейджи» (США) під керівництвом Пауля Германа Мюллера починає вивчати інсектицидні властивості ДДТ, а в 1942 р. цей препарат надходить у продаж та використовується як недорогий та ефективний засіб боротьби з переносниками висипного тифу та малярії – комарами та вошами. На той момент його токсичність представлялась настільки низькою, що ДДТ наносили безпосередньо на тіло людини або він розпилювався на великі площі міст та островів. До речі, сам Мюллер за синтез ДДТ отримав у 1948 р.

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.

*Недоліки ГДК:*

- рідко враховує ефект спільної дії декількох ЗР;
- не враховує ефект комплексного впливу ЗР, які одночасно надходять в організм різними шляхами (з повітрям, водою, їжею, крізь шкіру тощо);
- не враховує сумісний вплив факторів різної природи: хімічної, фізичної та біологічної;
- ГДК визначаються для середньостатистичної людини, однак поріг негативного впливу ЗР для хворої чи похилого віку людини може виявитися значно нижчим;
- 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\*\*.

---

Нобелівську премію у галузі фізіології та медицини, а сам інсектицид, за даними Національної академії наук США, до 1970 р. врятував 500 млн життів від малярії, не кажучи вже про інші інфекційні захворювання, переносниками яких є комахи. Широке використання ДДТ сприяє розвитку «зеленої революції» в країнах, що розвиваються. У колишньому СРСР випуск ДДТ розпочато у 1946 р., а найбільше його використання припадає на 50-60 роки ХХ ст. Попри «позитивні» наслідки використання, препарат проявив надзвичайну стійкість у довкіллі та широкий спектр інсектицидної дії. З 1962 р. з'являються перші заяви про надзвичайну токсичність ДДТ, зокрема, для птахів та їх репродуктивної функції. ДДТ погано розчиняється у воді та зберігає стійкість у ґрунті до 12 років, однак добре розчиняється у жирах, що обумовлює його акумуляцію в живих організмах та перехід по трофічних ланцюгах. Загалом безпосередньо ДДТ є більш токсичним для комах та безхребетних, аніж для теплокровних тварин (і людини). Але саме в організмі людини він здатен акумулюватися у високих концентраціях, що і сприяло забороні препарату. Починаючи з 70-х рр. ХХ ДДТ заборонений або обмежений до використання. До речі, СРСР став другою країною, яка заборонила використання ДДТ, за двома винятками – боротьба з малярією у віддалених районах Таджикистану та попередження енцефаліту у мешканців тимчасових поселень у тайзі. Проте великі запаси та ефективність ДДТ (так званого «дусту») прирала подальшому неофіційному використанню до 90-х рр. ХХ ст.

\*\* Нагадаємо, що відповідно до *Закону України «Про питну воду та питне водопостачання»* (10.01.2002 зі змінами), навколо джерела питного водопостачання встановлюються зони санітарної охорони, які поділяються на три пояси особливого режиму з відповідними обмеженнями господарської діяльності у межах кожного з них. Межі зон санітарної охорони встановлюються місцевими органами самоврядування (за погодженням з іншими органами державної влади) при розробці

**II. Виробничо-господарські нормативи** стосуються нормування антропогенного навантаження. Науково-технічне нормування передбачає введення обмежень діяльності господарчих суб'єктів щодо 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. В. Тарасова, 2007; 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. В. Тарасова, 2007; В. А. Ситаров, В. В. Пустовойтов, 2013).

*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, обсягом і характером надходження ЗР від конкретного підприємства. Ці нормативи, характеризуючи гранично допустиму кількість забруднень, що надходять у НПС у зоні розташування джерел, не дозволяють дати оцінку системам очищення та знешкодження ЗР, які застосовують на підприємстві. Від підприємств вимагається не безпосереднє забезпечення тих або інших ГДК, а дотримання ГДВ та ГДС, які встановлені для об'єкту в цілому або для конкретних джерел, які входять до складу цього об'єкту.

*Містобудівні нормативи* розробляють для забезпечення екологічної безпеки при плануванні і забудові міст та інших населених пунктів\*\*\*.

*Рекреаційні нормативи* визначають умови організації територій рекреаційного призначення, правила користування природними

---

проекту землеустрою. Для підземних джерел питної води перший пояс – суворого режиму – встановлюється на відстані не менше 30 м від водозабірної споруди у випадку напірних водоносних горизонтів, не менше 50 м – у випадку використання ґрунтових вод. Межі другого та третього поясів визначають на основі розрахунків з метою попередження бактеріального та хімічного забруднення джерела.

\*\*\* В Україні діють ДержСанПіН планування і забудови населених пунктів України (1996 р.), в яких містяться основні гігієнічні вимоги до планування і забудови міських територій. Нормативи, що містяться в цих правилах, охоплюють широке коло санітарно-гігієнічних і екологічних аспектів організації та забудови міських територій: наприклад, відстані між транспортними об'єктами та житловою забудовою, рівень озеленення окремих територій, нормативи озеленення міста, пішохідної і транспортної доступності озелених територій загального користування тощо.

комплексами з метою забезпечення умов для повноцінного відпочинку і туризму та непорушення природного середовища. Рекреаційні нормативи можуть встановлюватися для різних об'єктів рекреаційного призначення, починаючи з ландшафтно-рекреаційних територій населеного пункту і закінчуючи рекреаційними зонами у складі об'єктів ПЗФ.

*Сільськогосподарські нормативи:* гранично допустимі норми внесення мінеральних добрив, пестицидів та інших агрохімікатів.

**III. Комплексні нормативи.** Серед них виділяють такі (Н. А. Мельникова, М. В. Лапішина, Н. В. Громова, 2003): гранично допустимі норми навантаження на НПС; нормативи санітарних і захисних зон;

*Гранично допустимі норми (ГДН)* навантаження на НПС – 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: оптимальне число мисливців, що припадає на певну кількість диких тварин або одиницю мисливських угідь; гранична кількість худоби, що припадає на одиницю пасовищних угідь; граничні норми відвідувачів, що перебувають одноразово на екскурсії в заповіднику; 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 «Нормативи допустимого впливу на екологічну 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* визначають залежно 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 (Н. А. Мельникова, М. В. Лапшина, Н. В. Громова, 2003).

**IV. Екологічні нормативи** 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. Екологічне нормування призначено визначити допустиме навантаження на екосистеми, під впливом якого відхилення від нормального стану системи гарантовано і не перевищує природних змін середовища, а, отже не викликає небажаних наслідків у біоті і не призводить до погіршення якості оточуючого природного середовища.

Основні принципи розробки екологічних нормативів полягають у наступному (В.В. Тарасова, 2007):

1) будь-яку зміну природного середовища слід розглядати як недопустиму – «нульову» стратегію;

---

\* 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 заборонене полювання. На території національних природних парків створюються зони регульованої та стаціонарної рекреації, в яких заборонена будь-яка діяльність яка призводить або може призвести до погіршення стану НПС та зниження рекреаційної цінності території (Закон України «Про природно-заповідний фонд» (16.09.1992 зі змінами)).

Ще один приклад – зони радіоактивного забруднення територій, які визначаються ст. 2 Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи»(27.02.1991 зі змінами), в межах яких діють певні обмеження щодо господарської діяльності:

- 1) зона відчуження (30 км від епіцентру вибуху);
- 2) зона безумовного відселення (50-60 км), в яких забороняється постійне проживання, ведення господарської діяльності, а також вивезення з території землі, глини, деревини, рослин тощо;
- 3) зона гарантованого добровільного відселення, на території якої, наприклад, заборонене природокористування, яке не відповідає нормам радіаційної безпеки;
- 4) зона посиленого радіоекологічного контролю, де, наприклад, заборонено будівництво оздоровчих установ.

2) нормативи потрібно встановлювати відповідно до технічних можливостей зниження рівня забруднень і контролю за їх вмістом у НПС;

3) допустимий рівень забруднення слід встановити таким, щоб затрати на його досягнення були не більші за вартість збитків при неконтрольованому забрудненні;

4) потрібно встановлювати такі стандарти, при яких не буде ніяких прямих чи побічних шкідливих впливів на людей. При цьому будь-яке інше вимірюване підвищення концентрації або іншого впливу розглядається як потенційно шкідливе.

*Перший принцип* занадто жорсткий, оскільки не всі зміни в природному середовищі приводять до негативних наслідків. У той самий час непорушене природне середовище не завжди відповідає тим чи іншим вимогам людей. Необхідно враховувати, що еволюція біосфери та розвиток цивілізації неминуче призводять до якісних стрибків в потоках речовин і енергії. А тому було б нерозумно дотримуватись "нульової" стратегії, яка має на увазі активну протидію будь-яким змінам та намагаться нормативними розпорядженнями законсервувати сучасний стан біосфери. Тим не менш, слід визначити компоненти і параметри НС, які слід зберігати без суттєвих змін.

*Другий принцип* широко застосовується у випадку, якщо немає єдиного підходу до нормування вмісту ЗР у НПС. Так, норми скиду багатьох ЗР у воду встановлюються за принципами зниження забруднення до можливого мінімуму, який забезпечують найкращі технології.

*Третій принцип* здається надто меркантильним. Відмова від боротьби із забрудненням у тому випадку, коли вартість природоохоронних заходів більша вартості нанесених збитків, по суті піддає небезпеці життя, здоров'я та добробут людини. Крім того, за таких розрахунків часто не враховуються віддалені наслідки.

*Четвертий принцип*, орієнтований на здоров'я людей, дістав великого поширення в Україні та країнах колишнього СРСР, він фактично ототожнює екологічні та санітарно-гігієнічні нормативи. Експериментальні методи медичної токсикології, виправдані при розробці Держстандартів на питну воду і продукти харчування, механічно переносяться на природні екосистеми, де діють гомеостаз та саморегуляція. Але при всій зовнішній привабливості, ці нормативи практично недосяжні, що провокує їх недотримання.

Оскільки екологічні нормативи регулюють оптимальний стан екосистем, то очевидно, що необхідно їх розробляти на локальному та регіональному рівнях. У цьому випадку їх сукупна дія призведе до дотримання екологічної рівноваги на глобальному рівні.

У Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» (25.06.1991 зі змінами) наведено визначення екологічних нормативів як таких, що встановлюють гранично допустимі викиди та

скиди у НПС забруднюючих хімічних речовин, рівні допустимого шкідливого впливу на нього фізичних та біологічних факторів. У такому формулюванні екологічні нормативи фактично тотожні виробничо-господарським. Але *екологічні нормативи* – це нормативи гранично допустимого антропогенного впливу або стану природного середовища, при яких не виникають порушення в екосистемах.

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

При встановленні *еколого-гігієнічних нормативів* слід враховувати, що багато живих організмів більш чутливі до забруднення, аніж 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 угруповання в цілому (так звані гранично допустимі екологічні нормативи). Якщо речовина справляє шкідливий вплив 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. У Росії розроблено нормативи ГДК ЗР в атмосферному повітрі для рослинності, які також є більш жорсткими у порівнянні з гігієнічними нормативами.

*Еколого-захисні нормативи* спрямовані на збереження генофонду Землі, відновлення екосистем\*, збереження пам'яток всесвітньої культурної і природної спадщини і т.п. Їх використовують при організації охоронних зон заповідників, природних національних парків, біосферних заповідників, зелених зон міст тощо. Одним з ключових міжнародних документів у цьому напрямку є *Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини* (1972).

---

\* 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.



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. До цієї групи можна віднести нормативи техногенного навантаження.

## **2.2 Методи і критерії оцінювання 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 проводять за однією з чотирьох програм: повною, неповною, скороченою, добовою.

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). У ролі таких нормативів використовують величини гранично допустимих концентрацій, тимчасово допустимих концентрацій (ВДК), орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) та ін. Згідно з законом України «Про охорону атмосферного повітря», для обмеження забруднення та можливості контролю стану повітряного середовища Міністерством охорони здоров'я встановлюються гранично доступні концентрації забруднюючих атмосферу речовин. На сьогодні розроблено нормативи ГДК і ОБВР більш ніж для 700 токсичних речовин в атмосферному повітрі. ГДК ЗР в атмосферному повітрі розроблені для двох середовищ, що оточують людину: виробниче та житлове (селітебне).

*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:

1) максимальні разові (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.

2) середньодобові (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.

3) робочої зони (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 наведені 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 *i*-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 (див. 2.3.1) (ДержСанПіН, 1997; В. В. Тарасова, 2007; Моніторинг довкілля, 2010).

Якщо говорити про критерії якості атмосферного повітря, необхідно представити розробки нормативів для рослинності, тобто ГДК ЗР в атмосферному повітрі зелених зон. Щоправда, такі нормативи достатньо повно розроблені для окремих територій Росії (музей-садиба «Ясна поляна» та ліси навколо м. Братськ). У табл. 2.2 наведені нормативи ГДК ЗР для деревних порід (В. П. Князева, 2005) та для рослин (В. В. Тарасова, 2007).

Таблиця 2.2 – Значення ГДК забруднюючої речовини в атмосферному повітрі для рослин та деревних порід

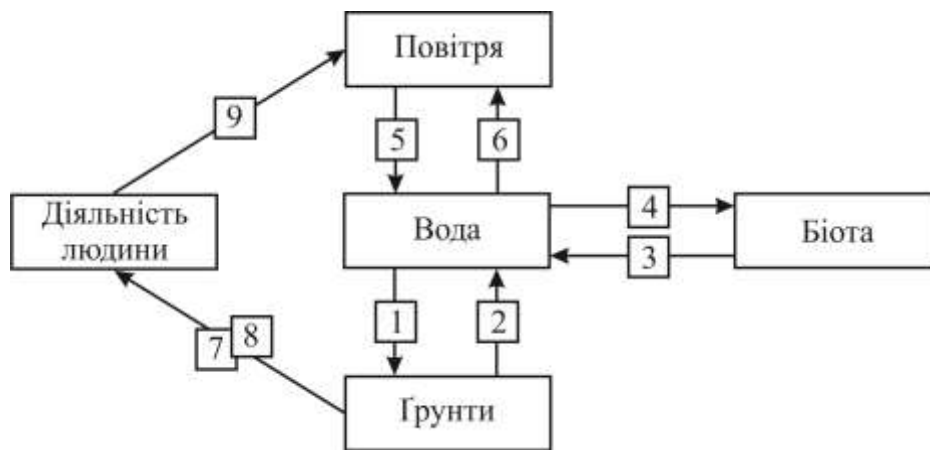
ГДК	Забруднююча речовина					
	діоксид азоту	діоксид сірки	оксид вуглецю	пил	аміак	формальдегід
деревні породи						
ГДК <sub>мр</sub>	0,04	0,3	5,0	0,2	0,1	0,02
ГДК <sub>сд</sub>	0,02	0,015	3,0	0,05	0,04	0,003
рослини						
ГДК <sub>мр</sub>	0,02	0,02	-	-	0,05	0,02
людина						
ГДК <sub>мр</sub>	0,2	0,5	5,0	0,5	0,2	0,035

Як бачимо, ГДК забруднюючої речовини для рослин більш жорсткі, аніж гігієнічні. Проте такі нормативи не є офіційно визнаними та єдиними для усієї території країни.

### 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).

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



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 агрохімікатів і пестицидів, меліорації, водна ерозія, яка викликана механічною деформацією структури ґрунту; 8 – зворотні води, водний транспорт, зарегулювання стоку; 9 – викиди забруднюючих речовин в атм осферу

Рисунок 2.1 – Обмін хімічними речовинами між водою й іншими середовищами

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

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

Під *гідрохімічним фактором* необхідно розуміти сукупність фізико-хімічних процесів, що проходять 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 річки. 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, густота населення, питома

вага поголів'я великої рогатої худоби, інших тварин, зарегулювання стоку та ін.

Кількість ознак, що характеризують кожний із блоків, може змінюватися залежно 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 оцінювання 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 від забруднення» (1989 р.). Залежно 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, рН, 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. У 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) *загально-санітарною* – інтенсивність БСК, процесів мінералізації азотовмісних речовин та інші характеристики, що визначають інтенсивність процесів самоочищення води.

За кожною з ЛОШ визначають діючу (граничну) і недіючу (підпорогову) концентрацію. Як ГДК беруть мінімальну 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 загально-санітарною ЛОШ.

Для ЗР, що не володіють ефектом сумації, 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 вважають придатним для комунально-побутового і господарсько-питного водокористування, якщо виконуються загальні вимоги до складу і властивостей води, а також умови (2.3) і (2.4).

Норми якості води повинні дотримуватися:

- у водотоках – на відстані 1 км вище за межу району водокористування;

- у водоймах – на відстані 1 км від меж району водокористування на всі боки.

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

*Рибогосподарські норми якості води* використовують для оцінювання якості водних об'єктів при рибогосподарському водокористуванні (використанні для проживання, розмноження і міграції риб та 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 та 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 дві: 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. 2.3).

Таблиця 2.3 – Гігієнічні і рибогосподарські ГДК деяких ЗР

№ з/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 з рибогосподарськими нормами, 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 через трофічні ланцюги: ґрунти – рослина – людина, ґрунти – рослина – тварина – людина, ґрунти – вода – людина тощо.

При санітарно-гігієнічному нормуванні враховують 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. 2.4 (*Инженерно-геологические... 1997*).

Таблиця 2.4 – ГДК окремих хімічних речовин у ґрунтах і допустимий вміст за показником шкідливості

Речовина	Клас небезпеки	Форма, вміст	ГДК, мг/кг з урахуванням фону	Показник шкідливості ( $K_{max}$ )			
				$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$
Zn	1	рухома	23,0	23,0	200,0	-	37,0
Cu	2		3,0	3,5	72,0	-	3,0
Ni	2		4,0	6,7	14,0	-	4,0
Co	2		5,0	25,0	> 1000,0	-	5,0
Cr	2		6,0	6,0	6,0	-	6,0
F	1	водорозчинна	10,0	10,0	10,0	-	25,0
Pb	1	валовий вміст	30,0	35,0	260,0	-	30,0
As	1		2,0	2,0	15,0	-	10,0
Hg	1		2,1	2,1	33,0	2,5	5,0
Pb + Hg	1		20,0+1,0	20,0+1,0	30,0+2,0	-	50,0+2,0
Sb	2		4,5	4,5	4,5	-	50,0
Mn	3		1500,0	3500,0	1500,0	-	1500,0
V	3		150,0	170,0	350,0	-	150,0
Mn + V	3		1000,0 +100,0	1500,0+1 50,0	2500,0 +200,0	-	1000,0 +100,0
H <sub>2</sub> S	3		0,4	160,0	140,0	0,4	160,0
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1		160,0	180,0	380,0	-	160,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	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 використовують ряд інтегральних показників забруднення атмосфери.

**Індекс забруднення атмосфери.** 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)*.

В Україні для аналізу рівня забруднення атмосферного повітря населених місць окремими домішками використовується *ІЗА (I)*, який розраховують за формулою:

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

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

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. Вважають, 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, наявним в атмосфері міста. *КІЗА (I<sub>n</sub>)* розраховують за формулою:

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

Розраховується *КІЗА* по одному або  $K$  постах міста як сума всіх *ІЗА*. Комплексний *ІЗА* враховує  $n$  речовин, наявних в атмосфері (Е. Ю. Безуглая, 1986).

Для інтегральної оцінки рівня забруднення атмосфери за допомогою *КІЗА* можна використати значення одиничних індексів *ІЗА* тих п'яти ЗР ( $I_5$ ), 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: безпечний ( $I_5 \leq 5$ ); підвищений ( $5 < I_5 \leq 7$ ); високий ( $7 < I_5 \leq 13$ ); дуже високий ( $I_5 > 13$ ).

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

Відзначимо, що аналіз динаміки стану атмосферного повітря можна здійснювати з урахуванням  $I_3A$ , а також ще двох показників:

-  $НП$  – найбільша повторюваність (у відсотках) перевищення  $ГДК$  будь-якої речовини;

-  $СІ$  – стандартний індекс забруднення – найбільша вимірjana концентрація домішки, поділена на  $ГДК$ .

Враховуючи ці показники, значення рівня забруднення атмосферного повітря на підставі документів Федеральної служби по гідрометеорології та моніторингу навколишнього середовища Росії можна класифікувати згідно з табл. 2.5 (Матеріали..., 2007). При цьому враховується вміст п'яти найбільш поширених шкідливих речовин (пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту та формальдегід).

Таблиця 2.5 – Рівні забруднення атмосферного повітря залежно від окремих показників (Матеріали..., 2007)

Рівень забруднення	Значення $I_3A$	Значення $СІ$	Значення $НП$ , %
Низький	< 5	< 1	< 10
Підвищений	5–6	1–4	10–19
Високий	7–13	5–10	20–49
Дуже високий	$\geq 14$	> 10	> 50

Існують також інші види  $I_3A$ . У системі соціально-гігієнічного моніторингу Білорусі використовують сумарний показник забруднення атмосферного повітря ( $P$ ), який розраховують за формулою:

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2}, \quad (2.9)$$

де  $P$  – сумарний показник забруднення;

$K_i$  – нормовані по  $ГДК$  концентрації речовин 1; 2; 4-го класів небезпеки, приведені до біологічно еквівалентного 3-го класу небезпеки за коефіцієнтами ізоефективності, що дорівнюють: 1 клас – 2,0; 2 – 1,5; 3 – 1,0; 4 – 0,8.

Так, основна відмінність показника  $P$  від традиційного  $IЗА$  – дещо інші значення ізоефективності для речовин 1, 2 і 4-го класів небезпеки.

Агентство з охорони навколишнього середовища США і його регіональні підрозділи на регулярній основі розраховують і публікують індекс якості атмосферного повітря (*Air Quality Index – AQI*), що передбачено чинними нормативними актами.  $AQI$  розраховують на основі індексів концентрацій п'яти ЗР: озон, завислі речовини, оксид вуглецю, діоксид сірки і діоксид азоту.

Розроблено шкалу індексу  $AQI$ , що включає кілька інтервалів залежно від ступеня впливу різних концентрацій даних речовин на здоров'я людини, а також систему колірних позначень кожного ступеня забруднення. Згідно з чинними в США нормативами, інформація про  $AQI$  повинна збиратися регулярно, принаймні, п'ять днів на тиждень. Розрахунок  $AQI$  включає такі етапи: визначення найвищої концентрації з усіх вимірювань у кожній з підконтрольних територій та округлення результатів; знаходження інтервалу, в який потрапляє дана вимірювана концентрація; обчислення індексу за формулою; округлення отриманого числа до цілих.

Індекс розраховують за формулою:

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (Cp - BP_{Lo}) + I_{lo}, \quad (2.10)$$

де  $Cp$  – усереднена концентрація ЗР;

$BP_{Hi}$  – межа інтервалу, більше або що дорівнює  $Cp$ ;

$BP_{Lo}$  – межа інтервалу, менше  $Cp$ ;

$I_{Hi}$  – значення  $AQI$ , що відповідає  $BP_{Hi}$ ;

$I_{lo}$  – значення  $AQI$ , що відповідає  $BP_{Lo}$ .

Метеорологічна служба Канади використовує для представлення результатів моніторингу повітряного середовища індекс якості атмосферного повітря  $AQI$ , шкала значень якого змінюється від 0 до 100. Чим більше значення індексу, тим вищий ризик для здоров'я. Розрахунок індексу проводиться для шести ключових ЗР: діоксид сірки, озон, діоксид азоту, загальний вмісту відновлених сполук сірки, оксид вуглецю і завислих речовини. Шкала  $AQI$  має такий вигляд: 0-25 – добра якість (зелений колір); 26-50 – помірна (жовтий); 51-100 – погана (помаранчевий); більше 100 – дуже погана якість (червоний колір) (С. В. Какарека, 2012).

*Герберт Інхабер (Herbert Inhaber)* для Канади також запропонував індекс, заснований на даних про викиди завислих речовин і діоксиду сірки. Такий індекс для різних районів Канади визначався за формулою:

$$I_{ki} = \frac{\overline{M}_i / N}{M_i / N}, \quad (2.11)$$

де  $\overline{M}_i$  – сумарні викиди речовини для всієї території Канади;

$M_i$  – сумарні викиди для окремого району;

$N_i$  і  $\overline{N}$  – 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 (Е. Ю. Безуглая, 1986).

Порівняльний аналіз *ІЗА*, який використовують в Україні, та *ІЗА*, запропонований Г. Інхабером, показав, що перший індекс є більш надійним для отримання достовірних результатів. Запропонований Інхабером індекс враховує показник чисельності населення, який не має прямого зв'язку з рівнем забруднення. Можливо, було б доцільно в цьому індексі використовувати показник площі населеного пункту.

Також Г. Інхабер запропонував ще один *ІЗА*, заснований на такому фізичному показнику забруднення повітря як *видимість*:

$$I_k = \frac{B_i}{2B}, \quad (2.12)$$

де  $B_i$  – видимість для розглянутого району;

$B$  – видимість у «чистому» повітрі, отримана осередненням результатів спостережень за видимістю на двох північних станціях Канади.

А. В. Приймак запропонував як *ІЗА* використати «індекс небезпеки забруднення»:

$$I_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2}, \quad (2.13)$$

де  $k_i$  – перевищення *ГДК* розглянутої домішки (Е. Ю. Безуглая, 1986).

Процедура оцінки якості атмосферного повітря в країнах Євросоюзу регулюється Директивою Ради 96/62/ЕС (*Council Directive*, 2001). Директивами ЄС не регулюється процедура використання конкретних прийомів порівняльної оцінки якості атмосферного повітря, в т.ч. інтегрального (у вигляді формул, шкал і т.д.). У той самий час у багатьох країнах Євросоюзу широко використовуються показники оцінки інтегрального забруднення повітряного середовища.

У Франції для інтегральної оцінки забруднення атмосферного повітря використовують індекс *АТМО*. Він розраховується за вмістом чотирьох ЗР: діоксид сірки, діоксид азоту, озон і завислі речовини. Для кожної із ЗР

розраховується первинний індекс, а *I3A* за день розраховується шляхом сумування найвищих первинних індексів. У табл. 2.6 представлена шкала розрахунку індексу *АТМО*.

Метеорологічний департамент Великобританії публікує прогнози якості атмосферного повітря, в яких рівень забруднення повітря описується індексом (від 1 до 10) і відповідним йому рівнем забруднення (від 1 до 3 – низький, від 4 до 6 – помірний, від 7 до 9 – високий, 10 – дуже високий). Ці рівні встановлені на основі впливу кожної ЗР на здоров'я. При розрахунку індексу враховують заміряні на станціях мережі моніторингу концентрації озону, діоксиду азоту, діоксиду сірки і завислих речовин.

Таблиця 2.6 – Шкала індексу забруднення атмосфери *АТМО* (Франція)  
(С. В. Какарека, 2012)

Індекс <i>АТМО</i>	Діапазон середніх із максимальних годинних концентрацій, мкг/м <sup>3</sup>			Діапазон середніх денних концентрацій (завислі речовини, мкг/м <sup>3</sup> )
	<i>SO</i> <sub>2</sub>	<i>O</i> <sub>3</sub>	<i>NO</i> <sub>2</sub>	
Дуже добрий	0-39	0-29	0-29	0-9
Дуже добрий	40-79	30-54	30-54	10-19
Добрий	80-119	55-79	55-84	20-29
Добрий	120-159	80-104	85-109	30-39
Середній	160-199	105-129	110-134	40-49
Посередній	200-249	130-149	135-164	50-64
Посередній	250-299	150-179	165-199	65-79
Поганий	300-399	180-209	200-274	80-99
Поганий	400-499	210-239	275-399	100-124
Поганий	≥ 500	≤ 240	≥ 400	≥ 125

У Бельгії для інтегральної оцінки стану повітряного середовища застосовується індекс якості атмосферного повітря (*BEIATMO*), подібний за методикою розрахунку з *AQI* АООС США. Індекс обчислюється виходячи із виміряних на станціях мережі моніторингу концентрацій озону, діоксиду азоту, діоксиду сірки і завислих речовин. Залежно від виміряного вмісту компонентів значення індексу варіює в межах від 1 (відмінна якість повітря) до 10 (дуже погана).

У Китаї для оцінювання якості атмосферного повітря використовують індекс забруднення повітря (*API*). При розрахунку індексу враховують концентрації трьох ЗР: діоксид сірки, діоксид азоту і завислі речовини. Добовий звіт розраховують за інтервал часу від 12 год попереднього дня до 12 год поточного. Для розрахунку *API* використовують спеціальну шкалу. Згідно з нею визначається компонент, рівень забруднення повітря яким є найвищий; значення *API* обчислюють за рівнем забруднення повітря цим компонентом згідно з формулою:

$$API = \max (I_1, I_2, \dots, I_i, \dots, I_n). \quad (2.14)$$

Якість атмосферного повітря відповідно до значень *API* оцінюють за спеціальною шкалою. При значеннях *API*: 0-50 якість повітря вважається відмінною, 51-100 – доброю; 101-150 – незначно забрудненим, 151-200 – слабо забрудненим, 201-250 – середньо забрудненим, 251-300 – середньо-сильно забрудненим, більше 300 – сильно забрудненим.

Індекси забруднення атмосферного повітря розраховуються і в багатьох інших країнах (Індія, Нова Зеландія, Ірландія, Мексика, Таїланд, Корея, Австралія, Малайзія та ін.). Принципи розрахунку в більшості випадків базуються на підходах до розрахунку індексу *AQI* АООС США (С. В. Какарека, 2012).

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

$$ІЗА = 0,05 \cdot \left( \frac{P_o}{B_o} + \frac{A}{T} \right), \quad (2.15)$$

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

$B_o$  – 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 ( $\tilde{q}$ ):

$$\tilde{q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\bar{q}_{ci}}{\bar{q}_{cc}}, \quad (2.16)$$

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

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

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

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

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 рекомендовано використовувати також параметр  $P$ :

$$P = \frac{m}{n}, \quad (2.17)$$

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 фоновому забрудненню повітря необхідно дотримуватися таких умов:

- а) кількість стаціонарних пунктів в місті має бути не менше трьох;
- б) кількість спостережень за концентраціями домішок у повітрі на усіх пунктах впродовж доби повинні бути не менш ніж 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.

Залежно 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 ( $P < 0,2$ ) (Л. Р. Сонькин, 1991).

**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 оцінювання 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 наявних в ньому шкідливих домішок. ГДЗ розраховується для кожного випадку на основі визначених експериментально та затверджених у встановленому порядку коефіцієнтів комбінованої дії ( $K_{\kappa\delta}$ ). Коефіцієнт комбінованої дії 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 (2.18):

$$ГДЗ = K_{\kappa\delta} \cdot 100 \% . \quad (2.18)$$

У випадках, коли значення  $K_{\kappa\delta}$  відсутні, їх визначають за формулою (2.19):

$$K_{\kappa\delta} = \sqrt{n}, \quad (2.19)$$

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

У випадках, коли наявні в атмосферному повітрі ЗР являють собою складну суміш з встановленими та невстановленими  $K_{\kappa\delta}$ , для розрахунку ГДЗ значення  $K_{\kappa\delta}$  цієї суміші визначають за формулою (2.20):

$$K_{\kappa\delta_{cc}} = \sqrt{\sum_{i=1}^j K_{\kappa\delta_{ij}} + n + K_m}, \quad (2.20)$$

де  $K_{\kappa\delta_{cc}}$  – коефіцієнт комбінованої дії складної суміші;

$K_{\kappa\delta_{ij}}$  коефіцієнти комбінованої дії сумісно наявних речовин 1, 2  $j$  ЗР;

$n$  – число речовин у суміші, значення  $K_{\kappa\delta}$  яких відсутні в офіційних списках;



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

У разі наявності у повітрі однієї домішки показник  $ГДЗ = 100 \%$ .

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

Показник фактичного або прогнозного забруднення атмосферного повітря однією речовиною розраховують за формулою (2.21):

$$ПЗ_i = \frac{C_i}{ГДК_i} \cdot 100 \%, \quad (2.21)$$

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

$$\Sigma ПЗ = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_n}{ГДК_n \cdot K_n} \right) \cdot 100 \%, \quad (2.22)$$

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 урахування значень коефіцієнтів  $K$ .

Відповідно до 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 використовують максимальні разові і середньодобові  $ГДК$ , на підфакельних – максимальні разові  $ГДК$ ; для оцінки прогнозних (розрахункових) концентрацій використовують значення максимальних разових  $ГДК$ .

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

Для встановлення  $ПЗ$  атмосферного повітря використовують 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.

Забруднення атмосферного повітря оцінюють з урахуванням кратності перевищення показників забруднення (*ПЗ*) їх нормативного значення (*ГДЗ*) і включає визначення рівня забруднення (допустимий, недопустимий) та ступеня його небезпечності (безпечний, слабко небезпечний, помірно небезпечний, небезпечний, дуже небезпечний) згідно з табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Параметри оцінки забруднення атмосферного повітря

Рівень забруднення	Ступінь небезпечності	Кратність перевищення <i>ГДЗ</i>	Процент випадків перевищення <i>ГДЗ</i>
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

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

Дана методика є подібною до розрахунку *ІЗА*, що використовується в Україні. Перевагою цього методу є можливість визначення рівня забруднення та ступеня небезпеки забруднення атмосферного повітря.

### **2.3.2 Методи комплексного оцінювання 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 нескладними 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. Залежно від мети пропонуються різні системи оцінок (В. А. Кимстач, 1993, *Комплексные оценки...*, 1984). Умовно їх можна розділити на три великі групи залежно від того, чи враховуються при виконанні оцінки вимоги окремих видів водокористування, умови функціонування екосистем або враховується перше і друге одночасно.

Методи комплексних оцінок якості вод розробляють і за кордоном. Відомі роботи в даній області Брауна (R. M. Brown, 1972), Хартона (R. K. Harton, 1965), Юхабера (H. Juhaber, 1975), Третта (I. B. Truett, 1975) та ін. Різні підходи, використані авторами при створенні систем оцінок, мають свої переваги та недоліки, але жодна з них не може претендувати на універсальність. Крім комплексних оцінок, які стосуються, насамперед, аналізу гідрохімічних і мікробіологічних даних, у зарубіжних публікаціях зустрічається велика кількість методів оцінювання якості природних вод суто гідробіологічного характеру.

Як відмічає А. Л. Бобровський (2005), нині досить чітко визначилися два підходи до оцінки якості води, які умовно можна назвати водогосподарським і екологічним. Водогосподарський підхід включає такі методики оцінювання якості води, які дозволяють оцінити можливості водопостачання (комунального, промислового, сільськогосподарського), перспективи рибного господарства та рекреаційний потенціал. Екологічний підхід до оцінки якості природних вод базується на оцінці рівнів сапробності, видового різноманіття та включає комплексні оцінки за функціональними характеристиками водного об'єкта.

У наш час існує багато методик оцінювання якості природних вод, які відрізняються одна від одної принципами, закладеними в основу методу, кількістю класів якості; комплексом показників, які використовуються як вихідна інформація для дослідження; способами формалізації даних та ін. Загальноприйнятого методу комплексної оцінки забруднення поверхневих вод не існує.

Найбільш інформативними є *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.** Існує низка спроб характеризувати ступінь забрудненості води за допомогою одного узагальненого показника (С. І. Сніжко, 2001). Прикладом такого показника є індекс забрудненості  $I_3$  (*Рациональное использование...*, 1991), який дорівнює:

$$I_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}. \quad (2.23)$$

Зручність в застосуванні такого методу оцінювання якості води полягає в тому, що застосовується  $I_3$  до всіх показників якості, які має дослідник. Та головна небезпека полягає у тому, що в такому випадку буде синергізм, коли наявність однієї речовини посилює токсичність іншої, або коли дві токсичні речовини створюють сполуку, токсичність якої значно вища, ніж початкові.

Методика оцінки якості води за *індексом забруднення води (ІЗВ)* рекомендована для використання підрозділам Держкомгідромету (*Рациональное использование...*, 1991). Визначення *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:

$$IЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (2.24)$$

де  $n$  – кількість показників;

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

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

За величинами розрахованих  $IЗВ$  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  $IЗВ$ , 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).

Даний індекс не враховує ефект сумачії поллютантів, крім того, одночасно використовуються генетично різномірні інгредієнти.

Найповнішу і надійну оцінку якості водних об'єктів з екологічних позицій може дати такий спосіб оцінки якості води, який буде враховувати ефект сумачії ЗР у водному середовищі. Одним з найдосконаліших методів оцінки якості вод є застосування інтегрального показника  $L_j$ , який розраховується для кожної групи шкідливості  $j = 1, \dots, 5$  та характеризує якість води за кожною лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ) (А. В. Караушев, 1987):

$$L_{ij} = \sum_{j=1}^{N_j} \frac{C_{ij}}{ГДК_{ij}}, \quad (2.25)$$

де  $N_j$  – кількість речовин у  $j$ -тій групі ЛОШ;

$ГДК_{ij}$  –  $ГДК$  для концентрації  $C_{ij}$  речовини в  $j$ -тій групі сумачії.

Допустимими вважаються значення  $L_{ij} \leq 1$ . Якість води характеризує самий пріоритетний  $i$ -тий показник за  $j$ -тою ЛОШ, для якого повинна виконуватися така умова:

$$\frac{C_{ij}^*}{ГДК_{ij}^*} = \max \frac{C_{ij}}{ГДК_{ij}}. \quad (2.26)$$

Показники, внесок яких у відповідний інтегральний показник  $L_i$  менше 10 %, вважаються несуттєвими, тобто такими, які не несуть в собі значного впливу на якість води.

В Європі і США широко використовується методика оцінки якості вод за загальним індексом якості вод, який вміщує в собі хімічний індекс Баха ( $CI$ ) та індекс якості води Американської санітарної служби ( $WQI$ ). За своєю структурою ці індекси побудовані аналогічно, тільки в  $CI$  представлені хімічні показники якості (їх 8), а  $WQI$  включає мікробіологічні та фізичні показники (їх 9). Показники якості переводяться в безрозмірну шкалу за допомогою «кривих якості». Характерною особливістю цих двох індексів являються вагові коефіцієнти, які виражають значущість кожного з показників в загальній оцінці. Ці коефіцієнти отримані шляхом узагальнення експертних оцінок. Для  $CI$  якість води оцінюється за семи класами, а за  $WQI$  стан якості води поділяється на п'ять класів. Загальний індекс якості розраховується за формулою:

$$I = \prod_i^n q_i^w, \quad (2.27)$$

де  $q_i$  – індекс  $i$ -того параметра,  
 $w$  – вага даного параметра.

**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:

$$ПЕС_i = \frac{a_i(H_i - П_i)}{H_i}, \quad (2.28)$$

якщо норма гранично допустима, і:

$$ПЕС_i = \frac{a_i(П_i - H_i)}{H_i}, \quad (2.29)$$

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 ( $Kл$ ): 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 ( $H_{max} \dots H_{min}$ ). Тоді в результаті розрахунків за формулами (2.28) і (2.29) з використанням максимального і мінімального значень норми в якості ПЕС приймається мінімальне значення з отриманих.

З формул (2.28) і (2.29) 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 ( $КПЕС_{п}$ ), визначається як:

$$КПЕС_{п} = 1/n \sum_{i=1}^n ПЕС_i, \quad (2.30)$$

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:

$$КПЕС = 1 - \sum_{i=1}^n (P_i / H_i). \quad (2.31)$$

Величина  $КПЕС_{ср}$  розраховується таким чином:

$$КПЕС_{ср} = \frac{1}{4} (КПЕС_{п} + КПЕС_{с-м} + КПЕС_{заг} + КПЕС_{орг}), \quad (2.32)$$

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

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

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

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

Якщо проводити визначення  $KПЕС$  за рибогосподарськими вимогами, то для ЗР з однаковою ЛОШ не залежно від класу небезпеки,  $KПЕС$  розраховується за формулою (2.31). Для показників загальних вимог  $KПЕС$  розраховується за формулою (2.30).

Розрахунок  $KПЕС$  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  $KПЕС$  нульового значення, що відповідає межі стійкості.

Розрахунок екологічної надійності проводиться за формулою:

$$ЕН = \frac{1 - \chi^2}{2N - M + 0,5\chi^2}, \quad (2.33)$$

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

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

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

*Рівні надійності* кваліфікуються таким чином: *високий* –  $ЕН = 0,9$ ; *припустимий* –  $0,9 > ЕН \geq 0,8$ ; *низький* –  $ЕН < 0,8$  (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.

Представлена методика оцінки якості води може бути застосована до атмосферного повітря.

Екологічна надійність промислово-міського регіону в цілому ( $ЕН_p$ ) визначається за значеннями  $ЕН$  підсистем:

$$ЕН_p = 1 - (1/2) \sqrt{(1 - ЕН_{атм})^2 + (1 - ЕН_{нов})^2 + (1 - ЕН_{нід})^2 + (1 - ЕН_{нед})^2}, \quad (2.34)$$



де  $EH_{атм}$ ,  $EH_{пов}$ ,  $EH_{під}$ ,  $EH_{пед}$  – оцінки екологічної надійності атмосфери, поверхневих і підземних вод гідросфери і педосфери.

**Оцінка якості поверхневих вод суші за гідрохімічними показниками (методика Гідрохімічного інституту).** Основою методики оцінки якості природних вод за гідрохімічними показниками є поєднання диференційованого і комплексного підходів до оцінки якості води та використання при цьому набору відносних критеріїв. Методика дозволяє встановити рівень і клас якості за величиною комбінаторного індексу забруднення, виділити пріоритетні поліутанти за кількістю і складом лімітуючих показників забруднення та провести диференційовану оцінку лімітуючи ЗР. Ці можливості даного методу вигідно виділяють його з переліку загальновідомих методів оцінки якості природних вод.

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: 1) визначення характеру забруднення за величиною умовного коефіцієнта комплексності; 2) встановлення рівня і класу якості води за величиною комбінаторного індексу забруднення; 3) виділення пріоритетних забруднювальних компонентів за кількістю і складом лімітуючих показників забруднення; 4) 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:

$$K = \frac{n'}{n} \cdot 100 \%, \quad (2.35)$$

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 *i* 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:

$$H_i = \frac{N_{ГДК}}{N_i}, \quad (2.36)$$

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. 2.8).

Таблиця 2.8 – Класифікація води водних об'єктів за ознаками повторюваності випадків забруднення

Повторюваність, %	Характеристика забруднення води	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0; 10	одинична	<i>a</i>	1
10; 30	нестійка	<i>b</i>	2
30; 50	стійка	<i>c</i>	3
50; 100	характерна	<i>d</i>	4

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

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК}}, \quad (2.37)$$

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. 2.9).

При сполученні I і II ступенів класифікації води по кожному з урахованих інгредієнтів отримують узагальнені оцінки якості води (табл. 2.10). Узагальненим характеристикам присвоєно узагальнені оціночні бали  $S_i$ . Значення  $S_i$  можуть змінюватися від 1 до 16.

Таблиця 2.9 – 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

Таблиця 2.10 – Можливі варіації якісного стану води по окремих інгредієнтах і показниках забрудненості

Комплексна характеристика стану забрудненості води	Загальні оціночні бали $S_i$		Характеристика якості водиб
	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

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 (КІЗ)*:

$$KIZ = \sum_{i=1}^n S_i. \quad (2.38)$$

*Заключний етап* класифікації здійснюється на основі величини *КІЗ*. Оскільки величина *КІЗ* значною мірою залежить від числа врахованих інгредієнтів, то встановлення градації якості води щодо її придатності для використання здійснюється в залежності від їхнього числа (табл. 2.11). Виділяють 4 класи якості води: *слабко забруднена, забруднена, брудна, дуже брудна*.

Таблиця 2.11 – Класифікація якості води за величиною комбінаторного індексу забруднення

Клас якості води	Розряд класу якості води	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; 1,0n
II	-	забруднена	1n; 2n	0,9n; 1,8n	0,8n; 1,6n	0,7n; 1,4n	0,6n; 1,2n	1,0n; 2,0n
III	-	брудна	2n; 4n	1,8n; 3,6n	1,6n; 3,2n	1,4n; 2,8n	1,2n; 2,4n	1,0n; 1,5n
III	а	брудна	2n; 3n	1,8n; 2,7n	1,6n; 2,4n	1,4n; 2,1n	1,2n; 1,8n	1,5n; 2,0n
III	б	брудна	3n; 4n	2,7n; 3,6n	2,4n; 3,2n	2,1n; 2,8n	1,8n; 2,4n	2,0n; 3,0n
IV	а	дуже брудна	4n; 6n	3,6n; 5,4n	3,2n; 4,8n	2,8n; 4,2n	2,4n; 3,6n	3,0n; 4,0n
IV	б	дуже брудна	6n; 8n	5,4n; 7,2n	4,8n; 6,4n	4,2n; 5,6n	3,6n; 4,8n	4,0n; 5,0n
IV	в	дуже брудна	8n; 10n	7,2n; 9,0n	6,4n; 8,0n	5,6n; 7,0n	4,8n; 6,0n	5,0n; 5,5n
IV	г	дуже брудна	10n; 11n	9,0n; 9,9n	8,0n; 8,8n	7,0n; 7,7n	6,0n; 6,6n	0,5n; 1,0n

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

Порівняльний аналіз сучасних методик оцінки якості поверхневих вод показав, що різні підходи до створення систем оцінок мають свої переваги та недоліки, але жодна з них не є універсальною.

Наприклад, методика оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями основана на єдиних екологічних критеріях і дозволяє порівнювати якість води на окремих ділянках водних об'єктів, на водних об'єктах в різних регіонах і в країні загалом, але дана методика має ряд недоліків. При проведенні оцінки якості води за індексом забрудненості виникає небезпека явища синергізму.

Методика оцінки якості води за *ІЗВ* не дозволяє в повній мірі оцінити якість водного середовища, оскільки базується тільки на шести показниках якості, але вона зручна у випадку недостатньої кількості даних. При використанні методики оцінки якості вод за допомогою інтегрального показника  $L_j$  дослідник отримає найнадійнішу та найповнішу оцінку якості вод з урахуванням ефекту сумації, а також зможе використати для оцінки абсолютно всі доступні дані про якість води.

Характерною особливістю методики оцінки якості поверхневих вод, яка широко використовується в Європі і США та ґрунтується на індексах *CI* і *WQI*, є врахування значущості кожного із показників у загальній оцінці через вагові коефіцієнти. Методика оцінки екологічного стану водних ресурсів за *КПЕС* містить в собі оцінку як екологічної стійкості, так і екологічної надійності водних ресурсів, що дозволяє оцінити водний об'єкт в цілому. Методика оцінки якості вод за гідрохімічними показниками дозволяє отримати найбільш повні та ґрунтовні результати оцінки якості води.

***Оцінка якісної складової безпеки гідроекосистем за допомогою комплексного індексу потенціалу якості.*** Спосіб оцінки якості поверхневих вод (Л. М. Архипова, 2012), що включає відбір проб води, проведення аналізів, подальше узагальнення з отриманням комплексного

індексу потенціалу якості (КПЯ), знаходження його просторових закономірностей розподілу для фонових природних об'єктів, норми потенціалу якості в будь-якій точці об'єкту. Отримані закономірності використовують для забруднених водних об'єктів-аналогів, оцінюючи рівень потенціалу якості за розробленою шкалою. Запропонована модель може використовуватись при оцінці кількісних показників самоочищення річок.

В основі алгоритму оцінки якісної складової природно-техногенної безпеки гідроекосистем лежить наступне:

1. Шляхом математичної обробки результатів аналізів поверхневих вод отримання комплексного індексу потенціалу якості (КПЯ);
2. Знаходження просторових закономірностей розподілу КПЯ для фонових природних об'єктів;
3. Знаходження норми потенціалу якості в будь-якій точці об'єкту.
4. Оцінка стану гідроекосистеми за наступною шкалою:
  - буферний (зона екологічної рівноваги)  $\text{КПЯ} > 5$ ;
  - оптимальний  $3 < \text{КПЯ} < 5$ ;
  - напруження адаптації  $1 < \text{КПЯ} < 3$ ;
  - зона песимуму в межах  $-1 < \text{КПЯ} < 1$ ;
  - критичний – при значеннях показника  $-3 < \text{КПЯ} < -1$ ;
  - кризовий – при значеннях показника  $-3 < \text{КПЯ} < -5$ ;
  - катастрофічний (зона екологічного лиха)  $\text{КПЯ} < -5$ .

Запропонований спосіб дає можливість використання простого методу встановлення пріоритетів, тобто певні райони чи ділянки гідроекосистем, які відповідають визначеним стандартам якості навколишнього середовища, без подальшого втручання можуть вважатись еталонними, в той час як інші ділянки гідроекосистем можуть ранжуватись і оцінюватись в залежності від знаку і величини КПЯ.

В способі комплексної оцінки потенціалу якості поверхневих вод, на першому етапі здійснюють ідентифікацію стану фонових водних об'єктів за даними обробки результатів наземних вимірювань шляхом отримання інтегрального показника потенціалу якості, на другому – визначають функціональні залежності між параметрами, які визначають стан водного об'єкту і інтегральним показником якості, а на третьому етапі здійснюють ідентифікацію параметрів моделі стану об'єктів-аналогів.

В розрахунках КПЯ підсумовуються так звані коефіцієнти запасу показників (відносна величина резервної потужності), що розраховуються як перевищення допустимих значень над фактичними (концентраціями, одиницями, балами, кількістю і т. ін.) та віднімаються коефіцієнти дефіциту запасу показників (відносна величина нестачі резерву), що розраховуються як перевищення концентрацій (або інших вимірів) над допустимими значеннями (в тих же одиницях). Результат ділиться на кількість використаних показників:

$$KПЯ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; x_i = \begin{cases} \frac{НЯ_i}{C_i}, \text{ якщо } \frac{НЯ_i}{C_i} > 1 \\ -\frac{C_i}{НЯ_i}, \text{ якщо } \frac{НЯ_i}{C_i} < 1 \end{cases}, \quad (2.39)$$

де  $НЯ_i$  – норматив якості води для конкретного показника, під яким розуміють допустимі (граничні величини) показників фізико-хімічного і біологічного стану вод та їх властивостей, що відповідають вимогам різних споживачів;

$i$  – показник;

$n$  – кількість показників.

В розрахунках КПЯ повинні враховуватись різноманітні показники: органолептичні, фізичні, хімічні, біологічні, токсикологічні, санітарного стану. Кількість показників, що беруться для розрахунку КПЯ повинна бути, не менше 10-15, незалежно від того перевищують вони допустимими значеннями показників якості чи ні, але обов'язково включати показники з гідрохімічної, трофосапробіологічної та токсикологічної груп: розчинений кисень, ХСК, рН, мінералізацію та БСК<sub>5</sub>. Крім того, обов'язково повинні бути включені всі показники вказаних груп, значення яких перевищують оптимальні, фонові, нормативні. З обчислень необхідно виключати показники забруднень, яких немає у воді в природному стані, якщо концентрація забруднення далека від ГДК, враховуючи ефекти сумації, з огляду на те, що потенціал якості природних вод не може характеризувати кількість нестачі забруднюючої речовини, взагалі не характерної для природної води.

В розрахунках КПЯ для показників мінералізації, лужності, водневого показника, концентрації іонів магнію враховуємо і нижню і верхню межу як безпечний інтервал фізіологічної повноцінності води. Тобто, у підсумку додатнім буде перевищення верхньої межі над фактичним значенням показника та від'ємним перевищення фактичної концентрації над нижнім допустимим значенням. Якщо ж фактичне значення показника не попадає в безпечний інтервал, (наприклад, такі випадки ймовірні для забруднень поверхневих вод в районах спорудження нафтогазових свердловин), то у підсумку від'ємним буде перевищення фактичного значення показника і над верхнім і над нижнім допустимим значенням. Виключення складають ті показники якості, для яких встановлений нижній поріг, тобто перевищення нормативу якості є бажаним (наприклад, вміст розчиненого кисню, прозорість тощо).

Якщо виміри концентрації речовини дорівнюють нулю, у формулу необхідно підставляти те значення концентрації, яке ще може бути виявлено за найбільш чутливою методикою вимірювання даної речовини, тобто найменший з порогів його виявлення.

### 2.3.3 Оцінка забрудненості ґрунтів

Загальну оцінку ступеня забруднення ґрунтового покриву можна проводити за ґрунтовими критеріями (табл. 2.12), або виділяти слабо-, середньо- і сильно забруднені ґрунти. 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.

Таблиця 2.12 – 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. <i>ГДК</i>	< 0,5	0,5 - 1,0	1 - 3	> 5
Вміст ЗР, од. <i>ГДК</i>	< 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	змиті горизонт А або 0,5 горизонту А	змиті горизонт А і В і частина АВ	змиті 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

*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

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



(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 вибіркоче 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>*):

$$K_c = \frac{C_i}{C_\phi}. \quad (2.40)$$

Замість фонового значення хімічного елементу (ХЕ) можна використовувати його величину ГДК; у цьому випадку визначається *коефіцієнт техногенного геохімічного навантаження (К<sub>р</sub>)*:

$$K_p = \frac{C_i}{C_{ГДК}}, \quad (2.41)$$

де *C<sub>i</sub>* – 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 (забруднення) ( $Z_p$ ), які характеризують ефект впливу на групи елементів. Ці показники розраховуються за такими формулами:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (2.42)$$

$$Z_p = \sum_{i=1}^n K_p - (n - 1), \quad (2.43)$$

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

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 спричинятись 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  $K_c$  і  $K_p$ , 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  $Z_p$  можна віднести те, що вони не враховують відмінностей в потенційній небезпеці речовин і можливий ефект синергізму.

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

$$P_i = \sum_{i=1}^n K_{c_i} \cdot M_s, \quad (2.44)$$

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

$$M_s = \frac{A \cdot S}{L \cdot M \cdot ГДК}, \quad (2.45)$$

де  $A$  – атомна вага відповідного елемента;

$S$  – 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.

За показником 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 багатокomпонентна 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:

$$K_c = \frac{N_t}{N_0}, \quad (2.46)$$

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

$N_0$  – той же показник до впливу.

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

$$K_c = \frac{N_0}{N_t}. \quad (2.47)$$

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 ( $K_y = 0,8-0,5$ ); 4) низька ( $K_c = 0,5-0,1$ ); 5) нестійка ( $K_c = 0,1-0$ ).

### **2.3.5 Біоіндикація як метод оцінювання 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 угруповання, за наявності, 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:

- виділяється один або декілька досліджуваних чинників середовища (за літературними даними або у зв'язку з наявною програмою моніторингових досліджень);

- 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);

- 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 копалини.

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.

**Оцінка забруднення атмосферного повітря методом ліхеноіндикації.** 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 до забруднення 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 індустріальні ландшафти з дуже сильним антропогенним впливом.

На основі цього розроблений метод ліхеноіндикаційного картування забрудненості атмосферного повітря.

Індекс полеотолерантності *Траса*:

$$I.P. = \sum_{i=1}^n \frac{a_i \cdot c_i}{C_n}, \quad (2.48)$$

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. 2.13).

Таблиця 2.13 – Концентрації діоксиду сірки, що відповідають певним значенням  $I.P.$

$I.P.$	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 Слуйвер і Леблан):

$$И.А.Ч. = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \cdot f_i}{10}, \quad (2.49)$$

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).

**Сапробіологічний аналіз поверхневих вод.** Одним з методів біоіндикації, що застосовуються для оцінки екологічного стану водних об'єктів є сапробіологічний аналіз. Спочатку під сапробністю розумілася здатність організмів розвиватися при більшому або меншому вмісті у воді органічних ЗР. Потім експериментально було доведено, що сапробність організмів обумовлена як його потребою в органічному живленні, так і пристосуванням до існування в забруднених водах з продуктами розпаду і дефіцитом кисню.

У системі сапробіологічного аналізу існують спеціально розроблені списки індикаторних організмів з вказівкою їх приналежності до тієї або іншої зони сапробності.

Організми-індикатори ділять на чотири групи: 1) організми сильно забруднених вод – *полісапроби* або *полісапробіонти*; 2) організми помірно забруднених вод – *мезосапробіонти* або *мезосапроби* ( $\alpha$  і  $\beta$ ); 3) організми слабо забруднених вод – *олігосапроби* або *олігосапробіонти*; 4) організми абсолютно чистих природних вод – *ксеносапроби* або *ксеносапробіонти*.

За *Г. І. Швобсом* (2003) під *сапробністю* розуміється насиченість природної води та донних відкладів водойм і водотоків органічними речовинами, здатними розкладатися.

Органічні речовини можуть проявити токсичний вплив на організми-індикатори (біоту) відразу ж після скиду у водне середовище зворотних вод. Після порушення екосистеми настає період релаксації, бо окислення органічних сполук здійснюється за допомогою вільнорадикальних процесів. Рослини справляються з ними за допомогою антиокислювачів, у водному середовищі поступово знижується токсичність і відновлюється біологічна повноцінність. Це підтверджує множинність шляхів прояву самоочисної здатності водного середовища.

Вперше систему оцінювання сапробності вод за сукупністю індикаторних організмів розробили *Р. Колквітс* і *М. Марссон*. Забрудненість вони умовно поділили на три характерні зони сапробності: полісапробну (дуже забруднену), мезосапробну (альфа-мезосапробну – значно забруднену, бета-мезосапробну – помірно забруднену) та олігосапробну (слабо забруднену).

Одним з найбільш зручних індексів для обробки результатів сапробіологічного аналізу є індекс сапробності *S* (*Р. Пантле*, *Т. Бук*, *Сладечек*). Для його визначення приймають так звану індикаторну значимість ( $S_i$ ) для олігосапробних організмів за 1, бета-мезосапробних – 2, альфа-мезосапробних – 3, полісапробних – 4 одиниці. Кількість особин кожного виду ( $h_i$ ) оцінюють також відносними величинами: випадкові особини – 1, які часто зустрічаються – 3, масова кількість – 5 одиниць. З урахуванням цього індекс сапробності визначають за формулою:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i}, \quad (2.50)$$

де  $S_i$  – індикаторна значимість  $i$ -го виду;

$h_i$  – відносна численність  $i$ -го виду;

$n$  – кількість видів-індикаторів.

Залежно від значення  $S$ , вода відноситься до певного типу сапробності (табл. 2.14). Отримані значення  $S$  корелюють з показником БСК.

Деякі дослідники відмічають, що застосування індексу сапробності *Р. Пантле* і *Т. Бука* не завжди дає об'єктивне пояснення біологічних явищ у річці та водоймі і його не можна вважати вичерпаним.

Наприклад, коли із водних джерел надходить вже сформований комплекс організмів зоопланктону, оцінка якості води за індикаторними організмами не бажана. Для цього більш доцільне використання індексів видового різноманіття.

## 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.

Таблиця 2.14 – Характеристика сапробності природних вод

Води	S	Опис зони/водойми
Полісапробні	4,0-3,5	Характеризуються низьким вмістом кисню і великим вмістом вуглекислого газу і високомолекулярних органічних речовин, які легко розкладаються. Характеризуються бідною видовою різноманітністю, але окремі види можуть досягати великої чисельності. Аерофільних організмів немає, в основному жгутикові і бактерії, які в оліго- і ксеносапробних водах практично не зустрічаються.
α-мезосапробні	3,5-2,5	Характеризуються інтенсивним самоочищенням за рахунок кисню, який виділяється хлорофіловмісними рослинами. Мешкають синьо-зелені, діатомові водорості, гриби, бактерії, нечутливі до кисню риби.
β-мезосапробні	2,5-1,5	Характеризуються інтенсивними окислювальними процесами. Кисню інколи буває багато, присутні продукти мінералізації білка – амонійні з'єднання, нітрати, нітрит. Характеризуються різноманітністю рослинного і тваринного світу.
Олігосапробні	1,5-1,0	Практично чисті, для них характерна практично повна мінералізація органічних речовин.
Ксеносапробні	< 1,0	Це води чистих гірських струмків, невеликих льодовикових річок виходи ключів, збіднені біотою і містять мінімальні кількості мінеральних сполук та сліди органічних речовин.

*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. *Середовищеутворювальні 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 оцінено як відношення площі якого-небудь ресурсу до загальної площі території.

4. *Територіальне поєднання ресурсів*. Аналіз сукупності представлених у 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:***

$$V_{npi} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot k_i, \quad (2.51)$$

де  $k_i$  – ваговий коефіцієнт показника;

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

$$N_i = \frac{S_i}{S_{заг}}, \quad (2.52)$$

де  $S_i$  – площа  $i$ -го виду ресурсу;

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

**Комфортність і привабливість природних ресурсів і умов території:**

$$V_{\kappa} = \sum_{i=1}^n W_i \cdot k_i, \quad (2.53)$$

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

$$W_i = \frac{t_i}{G_i}, \quad (2.54)$$

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

$G_i$  – сумарне значення у балах  $i$ -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:

$$F_d = \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{S_{\text{заг}}} \cdot k_i, \quad (2.55)$$

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 у 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 у 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. У цілому, під впливом антропогенних чинників відбувається спрощення видової структури біоценозів. Встановлено, що чим значніша 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 (І. А. Авесаломова, 1992).

За Коробкіним В. І. і Передельським 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.

### **2.5.1 Оцінка ступеня антропізації геосистем**

Під ступенем антропізації геосистем (синонім – антропогенна трансформація, перетвореність) розуміють зміненість її структурних і динамічних особливостей у результаті функціонального використання.

Кількісні оцінки ступеня антропізації ґрунтуються на структурі земельних угідь у межах геосистеми. За співвідношенням між природними і зміненими ПТК у структурі ландшафту Ф. М. Мільков виділяє такі види ландшафтів:

- антропогенні (природних угідь менше 25 %);
- антропогенно-природні (природних угідь 25-50 %);
- природно-антропогенні (природних угідь 50-75 %);

- 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 ступеня перетвореності геосистеми при її використанні під певне угіддя.

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

$$B = 0,01 \cdot \sum_{i=1}^n b_i \cdot p_i, \quad (2.56)$$

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 щодо 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:

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

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

$$U_{an} = \sum_{i=1}^n r_i \cdot g_i, \quad (2.57)$$

де  $r_i$  – ранг антропогенного перетворення (1-12);

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

Кожному виду природокористування присвоюється ранг антропогенного перетворення ( $r_i$ ) відповідно до сили його впливу на ПТК (табл. 2.15).

Коефіцієнт ступеня антропогенного перетворення:

$$K_{an} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \cdot g_i \cdot q_i}{100}, \quad (2.58)$$

де  $q_i$  – індекс глибини антропогенного перетворення.

Виходячи з табл. 2.15,  $K_{an}$  змінюється від 1 до 19: чим більше значення, тим більше внаслідок господарської діяльності перетворений ландшафт. Коефіцієнт ступеня антропогенного перетворення може бути використаний як кількісний показник відмінностей зонально-провінціальної ландшафтної диференціації та обґрунтування схем ландшафтного районування для цілей регіонального проектування.

Таблиця 2.15 – Значення рангу та індексу глибини антропогенного перетворення для різних типів природокористування

Вид земель з певним видом природокористування	Ранг антропогенного перетворення ( $r_i$ )	Індекс глибини антропогенного перетворення ( $q_i$ )
Території ПЗФ	1	1
Ліси	2	1,05
Болота	3	1,1
Пасовища та сінокоси	4	1,15
Сади та виноградники	5	1,2
Орні землі	6	1,25
Сільські населені пункти	7	1,3
Міста та селища міського типу	8	1,35
Водосховища і канали	9	1,4
Транспортні магістралі	10	1,5
Промислові землі	11	1,55
Землі, що порушені в результаті видобування корисних копалин	12	1,6

Шкала антропогенного перетворення ландшафтів України залежно від значення  $K_{an}$  виглядає таким чином: слабо перетворені (2,0-3,8); перетворені (3,81-5,30); середньо перетворені (5,31-6,50); сильно перетворені (6,51-7,40); дуже сильно перетворені (7,41-8,0). Відповідно до проведеної оцінки антропогенного перетворення ландшафтів України, найбільшу площу (45 %) займають сильно перетворені ландшафти, а частка слабо перетворених ландшафтів складає всього 3 % (О. П. Гавриленко, 2007).

### 2.5.2 Оцінка ступеня забрудненості території

Ступінь забрудненості території можна оцінювати окремо для кожного з елементів-забруднювачів за такими показниками: кларк концентрації, коефіцієнт концентрації або за ГДК (див. формули 2.39,

2.40). Причому коефіцієнт концентрації  $K_c$  пропонується розраховувати відносно природного регіонально-фоновому вмісту певного хімічного елемента у відповідному компоненті – грунтах, водах тощо.

*Кларк концентрації* (КК) – це відношення концентрації елемента в об'єкті до його кларку.

Ступінь забрудненості території можна оцінити інтегрально, враховуючи усі ЗР. Для оцінки розподілу ХЕ, в т.ч. техногенного походження, та концентраційних властивостей природних систем взагалі використовується показник, введений у 1969 р. Дені М. Шоу – *коефіцієнт накопичення елементів* (або *коефіцієнт Шоу*):

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i / K_i, \quad (2.59)$$

де  $k_i$  та  $K_i$  – кількість кожного хімічного елемента в системі (компоненті) та в літосфері або в педосфері, біоті, атмосфері відповідно.

Коефіцієнт накопичення мікроелементів дає змогу визначити специфічні особливості систем у цілому. Коефіцієнт  $R$  є середнім кларком концентрації групи мікроелементів у природній системі і дає кількісну оцінку її здатності до накопичування або розсіювання елементів порівняно з їх вмістом у літосфері або іншому середовищі. Якщо  $R > 1$ , то в системі (компоненті) відбувається накопичення елементів, якщо  $R < 1$  – їх розсіювання.

При розрахунках коефіцієнта  $R$  використовують кларки концентрації якомога більшої кількості мікроелементів, щоб показник був значущим. Загалом поряд з індексом записується кількість вихідних даних: наприклад,  $R_{10}$  – означає, що коефіцієнт Шоу розрахований за 10 мікроелементами.

Аналогічно до коефіцієнта Шоу визначається *індекс сумарної забрудненості території щодо ГДК ЗР*:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i / ГДК_i. \quad (2.60)$$

Для характеристики інтенсивності накопичення елементів за деякий проміжок часу використовують такий показник як відношення кларків концентрації:

$$B = КК_x / КК_y. \quad (2.61)$$

Цей показник використовується при дослідженнях річної динаміки хімічних речовин, інтенсивності техногенного забруднення в різних природних системах, як у просторовому, так і в часовому відношенні.

Для оцінки ступеня забрудненості можна використати відношення показників  $R$  для поверхневого шару ґрунту та для ґрунтоутворювальної породи.

Використання коефіцієнтів накопичення  $R$  та їх відношення, сумарного індексу забрудненості  $D$ , кларків концентрації та їх відношення дають змогу порівняти забрудненість геосистем досліджуваної території.

Для комплексної оцінки небезпеки рівня забруднення природного середовища для здоров'я населення В. М. Гуцуляк запропонував *показник інтенсивності забруднення компонентів ландшафту* ( $P_j$ ), який можна розрахувати на основі формули (2.36) та *інтегральний показник екологічної небезпеки в ландшафті* ( $I_n$ ):

$$I_n = \sum_{j=1}^m T_j \sum M_i (C / C_\phi)_i, \quad (2.62)$$

де  $T_j$  – транслокаційний показник шкідливості для кожного природного компонента, виражений в умовних одиницях: ґрунти – 2; повітря – 3; ґрунтові води – 4; біомаса – 5;

$M_i$  – значення індексу небезпеки (токсичності) ХЕ відповідно до класу небезпеки;

$m$  – загальна кількість компонентів природного середовища, які враховуються (Л. Л. Малишева, 2000).

## 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. Загалом визначення комплексного показника  $K$  можна представити у вигляді:

$$K = \sum_{i=1}^n k_i \alpha_i, \quad (2.63)$$

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 ваги. 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 з двох позицій:

8) 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*);

9) 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. 2.16). Запропоновані критерії якості природної складової урбанізованих територій визначаються для міст з населенням від 10 до 250 тис. осіб, відповідно до чого поставлені градації кількісних оцінок екологічних характеристик. Кількість градацій для кожної екологічної характеристики дорівнює 4.

Таблиця 2.16 – Набори екологічних характеристик у складі критеріїв якості природної складової урбанізованої території

№ з/п	Критерій якості природної складової урбанізованої території з позицій внутрішньосистемних зв'язків		Критерій якості природної складової урбанізованої території з позицій зовнішніх зв'язків	
	екологічна характеристика	$\alpha_i$	екологічна характеристика	$\alpha_i$
1	якість атмосферного повітря	0,30	техногенний вплив на атмосферне повітря	0,30
2	якість води водних об'єктів	0,25	техногенний вплив на водні об'єкти	0,25
3	якість ґрунту	0,10	озеленення	0,15
4	озеленення	0,15	відходи	0,20
5	екологічна безпека техногенного комплексу	0,20	екологічна безпека техногенного комплексу	0,10

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) (В. Ю. Приходько, 2013).

### **2.6.2 Індикатори якості довкілля**

Розробка системи екологічних індикаторів та індексів є активним напрямком наукових досліджень у світі. Зазначимо, що основною метою формування систем показників є оцінка сталості розвитку світу та його окремих регіонів з використанням уніфікованих, комплексних підходів. На сьогодні розроблена велика кількість екологічних індикаторів та індексів: індекс стійкого розвитку, індекс екологічної уразливості територій, індекс екологічної стійкості тощо.

Більш детально розглянемо такі індикатори, які можна використовувати як інструмент для оцінювання якості НПС або окремих компонентів.

*Індикатор* – це параметр або значення параметра, яке вказує, дає інформацію або описує стан явища, довкілля, території в значно більшій мірі, чим саме значення параметра. Під *індикатором* мають на увазі показник (що виводиться з первинних даних, які зазвичай не можна використовувати для інтерпретації змін); що дозволяє судити про стан або зміну певного явища або процесу.

Зазвичай індикатори описують явища або стани НПС і завжди вказують на щось, що перебуває поза прямим розглядом. Існує безліч причин, що пояснюють це: безпосереднє спостереження інколи є дуже дорогим; область спостереження, що знаходиться поза прямим розглядом, є майбутньою.

*Мета розробки та застосування індикаторів* полягає у наступному: 1) індикатори використовують для обґрунтування рішення, яке приймають; 2) індикатори допомагають інтерпретувати зміни; 3) використання індикаторів дозволяє виявляти недоліки в природокористуванні; 4) індикатори дозволяють полегшити доступ до інформації для різних категорій користувачів; 5) індикатори полегшують обмін науково-технічною інформацією; 6) індикатори виконують комунікативну функцію, тобто інформують спільноту щодо можливих екологічних загроз.

*Індекс* – це набір згрупованих або зважених параметрів або індикаторів. Одним з таких індексів є індекс живої планети, який розглядається у п. 2.6.3. *Параметр* – це властивість, яку можна відмітити або виміряти.

Широкого поширення у світі набули система екологічних індикаторів, розроблена Організацією Економічного Співробітництва та Розвитку (ОЕСР). Система індикаторів базується та моделі «вплив – стан – реакція»

(рис. 2.2). Людська діяльність чинить «тиск» на довкілля і впливає на якість та кількість природних ресурсів («стан»); суспільство реагує на ці зміни через природоохоронну, загальноекономічну та галузеву політику і через зміни в суспільній свідомості і поведінці («реакція на тиск»).

«Вплив» включає опосередкований і прямий вплив (тобто використання ресурсів і розміщення ЗР та відходів). Показники екологічного тиску тісно пов'язані з характером виробництва і споживання, досить часто вони відображають інтенсивність забруднення або використання ресурсів, а також обумовлені цими процесами тенденції і зміни за певний період часу.

«Стан» пов'язаний з якістю довкілля та кількістю і якістю ПР. Як такі, ці індикатори відображають кінцеву мету природоохоронної політики. Показники екологічного стану створені з таким розрахунком, щоб давати огляд екологічної ситуації і її розвиток у часі. Прикладами їх є: концентрації ЗР в НПС; перевищення критичних навантажень; вплив певного рівня забруднення на населення або зниження якості довкілля і пов'язаний з цим вплив на здоров'я людей; стан флори і фауни та запасів природних ресурсів.



Рисунок 2.2 – Схема формування системи індикаторів стану довкілля

Показники «реакції» відображають реакцію суспільства на екологічні проблеми. Вони пов'язані з колективними та індивідуальними діями і реакціями, спрямованими на пом'якшення, адаптацію або попередження негативного впливу на довкілля, викликаного людською діяльністю, або на збереження природи і ПР. Прикладами показників суспільної реакції є:

витрати на охорону довкілля, природоохоронні податки і субсидії, структура ціноутворення, частка ринку, що припадає на екологічно чисті товари і послуги, темпи скорочення забруднення, рівень вторинної переробки продуктів.

Виділяють також ще одну групу індикаторів – індикатори «впливу». Індикатори «впливу» виражають наслідки від змін у стані довкілля для тих, хто прямо або побічно використовує ресурси довкілля. Як приклади можна привести індикатори, що впливають на здоров'я, витрати на очищення стічних вод, зміни в сільськогосподарській продуктивності орних земель. Індикатори впливу також включають тимчасові параметри і індекси впливу на аспекти людського добробуту. Але в схемі на рис. 2.2 ця група не виділяється.

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

Призначення індикаторів ОЕСР: моніторинг прогресу в галузі охорони довкілля; аналіз ефективності природоохоронної діяльності; стан досягнення сталого розвитку; інформування громадськості (Н. П. Тарасова, 2006, *OECD core set of indicators*, 1993, 2003).

***Набір ключових індикаторів.*** Нижче представлені п'ять ключових індикаторів за схемою «проблема, пов'язана із забрудненням – індикатор»:

- 1) зміна клімату – емісія діоксиду вуглецю;
- 2) руйнування озонового шару – індекси існуючого рівня споживання озоноруйнуючих 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.

П'ять ключових індикаторів за схемою «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:*

- емісія метану;
- використання фреону 11 і 12;
- емісія закису азоту.

*Індикатори екологічних умов:*

- концентрація парникових газів в атмосфері;

- середня температура.

*Індикатори соціальної реакції:*

- ефективність використання енергії;
- енергоємність;
- податок на енергію/діоксид вуглецю;
- витрати на енергоефективні технології, альтернативні види енергії, дослідження зміни клімату (*OECD core set of indicators*, 1993, 2003).

Одним з широко застосовуваних індикаторів є екологічний відбиток.

### **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. 2.3).

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 %.

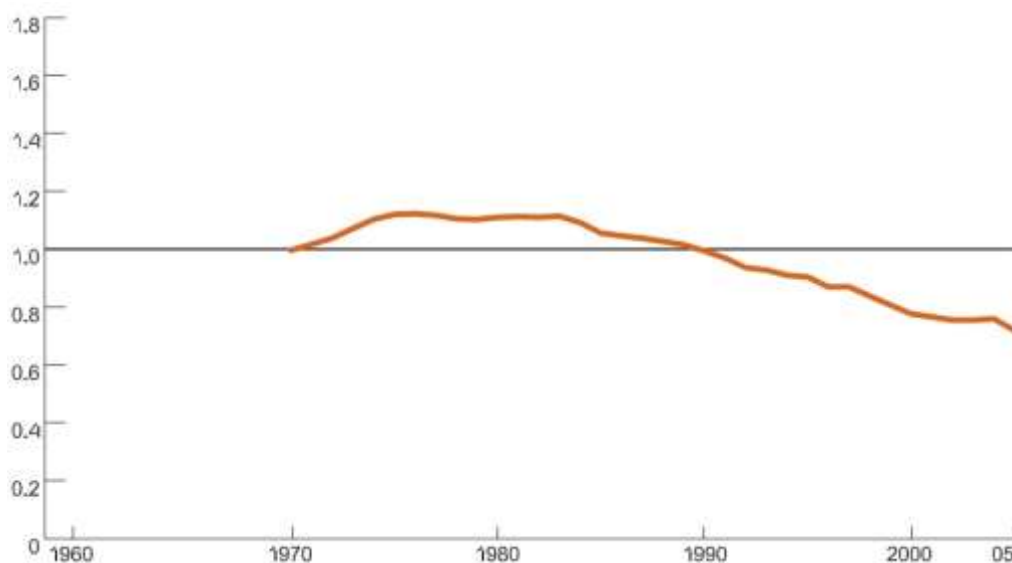


Рисунок 2.3 – Зміна індексу живої планети

*Екологічний відбиток* – це площа біологічно продуктивної території/акваторії, необхідної для виробництва використовуваних людиною ресурсів і асиміляції відходів. При визначенні екологічного сліду враховують:

1) площу територій та акваторій, необхідних для забезпечення споживання природних ресурсів і послуг: продовольства, волокон, деревини, морепродуктів;

2) площу територій, зайнята інфраструктурою (житловий фонд, промисловість, транспорт тощо);

3) площу територій, необхідних для асиміляції відходів. На даний момент враховують відходи у  $\text{CO}_2$  еквіваленті, тому цю складову іноді називають «вуглецевий слід». Його оцінюють як покрита рослинністю територія для поглинання діоксиду вуглецю, що виділяється при спалюванні викопного палива.

Величина екологічного відбитку країни визначається чисельністю населення, середнім обсягом споживання та ресурсоемністю товарів та послуг, що споживаються населенням. До десятки 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 численне.

*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 у 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 у 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. 2.4).

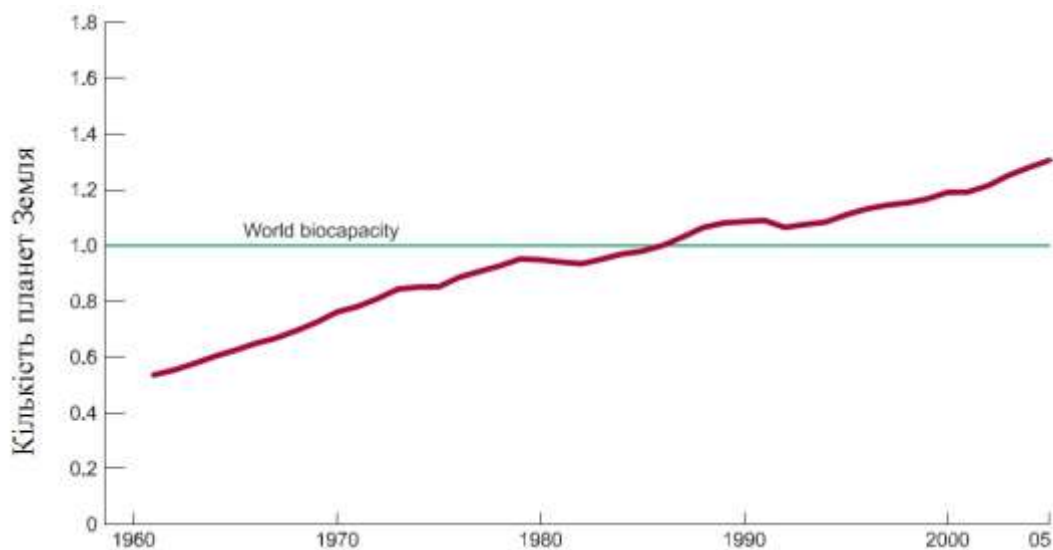


Рисунок 2.4 – Екологічний відбиток людства

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). У той самий 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.

Всесвітня мережа екологічного сліду (*GFN*) запропонувала найважливіші екологічні поняття:

- 1) країни – екологічні кредитори/донори/благодійники;
- 2) 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» – Бразилія, Росія, Канада, Аргентина, Австралія.

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 найбільш вразливі 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 Показники техногенного навантаження на природні та антропогенно-змінені екосистеми

Під *антропогенним навантаженням* розуміють ступінь прямого та/або опосередкованого впливу людини на НПС або його окремі компоненти. *Техногенне навантаження* – це ступіть впливу господарської діяльності на НПС або його окремі компоненти. Джерелами техногенного навантаження є об'єкти виробничого і технічного призначення, до яких також слід відносити транспортні, сільськогосподарські, лісотехнічні об'єкти.

Загалом розрізняють чотири типи антропогенних навантажень – індустріальне (промислове), транспортне, рекреаційне та аграрне (Г. М. Франчук, 2011). Індустріальне, транспортне та аграрне навантаження зумовлене функціонуванням технічних систем, отже, може бути об'єднано в групу «техногенне навантаження».

Для оцінки рівня техногенного навантаження існують різні показники.

*Модуль техногенного навантаження* – обсяг стічних вод та твердих відходів промислових та комунальних об'єктів, віднесений до певної адміністративно-територіальної одиниці, і вимірюються в тисячах тонн на квадратний кілометр за рік (В. В. Тарасова, 2007).

Показником *індустріального навантаження* може бути кількість промислових підприємств на одиницю площі (Г. М. Франчук, 2011). Вочевидь, промислові підприємства розрізняються за кількісними та якісними характеристиками складу викидів, тому до показників індустріального навантаження слід віднести щільність викидів певної ЗР – у тонах на квадратний кілометр за рік.

Для оцінки техногенного навантаження на атмосферне повітря міст можна використати такий показник, як осереднений коефіцієнт небезпеки підприємства, що припадає на одне підприємство міста ( $\overline{КНП}$ ):

$$\overline{КНП} = 1/k \sum_{i=1}^k КНП_i, \quad (2.64)$$

де  $КНП_i$  – коефіцієнт небезпеки для  $i$ -го підприємства.

Для якісної інтерпретації отриманих результатів, категорії небезпеки підприємства, що залежить від значення  $КНП_i$ , можна замінити характеристиками техногенного навантаження на атмосферне повітря (табл. 2.17) (В. Ю. Кориневская, 2010).



Таблиця 2.17 – Характеристика техногенного навантаження на повітряний басейн міст за показником  $\overline{КНП}$

Значення $\overline{КНП}$	Категорія небезпеки	Характеристика рівня техногенного навантаження
$\geq 10^8$	I	високе
$10^8 > \overline{КНП} \geq 10^4$	II	підвищене
$10^4 > \overline{КНП} \geq 10^3$	III	помірне
$< 10^3$	IV	низьке

Показник *транспортного* навантаження ( $T_i$ ) для окремої території розраховують як:

$$T_i = \frac{1}{S_i} \sum l_k \cdot B_k, \quad (2.65)$$

де  $S_i$  – площа району,

$l_k$  – довжина автошляху, що має  $k$ -ту оцінку показника транспортної напруженості  $B_k$ .

Одним з показників, що характеризують техногенне навантаження автотранспорту на визначеній території (наприклад, місто), є коефіцієнт відносної протяжності автошляхів ( $d$ ):

$$d = \frac{l}{S}, \quad (2.66)$$

де  $l$  – сумарна довжина автошляхів на певній території;

$S$  – площа території.

Інтенсивність руху автотранспорту можна розглядати як непрямий показник рівня навантаження. Отже, коефіцієнт  $d$  може бути розрахований для певної категорії автошляхів, таких, наприклад, що характеризуються максимальною інтенсивністю руху автотранспорту. У цьому випадку просторова зміна даного показника дозволяє визначити райони максимального техногенного навантаження, що створюється автотранспортом.

*Аграрне навантаження* на ландшафти визначається розораністю земель, меліорацією, рівнем механізації землеробства та кількістю отрутохімікатів, які вносяться на поля. Для оцінки аграрного навантаження на  $i$ -у територію пропонується такий показник:

$$A_i = \frac{S_a + 1,5S_m}{S_i} \cdot \frac{M_i}{M} \cdot \frac{F_i}{F}, \quad (2.67)$$

де  $S_a$  – площа богарних сільськогосподарських земель в  $i$ -му районі;

$S_M$  – площа меліорованих земель;

$S_i$  – площа району;

$M_i$  та  $M$  – кількість самохідних сільськогосподарських агрегатів на 1 га орних земель для  $i$ -го району та в середньому по Україні відповідно;

$F_i$  та  $F$  – маса гербіцидів на 1 га (середня за 5 років) для  $i$ -го району та в середньому по Україні відповідно.

*Рекреаційне навантаження можна оцінити за формулою:*

$$R_j = \frac{k_j}{S_j} \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{l_{ij}^2}, \quad (2.68)$$

де  $S_j$  – площа  $j$ -го рекреаційного угіддя;

$k_j$  – коефіцієнт рекреаційної привабливості  $j$ -го угіддя (для лісових угідь без водойм  $k = 1,0$ ; для лучних угідь біля водойм  $k = 3,0$ ; лучних біля водойм в оточенні лісових  $k = 3,0$ );

$P_i$  – людність  $i$ -го населеного пункту, що розташований на відстані  $l_{ij}$  від  $j$ -го угіддя, причому  $l_{ij}$  визначається за авто- або залізничним шляхом;

$n$  – кількість населених пунктів, які тяжіють до  $j$ -го рекреаційного угіддя.

**Методика розрахунку питомого селітебного навантаження на басейнові природно-територіальні комплекси.** Ступінь антропогенного навантаження на басейнові ПТК визначається масштабом господарської та інших видів діяльності людини. Прямі і опосередковані впливи на водні басейни можуть спричинятися внаслідок господарської діяльності (сільське господарство, тваринництво та ін.), регулювання стоку річок, вирубки лісів, осушення боліт, гідротехнічного будівництва, днопоглиблювальних робіт, лісосплаву, водного транспорту, рекреаційних навантажень (А. В. Яцик, 1997). Як непряму оцінку впливу людської діяльності слід використовувати чисельність проживаючого в басейні річки населення, оскільки чим більша густина населення, тим більшого антропогенного навантаження зазнають природні екосистеми. Селітебне навантаження (можна виразити через щільність населення) є одним з антропогенних факторів, який впливає на формування якості поверхневих вод (Г. І. Денисик, 2006, Л. І. Воронай, 1975).

У методиці розрахунку питомого селітебного навантаження на басейнові природно-територіальні комплекси використовують як непряму оцінку впливу людської діяльності чисельність населення, яке проживає в басейні річки до розрахункового створу, даний метод дозволяє отримати максимально точні результати розрахунку питомого селітебного навантаження на басейни річок та може бути широко застосований.

Інформацію про чисельність населення ( $N$ ) враховують при розрахунках показника прямих і опосередкованих впливів на річку ( $z$ ), які здійснюються господарською або іншою діяльністю населення, що

проживає в її басейні за методикою оцінювання антропогенного навантаження на поверхневій воді (Г. І. Швебс, 2003, В. В. Мороков, 1987). Для реалізації завдань дослідження антропогенного навантаження на басейнові ПТК виникає необхідність у визначені точної кількості населення, яке проживає у зонах впливу (частини річкових басейнів) на якість річкових вод у замикальних створах.

З метою виявлення питомого антропогенного навантаження на басейни річок пропонується (А. В. Колісник, 2013) методика розрахунку питомого селітебного навантаження на басейнові ПТК з врахуванням нерівномірності розподілу густоти населення та населених пунктів у регіоні (області).

Для розрахунку чисельності населення, яке проживає в басейні річки до розрахункового створу, необхідно провести такі розрахунки:

1) На першому етапі визначаємо чисельність населення, яке проживає в області без урахування населення міст обласного та районного підпорядкування за формулою:

$$Ч_{б.м.}^* = Ч_o - Ч_{в.м.}, \quad (2.69)$$

де  $Ч_{б.м.}^*$  – чисельність населення області без урахування населення міст обласного та районного підпорядкування;

$Ч_o$  – загальна кількість населення, яке проживає в області;

$Ч_{в.м.}$  – кількість населення всіх міст області.

2) На другому етапі знаходимо площу території досліджуваної області без урахування загальної площі міст за формулою:

$$П_{б.м.}^* = П_o - П_{в.м.}, \quad (2.70)$$

де  $П_{б.м.}^*$  – площа території області без урахування площі міст;

$П_o$  – загальна територія області;

$П_{в.м.}$  – площа всіх міст області.

3) На третьому етапі визначаємо середню щільність населення регіону без урахування щільності населення в містах за такою формулою:

$$Щ_{б.м.}^* = \frac{Ч_{б.м.}^*}{П_{б.м.}^*}. \quad (2.71)$$

4) На четвертому етапі знаходимо чисельність населення, яке проживає в зонах басейну річки до кожного з відомчих пунктів спостереження за формулою:

$$Ч_i = Ч_{м.і} + Ч_{б.м.і}^*, \quad (2.72)$$

де  $Ч_{м.і}$  – кількість населення, яке проживає в містах зони  $i$ -го пункту

спостереження ( $i = 1 \dots n$ );

$n$  – кількість контрольних пунктів спостереження);

$Ч_{б.м.i}^*$  – кількість населення  $i$ -ої зони басейну річки за винятком міського:

$$Ч_{б.м.i}^* = Ш_{б.м}^* \cdot П_{б.м.i}, \quad (2.73)$$

де  $П_{б.м.i}$  – територія зони  $i$ -го пункту спостереження без урахування площі міст, які відносяться до даної зони:

$$П_{б.м.i} = П_{з.i} - П_{м.i}. \quad (2.74)$$

У деяких частинах басейнів річок немає жодного міста обласного чи районного підпорядкування, тому в такому випадку кількість проживаючого населення в даних зонах буде визначена з врахуванням середньої густоти населення області без врахування міст. Тобто формула (2.73) набуде такого вигляду:

$$П_{б.м.i} = П_{з.i}. \quad (2.75)$$

Отже, дана методика розрахунку чисельності населення, яке проживає в басейні річки до розрахункового створу, дозволяє отримати максимально точні результати та може бути застосована для будь-якої області чи регіону країни.

### **Контрольні питання до розділу 2**

1. Яка основна нормативно-правова база до регулювання природоохоронної діяльності?
2. Що таке «якість довкілля» і які принципи його нормування?
3. Що таке санітарно-гігієнічні нормативи?
4. Що таке виробничо-господарські нормативи?
5. Що таке комплексні нормативи?
6. Що таке екологічні нормативи?
7. У чому полягає суть методу ГДК для оцінки якості атмосферного повітря?
8. Чому ІЗА є інтегральним показником якості атмосферного повітря?
9. Які інтегральні показники фонових забруднень атмосферного повітря?
10. Які показники фактичного і гранично допустимого забруднення атмосфери?
11. Які основні чинники формування якості води?
12. Які принципи оцінювання якості води за гігієнічними нормативами?
13. Які принципи оцінювання якості води за рибогосподарськими нормативами?
14. Що таке індекс забруднення води як показник якості?
15. Які принципи оцінювання якості води на основі визначення комплексного екологічного показника?
16. У чому полягає суть методики оцінювання якості води на основі КІЗ?

17. Які нормативи оцінювання якості ґрунтів?
18. Які показники для оцінювання забруднення ґрунтів?
19. Ще таке коефіцієнт стійкості геологічного середовища?
20. У чому суть біоіндикації якості середовища?
21. У чому суть ліхеноіндикації?
22. У чому суть сапробіологічного аналізу якості води?
23. Які складові природно-рекреаційного потенціалу територій?
24. Які індикатори антропогенних перетворень в ландшафтах?
25. Які показники антропоізації ландшафтів?
26. Які показники ступеню забрудненості території?
27. Які принципи комплексної оцінки якості природної складової урбанізованих територій?
28. Які індикатори якості довкілля?
29. Що таке «індекс живої планети»?
30. Що таке «екологічний відбиток країни»?
31. Які основні показники техногенного навантаження на довкілля?
32. Які показники селітебного навантаження на басейнові ПТК?

### *Перелік посилань до розділу 2*

1. Авессаломова И. А. Экологическая оценка ландшафтов. – М.: МГУ, 1992. – 89 с.
2. Акимова Т. А., Мосейкин Ю. Н. Экономика устойчивого развития. – М.: 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. Архипова Л. М. Моделювання і оцінка просторових закономірностей характеристик гідроекосистеми р. Дністер в межах Карпатського регіону // Науковий журнал «Екологічна безпека»: Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012 – Випуск 1/2012(13). – С. 22-26.
5. Бобровський А. Л. Екологія поверхневих вод: Гідроекосистеми: основні поняття і принципи / А. Л. Бобровський. – Рівне, 2005. – (Підручник: в 2 кн.). Кн. 1. – 2005. – 319 с.]
6. Васюкова Г. Т., Грошева О. І. Екологія. – К.: Кондор, 2009. – 524 с.
7. Виноградов Б. В., Орлов В. А., Снакин В. В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России. – М.: ИЛ РАН. Сер. 5. География. – 1993. - № 5. – С. 77-79.
8. Вороний Л. И. Роль антропогенного фактора в развитии географической оболочки / Л.И. Вороний. – Черновцы: ЧГУ, 1975 – 74 с.
9. Гавриленко О. П. Геоекологічне обґрунтування проектів природокористування: підручник. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 432 с.
10. ГосСанПиН 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения». – М.: Минздрав СССР, 1988. – 69 с.
11. Гродзинський Д. М. Основи ландшафтної екології: підручник. – К.: Либідь, 1993. – 224 с.
12. Гуцуляк В. М., Присакар В. Б. Геоекологічне картування: методичні вказівки. – Чернівці: ЧНУ, 2004. – 50 с.
13. Денисик Г. І. Селітебні ландшафти Поділля. Вінниця / Г. І. Денисик, О. І. Бабчинська. – Вінниця: ПП Видавництво "Теза", 2006. – 256 с.

14. *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.
15. *Екологія: підручник* // С. І. Дорогунцов, К. Ф. Коценко, М. А. Хвесик та ін. — К.: КНЕУ, 2005. — 371 с.
16. *Живая планета* — 2008: доклад. — 50 с.
17. *Зализняк Е.А.* Оценка природно-рекреационного потенциала муниципальных районов Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного университета: серия Экономика, Экология. — 2012. — № 2(21). — С.72-77.
18. *Звіт про живу планету 2010.* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://wwf.panda.org/uk/news\\_ukr/publications/wwf\\_living\\_planet\\_report/](http://wwf.panda.org/uk/news_ukr/publications/wwf_living_planet_report/).
19. *Звіт про живу планету 2012.* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://wwf.panda.org/uk/?204759/LPR-2012>.
20. *Игошин Н. И.* Проблемы восстановления малых рек и водоёмов. Гидроэкологические аспекты: Учебное пособие. — Харьков: Бурун Книга, 2009. — 240 с.
21. *Инженерно-геологические изыскания* для строительства. СП 11-102-97. — М., 1997. — 40 с.
22. *Каплин В. Г.* Биоиндикация состояния экосистем. — Самара, 2001. — 143 с.
23. *Караушев А. В.* Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / А. В. Караушев. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 285 с.
24. *Кимстач В. А.* Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского экономического сообщества / В. А. Кимстач. — СПб.: Гидрометеиздат, 1993. — 48 с.
25. *Князева В. П.* Экология. Основы реставрации. — М.: Архитектура-С, 2005. — 400 с.
26. *Колісник А. В.* Антропогенні фактори формування якості річкових вод в межах Вінницької області. — Автореф. дис. на зд. наук. ст. канд. геогр. наук. — Одеса: ОДЕКУ, 2013. — 22 с.
27. *Комплексные оценки качества поверхностных вод* / [под ред. А. М. Никанорова] // Сборник научных статей. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 144 с.
28. *Кориневская В. Ю.* Оценка воздействия предприятий на воздушный бассейн города с учётом многокомпонентного состава выбросов // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету № 81, серія: Технічні науки. — Луганськ: Елтон-2, 2008. — С. 306-311.
29. *Королев В. А.* Мониторинг геологической среды. — М.: МГУ, 1995. — 272 с.
30. *Кучерявий В. П.* Урбоекологія / В. П. Кучерявий. — Львів: Світ, 2001. — 440 с.
31. *Малишева Л. Л.* Геохімія ландшафтів: навч. посібник. — К.: Либідь, 200. — 472 с.
32. *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.
33. *Методические указания* по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами № 4266-87 от 13 марта 1987 г.
34. *Моніторинг довкілля: підручник* // В. М. Боголюбов, М. О. Клименко, В. Б. Мокін та ін. — Вінниця: ВНТУ, 2010. — 232 с.
35. *Мороков В. В.* Природно-экономические основы регионального планирования охраны рек от загрязнения / В. В. Мороков. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 297 с.

36. *Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов.* – М.: Минрыбхоз СССР, 1990. – 44 с.
37. *Охрана окружающей среды* / А. М. Владимиров, Ю. И. Ляхин, Л. Т. Матвеев, В. Г. Орлов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 422 с.
38. *Приходько В. Ю.* Комплексные экологические показатели городских систем // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2013. – № 3-4. – С. 83-88.
39. *Рациональное использование водных ресурсов:* [уч. для ВУЗов по спец. «Водоснабжение, канализация, рац. использ. и охрана водных ресурсов»] / С. В. Яковлев, И. В. Прозоров, Е. Н. Иванов, И. Г. Губий. – М.: Высш. школа, 1991. – 400 с.
40. *Рыбкин В. С.* Основы гигиенического нормирования факторов окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. – № 1(17). – 2011. – С. 111-119.
41. *Саев Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П.* Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
42. *Ситаров В. А., Пустовойтов В. В.* Социальная экология. – М.: Издательство «Юрайт», 2013. – 517 с.
43. *Сніжко С. І.* Оцінка та прогнозування якості природних вод: Підручник. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 264 с.
44. *Степановских А. С.* Экология: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 703 с.
45. *Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф.* Екологічна стандартизація і нормування Антропогенного навантаження на природне середовище: навч. посібник. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 276 с.
46. *Тарасова Н. П., Кручинина Е. Б.* Индексы и индикаторы устойчивого развития // Устойчивое развитие: природа-общество-человек: мат-лы междунар. конф-ции – М., 2006. – Т. 1. – С. 127-144. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ustoichivo.ru/i/docs/18/tarasova.pdf> (07.12.09).
47. *Тимченко З. В.* Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. – Симферополь: Доля, 2002. – 152 с.
48. *Франчук Г. І., Запорожець О. І., Архіпова Г. І.* Урбоекологія і техноекнологія: підруч. – К.: НАУ-друк, 2011. – 496 с.
49. *Чугай А. В., Ільїна В. Г.* Аналіз якості довкілля: конспект лекцій. – Одеса: ОДЕКУ, 2009. – 145 с.
50. *Швебс Г. І.* Каталог річок і водойм України: [навчально-довідковий посібник] / Г. І. Швебс, М. І. Ігошин. – Одеса: Астропринт, 2003. – 392 с.
51. *Экологическое состояние трансграничных участков рек бассейна Днепра на территории Украины* / [под ред. А. Г. Васенко, С. А. Афанасьева]. – К.: Академперіодика, 2002. – 355 с.
52. *Юрасов С. М., Сафранов Т. А., Чугай А. В.* Оцінка якості природних вод. – Одеса: «Екологія», 2012. – 168 с.
53. *Яцык А. В.* Экологические основы рационального водопользования / А. В. Яцык. – К.: Издательство «Генеза», 1997. – 640 с.
54. *Brown R. M.* Water quality index crashing psychological barrier / R. M. Brown // Adv. Water Pollut. Res. Pros., 6-th Intern. Conf. - Jerusalem: Oxford, 1972. – p. 787-797.
55. *Environment monographs № 83: OECD core set of indicators for environmental performance reviews.* – Paris: OECD, 1993. – 38 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.nssd.net/pdf/gd93179.pdf](http://www.nssd.net/pdf/gd93179.pdf).

56. *Juhaber H.* An approach to a water index for Canada / H. Juhaber // *Water Res.*, vol. 9. - 1975. – p. 821-833.
57. *Harton R.K.* An index number system for rating water quality / R. K. Harton // *Adv. Water Pollut.*, vol. 37, N.3 – J.: Control Federation, 1965.
58. *OECD environmental indicators 2003: development, measurement and use* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oecd.org/env/>
59. *Truett I. B.* Development of quality management indexes / I. B. Truett // *Water Res.*, vol. 11, N.3 - 1975. – p. 436-448.



## **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 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. *Державні стандарти колишнього СРСР (ГОСТ), 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 у сфері охорони і раціонального використання вод	Гідросфера
2	Стандарти у сфері захисту атмосфери	Атмосфера
3	Стандарти у сфері охорони і раціонального використання ґрунтів	Ґрунти
4	Стандарти у сфері поліпшення використання земель	Землі
5	Стандарти у сфері охорони флори	Флора
6	Стандарти у сфері охорони фауни	Фауна
7	Стандарти у сфері 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 із 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 у сфері 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 ХХІ століття в Україні діяло 159 ГОСТів.

2. *Державні стандарти України (ДСТУ)*. 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:

- двозначний цифровий код класу стандартів;
- тризначний код групи;
- 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 правил і норм* (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* (ГСТУ, ТУ) – 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. Наприклад, галузевий стандарт нафтової і газової промисловості України – ГСТУ 41-00 032 626-00-007-97 «Охорона довкілля. Спорудження розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту та газ на суші. Правила проведення робіт».

4. *Стандарти підприємства* (СТП) – 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 набуває сили галузевого/міжгалузевого стандарту). Наприклад, СТП 320.00135390.041-2000 Порядок виконання науково-дослідних, дослідно-конструкторських робіт підприємствами та організаціями за замовленням ВАТ «Укрнафта».

5. *Міжнародні стандарти* (за значимістю вони займають 3-є місце після ГОСТів і ДСТУ), у 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 чинними такі міжнародні стандарти ISO: ДСТУ ISO 14001, ДСТУ ISO 14004, ДСТУ ISO 14020, ДСТУ ISO 14021, ДСТУ ISO 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, проводять екологічну сертифікацію.

*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 за мету вирішення невідкладних завдань у трьох сферах діяльності держави. По-перше, у сфері функціонування господарського комплексу:

- реалізація обов'язкових екологічних вимог природоохоронного законодавства під час ведення господарської діяльності;
- впровадження систем екологічного менеджменту в структури об'єктів управління державної системи екологічного управління;
- створення екологічно безпечних виробництв, технологічних процесів і устаткування;
- виконання вимог екологічної безпеки і запобігання забрудненню довкілля під час розміщення, переробки, транспортування, ліквідації і поховання відходів виробництва і споживання;
- виконання вимог екологічної безпеки упродовж усього життєвого циклу будь-якої продукції;
- запобігання ввезенню в Україну екологічно небезпечних продукції, відходів, технологій і послуг.

По-друге, у сфері інтеграції України до Європейського Союзу:

- сприяння інтеграції економіки країни в Європейський ринок;
- гармонізація системи екологічної сертифікації з міжнародними і національними системами акредитації і сертифікації;
- підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції;
- усунення технічних бар'єрів у міжнародній торгівлі;
- надання екологічному сертифікату і екологічному знаку відповідності статусу документів, які в особі уповноваженого органу державної влади з екологічної сертифікації гарантують виконання вимог природоохоронного законодавства України.

Втретє, у сфері міжнародної співпраці у сфері охорони природного довкілля:

- сприяння участі України у формуванні світового механізму охорони НПС;
- забезпечення виконання Україною міжнародних угод, конвенцій і договорів у природоохоронній галузі;
- виконання Україною міжнародних зобов'язань у сфері управління якістю НПС;

- 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:

- *незалежність* (виключається вплив будь-яких юридичних або фізичних осіб на результати сертифікації);

- *об'єктивність* (виключається надання переваг будь-яким юридичним або фізичним особам);

- *компетентність* (учасники системи екологічної сертифікації мають необхідну кваліфікацію, засоби і повноваження для виконання покладених на них завдань);

- *відкритість* (відсутні обмеження на доступ юридичних і фізичних осіб до участі в роботі системи екологічної сертифікації і до інформації про її діяльність);

- *закритість* (дотримання конфіденційності інформації, яка представляє комерційну таємницю);

- *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.

*Добровільну сертифікацію* проводять на відповідність усім необхідним споживчим вимогам, які не віднесені до обов'язкових, на договірних принципах між заявником і органом з сертифікації. *Добровільну сертифікацію* проводять у законодавчо нерегульованій сфері і можуть здійснювати як у 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 Європейському союзі переважає добровільна сертифікація.

Для державної системи сертифікації можна визначити такі об'єкти обов'язкової екологічної сертифікації:

- системи екологічного управління на виробництвах, пов'язаних з випуском екологічно небезпечної продукції;

- 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;

- екологічно шкідливі технології, включаючи ті, які ввезені на митну територію України і використовуються на промислових та дослідно-експериментальних об'єктах підприємств і організацій оборонних галузей промисловості;

- відходи виробництва і споживання, у тому числі екологічно небезпечні і такі, що є об'єктом трансграничного перевезення;

- діяльність у сфері поводження з відходами;

- очисні споруди;

- технології і устаткування для підготовки питної води;

- види тварин і рослин, які підпадають під дію Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, які перебувають під загрозою винищення.

Основні знаки екологічної сертифікації, широко вживані нині для маркування продукції і упаковки, можна умовно розбити на три групи:

- знаки, що інформують про безпеку продукції для життя і здоров'я, а також довкілля;

- знаки, що інформують про можливість вторинної переробки або використання відходів упаковки або продукції;

- знаки, що інформують про небезпеку 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 із сертифікації продукції (робіт, послуг) і 811 випробувальних лабораторій (центрів) (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Знак УкрСЕПРО

Видача сертифікату відповідності «УкрСЕПРО» передбачає:

- 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);
- відвідування виробництва і проведення аудиту,
- проведення лабораторних випробувань продукції, яка заявляється на сертифікацію.

З 13 серпня 2010 р. Держспоживстандарт ввів новий порядок видачі сертифікатів відповідності якості, за якою документи видають регіональні відділення 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 та іншої діяльності.

Залежно від виду діяльності, природного ресурсу, мірі шкідливості впливу на природно докільля та 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).

Ліцензування природокористування і природоохоронної діяльності набуває усе більш широкого розвитку, 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.



Таблиця 3.3 – Види господарської діяльності, що підлягають екологічному ліцензуванню

<b>Вид господарської діяльності</b>	<b>Орган ліцензування</b>
1	2
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
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

### Продовження таблиці 3.3

1	2
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 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.

У 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;

2) природних ресурсів або ж відповідних тимчасових лімітів впливу і вилучення;

3) визначення з урахуванням різних коефіцієнтів відповідних ставок платежів за використання природного ресурсу або впливу на довкілля і встановлення конкретного розміру плати;

4) внесення нормативів, лімітів і ставок платежів в ліцензію і у відповідний договір на природокористування.

Після оформлення ліцензії ліцензіат стає об'єктом екологічного контролю. Екологічну ліцензію видають на певний строк (зазвичай на п'ять років). Ліцензію видають окремо на кожен вид діяльності. Передачу ліцензії

іншій юридичній або фізичній особі заборонено. 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, методика, 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 таким 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 та 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 за такими аспектами: викиди в повітря; скиди у водні об'єкти; 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 та 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 необхідно визначити відповідну структуру відповідальності. Для забезпечення роботи цієї системи необхідно виділити достатні людські, технологічні і фінансові ресурси. Потрібно призначити відповідального за роботу системи екологічного менеджменту на рівні організації, в обов'язки якого повинно входити періодично доповідати керівництву про роботу системи екологічного менеджменту.

Далі організація повинна визначити свої потреби в навчанні персоналу. Це пов'язано з тим, що персонал, який 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 та 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 документа, 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 проводять 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.

Усю інформацію, що відноситься до функціонування системи екологічного менеджменту і до стану НПС необхідно документувати у формі зареєстрованих даних. Зареєстровані екологічні дані можуть включати таку інформацію: 1) інформацію про чинні природоохоронні законодавчі акти; 2) записи про скарги на стан довкілля; 3) записи про екологічне навчання персоналу; 4) протоколи перевірок, акти технічного обслуговування; 5) звіти про екологічно значимі події; 6) інформацію про важливі екологічні аспекти тощо.

На підприємстві необхідно скласти програму і представити 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. У 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, за рівнем екологічної ефективності підприємства можна оцінювати адекватність функціонування системи екологічного менеджменту.

На рис. 3.2 представлена модель системи екологічного менеджменту, яка включає вищезначені етапи.

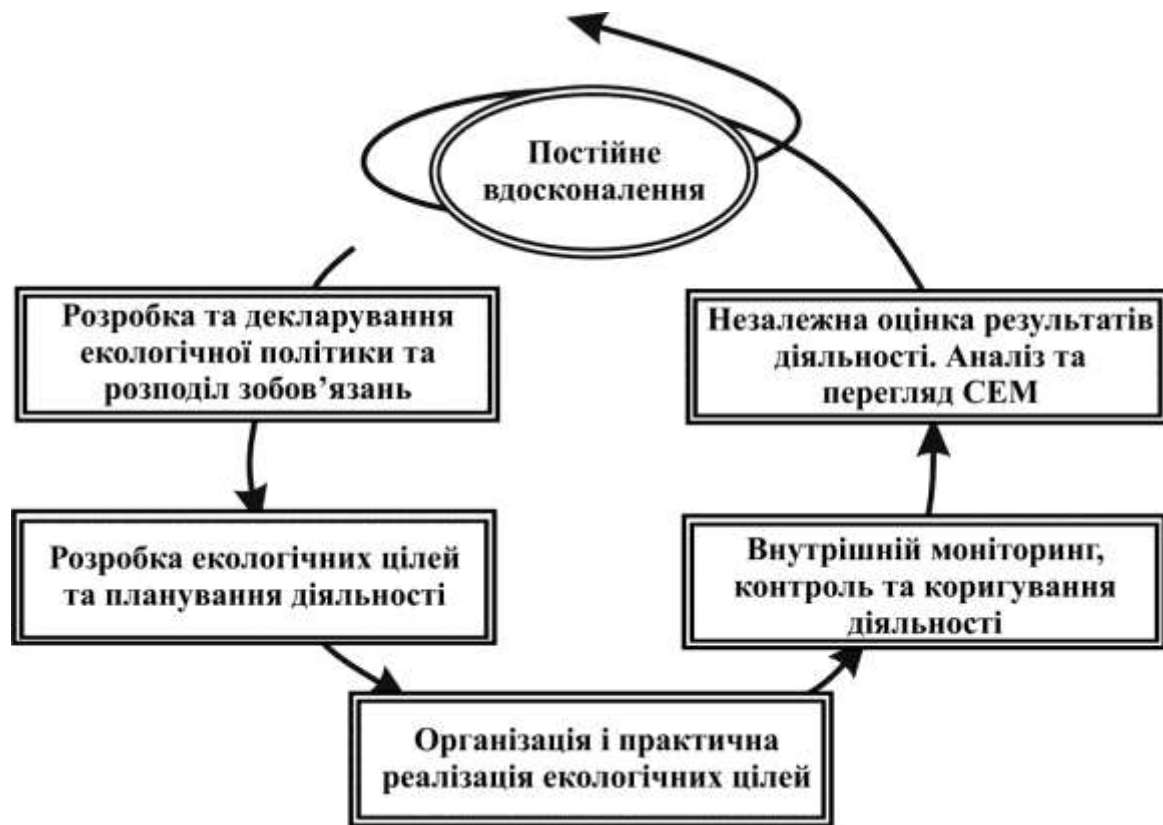


Рисунок 3.2 – Модель системи екологічного менеджменту

Система екологічного менеджменту є ключовим поняттям серії ISO 14000 Центральним документом стандарту вважається ISO 14001 «Специфікації і керівництво з використання 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.

Усі інші документи розглядають 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 14000:* 1) гарантія якості, надійності і поліпшених екологічних характеристик у порівнянні з аналогічними об'єктами в тому ж ціновому сегменті; 2) привертання уваги засобів масовій інформації і клієнтів; 3) більше можливостей у 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 у 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 із застосуванню.

ISO 14004 Системи екологічного менеджменту. Керівні вказівки з принципів, систем і методів забезпечення функціонування.

ISO 14014 Керівництво з визначення "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 з екологічного аудиту.

ISO 14011 Керівні вказівки з екологічного аудиту. Процедура аудиту систем управління довкіллям.

ISO 14012 Керівні вказівки з екологічного 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, 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 та 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 у проектування і розробку продукції:*

ISO 14060 Керівництво з обліку екологічних аспектів у стандартах на продукцію.

ISO/TR 14061 Інформація для допомоги організаціям, що працюють у лісовому господарстві, з використання стандартів для систем екологічного менеджменту ISO 14001 і ISO 14004.

ISO 14063 Екологічний менеджмент. Обмін екологічною інформацією. Рекомендації і приклади.

ISO 14064 Керівні вказівки з вимірювання, звітності і підтвердження 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).



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.

\* **З історії життєвого циклу.** У 1969 р. компанія «Кока-кола» профінансувала одно з найперших досліджень ОЖЦ у ХХ столітті, проведених у «НДІ Мидвест» (США) з метою порівняння різних видів пакувальних матеріалів за двома екологічними параметрами: 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». У 1984 р. було проведено дослідження Швейцарської федеральної лабораторії з тестування 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 у цьому дослідженні. У 1993 р. Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) та Товариство екологічної токсикології і хімії (SETAC) в роботі «Кодекс практики» визначили поняття ОЦЖ.

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 товару 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 (*life-cycle assessment, LCA*) – один з провідних інструментів екологічного менеджменту в Європейському союзі, що ґрунтується на серії ISO – стандартів і призначений для оцінки еколого-економічних, соціальних аспектів і впливів на НС у 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:

- обсягів спожитої енергії, матеріальних ресурсів і викидів/скидів/розміщення відходів в довкіллі;
- кількісної і якісної оцінки впливу на НПС;
- 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 з 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 скоригувати 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 у 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, у 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 кожну 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 з 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 знака екомаркування).

У додатку Б наведено схему ЖЦ паперової продукції.

### **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. У прийнятому на конференції «Порядку денному на XXI 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 до сфери 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 екологічну заяву можна нанести на етикетки продукції або упаковку, включити в супровідну документацію на продукцію, поширити за допомогою технічних бюлетенів, реклами, публікації, телемаркетингу, а також із 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:

1) Захист довкілля. За допомогою використання державних та/чи неурядових програм екологічного маркування органи влади можуть робити вплив на переваги споживачів і заохочувати виробництво та споживання екологічних товарів і послуг. У зв'язку з цим екологічно орієнтовані послуги виступають ринковим засобом заяви про екологічні переваги.

2) 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 сфері. Через просування продукції, що зменшує антропогенне навантаження на довкілля, компанії можуть створити або зміцнити свої позиції в ринковій ніші і сформувані позитивне відношення споживачів.

3) 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 у 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:

- знизити невизначеність у стосунках споживач – постачальник, оскільки широке поширення різних екологічних знаків викликає недовіру споживача до усіх знаків;
- сприяти поліпшенню екологічних показників і зниженню антропогенного навантаження на довкілля на всіх стадіях ЖЦ, включаючи виробництво, використання і утилізацію продукції та упаковки;
- сприяти розвитку міжнародної торгівлі, оскільки екологічний знак – завжди один з об'єктів розгляду при експорті та імпорту продукції;
- 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 оману.

2. Екологічне маркування і декларація повинні ґрунтуватися на об'єктивних критеріях і методах оцінювання, що забезпечують достатню точність і відтворюваність використовуваних даних.

3. Інформація, використовувана для забезпечення екологічного маркування, має бути доступною для зацікавлених сторін.

Згідно з 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 з екологічного маркування 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 за відсутності стандартів таке маркування могло вводити в оману. Тому незалежна сторона розробила процедури сертифікації продукції і послуг, 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 залежно від критеріїв і ступеня 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 оцінювання 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 у 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 за заздалегідь встановленими категоріями параметрів, заснованих на стандартах серії ISO 14040. Програма екологічного декларування типу III – добровільний

процес, у 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:

- 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.);
- харчові продукти (питна вода, хлібобулочні вироби, бакалія, продукція сільського господарства та ін.);
- послуги (ресторани, магазини, готелі, виробництво різних видів енергії, туризм та ін.);
- роботи (будівельні і обробні роботи та ін.).

Під дію Директиви ЄС з екомаркування не підпадають такі види продукції:

- фармацевтичні продукти;
- деякі медичні прилади;
- речовини або препарати, класифіковані як небезпечні у рамках відповідних Директив ЄС;
- продукти, вироблені в процесах, потенційно небезпечних для здоров'я людини або довкілля.

Проте отримання екологічного знака вимагає значних витрат на ліцензування (сертифікацію), інспекційний контроль та інші заходи, пов'язані з придбанням і підтримкою цього знака. У результаті ціна «зеленої» продукції може значно зрости.

Нині маркуванням переважно непродовольчої продукції займається Глобальна мережа екологічного 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 зі 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 з екологічного маркування, просувати екологічно сертифіковані товари і послуги на світовий ринок за спрощеною процедурою підтвердження відповідності.

Перша з європейських систем екологічної маркування «Блакитний ангел» (*Blue Angel*) з'явилася в Німеччині в 1977 р. Наступного року був виданий перший екологічний знак. «Блакитний ангел» привласнюється тільки тим продуктам, які відповідають строгим критеріям захисту довкілля (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – «Блакитний ангел» (Німеччина)

З 1992 р. існує екологічний знак Європейського союзу, виконаний у вигляді квітки (*The Euro flower Label*) (рис. 3.5). При цьому в країнах Євросоюзу разом із загальною для усіх Схемою екологічного маркування ЄС як і раніше діють національні системи екомаркування.



Рисунок 3.5 – Екологічний знак ЄС

«Білий лебідь» – екологічний сертифікаційний символ введений чотирма Скандинавськими країнами (Швецією, Норвегією, Фінляндією і Ісландією) в 1990 році. Означає, що товар відповідає скандинавським екологічним вимогам (рис. 3.6).

«Білий лебідь» – екологічний сертифікаційний символ введений чотирма Скандинавськими країнами (Швецією, Норвегією, Фінляндією і Ісландією) в 1990 році. Означає, що товар



Рисунок 3.6 – «Білий лебідь» (Швеція, Норвегія, Фінляндія і Ісландія)



Рисунок 3.7 – «Екологічний вибір» (Канада)

«Екологічний вибір» (Канада) – цим знаком маркують продукцію і послуги, які дозволяють економити енергію і матеріали, а також дозволяють мінімізувати кількість шкідливих викидів (рис. 3.7).

Шведський екологічний символ видає Шведське Товариство Контролю Сільгосппродукції (*Kontrollföreningen för ekologisk odling*). Означає товари, вирощені без застосування хімічних добрив і



Рисунок 3.8 –  
Шведський  
екологічний  
символ

Під сертифікацію потрапляють: кава, чай, какао, горіхи, рис, фрукти, банани, соки, спеції, мед і вино. Марка Fairtrade може застосовуватися не лише для чистих продуктів, то також для товарів, в яких є компонент (істотний, з долею не менш



Рисунок 3.10 –  
«Зелений  
журавель»  
(Україна)

можже бути продовжений за результатами ресертифікації.

пестицидів (рис. 3.8). У випадку з продуктами тваринного походження застосовують інші критерії. Іноді буває на продуктах, зроблених за межами Швеції (кава, чай, фрукти).

Логотип Fairtrade («чесна торгівля») застосовують для «колоніальних» товарів – масових сільськогосподарських продуктів, вироблюваних у країнах, що розвиваються, для споживання у багатих економіках Заходу (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 –  
Логотип Fairtrade

певного значення), сертифікований за відповідними стандартами. Приклад такого застосування – сухі сніданки Musli, які можуть містити вироблені в країнах, що розвиваються, сухофрукти, горіхи, цукор.

З 1 липня 2011 р. в Україні введена оновлена версія знака екологічного маркування товарів і послуг українського знаку екомаркування «Зелений журавель» (рис. 3.10). Контуру знака – «Екологічний сертифікат». Під знаком розташовується код екологічного стандарту, на відповідність якому пройшла сертифікацію маркована ним продукція. Термін використання знака відповідає терміну дії сертифікату (3 роки) і

### **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

обґрунтованих заходів у кожному конкретному випадку може привести до бажаних ефектів, результатів по захисту (охороні) НПС.

Для цього використовують такі методи:

1) *технологічні* – це безпосередній вплив на технологічні процеси, які виступають джерелом забруднення, внаслідок чого з'являються нові технології (утилізації, зберігають, 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 трудомістко і значно дорожче: відбувається реконструкція підприємств, закриття старих і будівництво нових з використанням альтернативних технологій, проводять спеціальні науково-дослідні роботи, вирішують 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 докільця, 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 проходження процесів охорони середовища, їх поділяють на фізичні; механічні; гідромеханічні; масообмінні, хімічні; фізико-хімічні; теплові; біохімічні; процеси, ускладнені хімічною реакцією.

У фізичних процесах змінюються лише форма, розміри, агрегатний стан та 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 внаслідок

дифузії, відносять абсорбцію, адсорбцію, десорбцію, екстрагування, ректифікацію, сушіння і кристалізацію. Рушійною силою цих процесів є різниця концентрацій перехідної речовини у взаємодіючих фазах.

Хімічні процеси, що проходять 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 та 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 копалин, у 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 у 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 проходять 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 проходженням суміжно-паралельних процесів. Наприклад, масообмінні і хімічні процеси часто супроводжуються тепловими процесами. Так, ректифікацію, сушіння 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- та ультразвуку, вібраційних коливань), забезпечення захисту від електромагнітних полів і випромінювань (постійних і змінних електричних та магнітних полів, вивчень оптичного діапазону, іонізуючих випромінювань).

### **3.6 Інженерно-екологічні методи та технології охорони довкілля**

Методи запобігання забрудненню НС діляться на пасивні та активні.

Пасивні пов'язані із зменшенням концентрації ЗР в атмосферному повітрі або водному середовищі без зміни абсолютних кількостей ЗР, що надходять у 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 у НС. До таких методів відносяться технологічні та інструментальні методи.

До *технологічних методів зниження забруднення НС* відносяться: 1) перехід виробництва на нову технологію, пов'язану з утворенням меншої кількості ЗР, що потрапляють в атмосферу і гідросферу; 2) перехід на менш ресурсо- і енергомісткі технології; 3) внесення змін у технологічний процес, які або зв'язують ЗР, що утворюються, або перешкоджають їх утворенню.

Якщо на сучасному рівні розвитку промислових технологій завдяки технологічним методам 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. 3.11) 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.

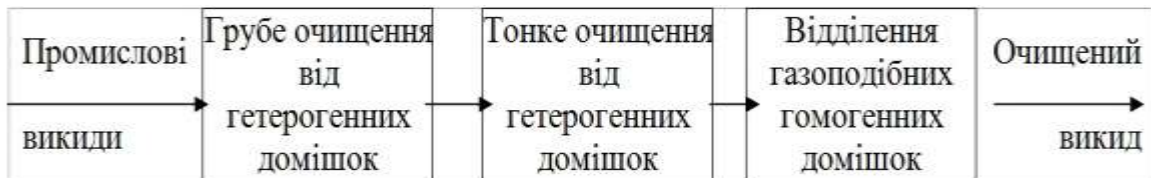


Рисунок 3.11 – Принципова технологічна схема очищення промислових викидів

Існуюча класифікація методів очищення викидів (рис. 3.12) відповідає принциповій технологічній схемі очищення промислових викидів. У складі промислових викидів містяться різноманітні ЗР. Класифікація їх відбувається за хімічним складом (табл. 3.4).

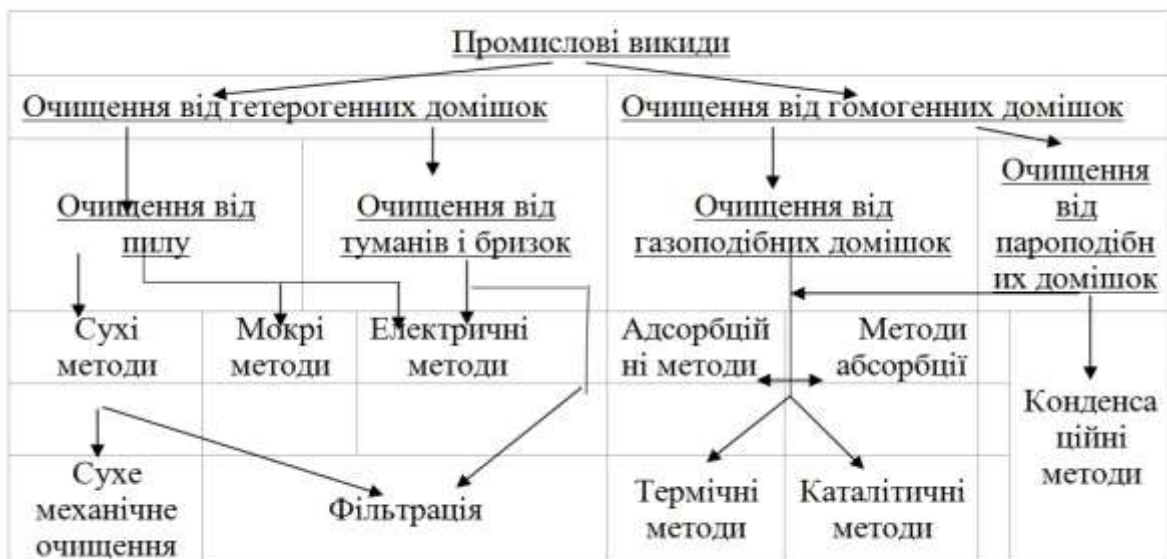


Рисунок 3.12 – Класифікація методів очищення викидів

Класифікація твердих ЗР здійснюється 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.

Таблиця 3.4 – Класифікація основних забруднювальних речовин за хімічним складом

Основний хімічний елемент	Типи 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) $\begin{array}{c}    \\ O \\ C_6H_5-C-O-O-NO_2 \end{array}$ пероксобензоїлнітрат (ПБН) $\begin{array}{c}    \\ O \end{array}$
Галогени	неорганічні	$F_2$ , $HF$ , $SiF_4$ , $Cl_2$ , $Br_2$
	органічні	хлоровані вуглеводні (ДДТ ( $C_6H_4Cl$ ) $_2CH-CCl_3$ ), трихлоретилен, хлорбензол, хлороформ, три-фторметан
Вуглець	неорганічні	$CO$ , $CO_2$
	органічні	$CmHn$ , аліфатичні, ароматичні, полігетероциклічні, спирти $R-OH$ , фенол $C_6H_5OH$ , альдегіди $-C=O$ , кислоти $-C=O$ , $\begin{array}{c}    \\ H\ OH \\ \text{кетони } >C=O \end{array}$

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 такі:

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 пор і газових включень, які можуть бути в частинці. *Уявна щільність* – це відношення маси частинки до займаного нею об'єму, з урахуванням пор 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 за масою вони складають від загальної кількості пилу. Дисперсний склад пилу зображується 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).

3. *Адгезійні і абразивні властивості.* Адгезійні властивості визначають їх схильність до склеювання між собою і здатність налипати на поверхні устаткування. Підвищене склеювання часток може привести до повного або часткового забивання апарату. Чим менше розмір частинок, тим легше вони прилипають до поверхні апарата. Пил, у якому 60-70 % частинок мають діаметр менше 10 мкм, веде себе як той, що злипається, хоча такий самий пил з розміром частинок більше 10 мкм має хорошу сипучість. За склеюваністю пил поділяється на 4 групи: 1) що не злипається (шлаковий, глина суха); 2) слабкосклеюваний (коксівний, доменний); 3) середньосклеюваний (торф'яний, сажа, тирса); 4) сильносклеюваний (цемент, азбест, бавовна). Із склеюваністю 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. Наявність 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



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	$n < 0,1$

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	99	98	58
- з насадкою	100	98	80
Електрофільтр сухий	99	98	86
Скрубер Вентурі			
- середньоенергоємний	99	92	90
- високошвидкісний	100	99	92
Тканинний фільтр	100	99	99

також унеможливилює застосування як пилоочисного апарата 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. За характером змочування всі тверді тіла діляться на три основні групи: 1) *гідрофільні* матеріали – 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 електрозарядженість.* Електропровідність оцінюють за питомим електроопором шару пилу ( $\rho$ ), який залежить від властивостей окремих частинок (поверхневої та 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 здатний 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 за вибухо- і вогнебезпечністю сумішей горючого пилу з повітрям: *1 клас* (найбільш вибухонебезпечні) – речовини з нижньою межею вибуховості до 15 г/м<sup>3</sup> (цукор, торф, ебоніт, сірка, каніфоль, крохмаль); *2 клас* (вибухонебезпечні) – речовини з нижньою межею вибуховості від 15 до 65 г/м<sup>3</sup>; *3 клас* (найбільш вогнебезпечні) складають речовини з температурою самозаймання до 250 °С (тютюнова – 205 °С, елеваторна – 245 °С); *4 клас* (вогнебезпечні) – речовини з температурою самозаймання вище 250 °С (деревна тирса – 275 °С). Максимальні вибухонебезпечні концентрації зваженого в повітрі пилу 700-800 г/м<sup>3</sup>. Інтенсивність вибуху залежить від його хімічного складу, термічних властивостей, від розмірів і форми частинок, їх концентрації в повітрі, від вологості та 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).

Таблиця 3.7 – Класифікація найбільш використовуваних пиловловлювачів

Клас пиловловлювачів	Розмір ефективно уловлюваних частинок, мкм	Ефективність уловлювання, % за групами 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	-	-	-	-

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*, у їх основі лежать гравітаційні, інерційні, відцентрові механізми осадження або фільтраційні механізми;

2) *фільтрація* використовує пористі перегородки;

3) *мокре газоочищення* – 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 у газі частинок.

*Приклади пиловловлювачів:*

I класу – високонапірні труби Вентурі;

II – середньонапірні 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 використовують 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 такими факторами: видом промислового виробництва та характером технологічного процесу, складом вихідної сировини і продукції, яку випускають, 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 у першу чергу порушується робота відстійників і фільтрів; при коливаннях складу СВ порушується робота нейтралізаційних установок і окислювачів. Тому на практиці в багатьох випадках необхідно усереднити склад СВ.

Метод очищення і склад очисних споруд вибирають залежно від необхідного ступеня очищення, 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 М. І. Лапшина* 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 поділяються 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. За характером розділення фаз виділяють дегазацію, відгонку, випаровування, екстракцію, сорбцію, коагуляцію.

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 Л. А. Кульського*, заснована на класифікації домішок СВ за фазово-дисперсним станом (табл. 3.8). Для видалення домішок використовують різні методи (табл. 3.9), згруповані відповідно до класифікації домішок СВ за фазово-дисперсним станом.

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

Таблиця 3.9 – Класифікація методів очищення води Л. А. Кульського

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 у малорозчинні сполуки, обробка на іонообмінних смолах, переведення у малодисоціюючі сполуки, електродіаліз.

*Класифікація методів очищення СВ за видами процесів, на яких вони засновані:* 1) механічні (фізичні); 2) фізико-хімічні; 3) хімічні; 4) біохімічні. В основі *механічних (фізичних) методів* лежить використання інерційних та 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* застосовують, як правило, попереднє, тобто воно передує іншим методам очищення. Призначення механічного очищення полягає в підготовці виробничих СВ за необхідністю до біологічного, фізико-хімічного або іншого методу більш глибокого очищення. Воно сприяє видаленню з СВ нерозчинених і частково

колоїдних мінеральних та органічних домішок. Механічне очищення забезпечує виділення зі СВ до 90-95 % зважених речовин і зниження органічних забруднень (за БПК<sub>полн.</sub>) на 20-25 %. У ряді випадків механічне очищення є єдиним і достатнім способом для вилучення з виробничих СВ механічних забруднень та 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. Хімічне 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. Хімічну обробку також застосовують як метод глибокого очищення СВ з метою їх дезінфекції, знебарвлення або вилучення з них різних компонентів. При локальному очищенні виробничих СВ у більшості випадків перевагу віддають хімічним методам. Хімічне очищення застосовують у випадках, коли виділення домішок можливе тільки в результаті хімічної реакції між домішкою і реагентом. До основних хімічних способів очищення відносять нейтралізацію, окислення, відновлення, реагентні методи виділення забруднюючих речовин у вигляді малорозчинних і нерозчинних сполук. До окислювальних методів відносять також електрохімічну обробку.

*Реакція нейтралізації* – це хімічна реакція між речовинами, що мають властивості кислоти і гідроксиду, яка приводить до втрати характерних властивостей обох сполук. У результаті такої реакції концентрація  $H^+$  і  $OH^-$  стає рівною  $10^{-7}$ , а  $pH$  такої системи стає рівним 7. Нейтралізацію застосовують 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 з такою метою: 1) для запобігання корозії матеріалів каналізаційних мереж та очисних споруд; 2) щоб уникнути порушення біохімічних процесів у біологічних окислювачах і у водоймах; 3) для осадження із СВ солей важких металів.

Практично нейтральними вважають 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 трапляються значно частіше, ніж лужні. Найчастіше СВ забруднені мінеральними кислотами: сірчаною, соляною, азотною, а також їх сумішами.

Окислювальний метод заснований на зміні ступеня 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 застосовують у 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 застосовують для очищення СВ від фенолів, нафтопродуктів, сірководню, сполук миш'яку, ПАР, ціанідів, барвників, канцерогенних ароматичних вуглеводнів, пестицидів та ін.

*Фізико-хімічні методи* відіграють істотну роль при обробці виробничих СВ. Фізико-хімічне очищення СВ включає безліч різних способів, які можна використовувати як самостійно, так і в поєднанні з механічними, біологічними і хімічними методами очищення. Воно забезпечує видалення як твердих зважених часток, так і розчинених домішок. Найбільш поширеними методами фізико-хімічного очищення СВ від забруднювальних речовин колоїдного ступеня 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 проходять без зміни електричних властивостей частинок з утворенням пластівців, в яких колоїдні частинки зв'язані завдяки хімічним силам містками з макромолекул флокулянтів. При флокуляції відбувається утворення крупних агрегатів, які швидше, ніж під час 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 водні об'єкти. Так виникає штучний кругообіг води,

можливий лише за умови очищення води перед скиданням її у водні об'єкти і відповідної підготовки природної води перед подачею її споживачеві. Таким чином, природні водні об'єкти 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 складатися з виробничих СВ, які підлягають локальному очищенню і відведенню сумісно з господарсько-побутовими стоками, які утворились на території підприємств, господарсько-побутовими стоками, які утворились у 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 з витрат і концентрацій 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 сток з промислових майданчиків має, як правило, більш складний склад, а концентрація забруднень у ньому вища, ніж у міському стоці. Господарсько-побутові стічні води утворюються в житловій 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 перебувають у воді у вигляді великих зважених часток розміром більше 0,1 мм, у вигляді суспензії, емульсії і піни, та на розчинні



домішки, що перебувають 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 проходять 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 перелічені речовини в процесі живлення.

Ступінь забрудненості СВ органічними речовинами можна оцінити величиною біохімічного споживання кисню (БСК) – кількістю  $O_2$ , споживаного для біохімічного окислення цих речовин в аеробному процесі за певний інтервал часу. БСК виражають у 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 °С. Основний показник при розрахунку очисних споруд – БСК<sub>повн</sub> – біохімічна потреба в кисні, що витрачається для повного окислення органічних речовин, які 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 у СВ, окрім БСК, визначають ХСК.

*ХСК* (хімічне споживання кисню) – це кількість кисню, необхідного для перекладу вуглецю органічних сполук у  $CO_2$ , водню – в  $H_2O$ , сірки – в  $SO_2$ , фосфора – 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>6.0.c</sub>). За відсутності таких даних можливість біохімічного окислення встановлюють стосовно 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 (ОР)

Компонент СВ	Формула	ХСК, мгО <sub>2</sub> /мгОР	БСК <sub>повн</sub> , мгО <sub>2</sub> /мгОР	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 та ін. Органічні забруднення цієї групи не є токсичними для мікробів;

- 2 група має показник 10-2 %, сюди відносять СВ коксування, азотнотукових, коксохімічних, содових заводів. Після механічного очищення ці СВ можуть бути спрямовані на біохімічне очищення.

- 3 група має показник 1-0,1 %. До неї відносяться, наприклад, СВ процесів хлорування, виробництва мастил і ПАР, сірчаноокислотних заводів, підприємств чорної металургії, важкого машинобудування та 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 використовують механічні методи очищення. До таких вод відносяться СВ вугле- і рудозбагачувальних фабрик тощо;

СВ 1 і 2 груп відносно постійні за складом і характером забруднень. Їх застосовують у 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 здійснюють в аеробних і анаеробних умовах. Аеробні методи застосовують, в основному, для малоконцентрованих субстратів (концентрація за 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 за БСК зазвичай не перевищує 200-400 мг/дм<sup>3</sup>. Для їх очищення застосовують аеробні методи.

При аеробному очищенні мікроби культивуються в активному мулі (АМ) і біоплівці.

Біохімічне очищення вважають повним, 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 поділяють на дві категорії: 1) з нітрифікацією азоту амонійних солей; 2) без нітрифікації азоту амонійних солей. У першому випадку поряд з окисленням вихідних вуглецевмісних 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.

У процесі біохімічного очищення зниження ХСК досягає 50-80 %, азот амонійний у 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 змінюється.

Біохімічне очищення СВ відбувається в нестерильних умовах, дезінфекція води здійснюється після біохімічного очищення хлоруванням, озонуванням або УФ-опроміненням.

*Аеробні процеси біохімічного очищення* можуть проходити в природних умовах і в штучних спорудах. У природних умовах очищення СВ відбувається 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 та мікроорганізмів СВ. Бактерії мінералізують органічні речовини, водорості продукують кисень, найпростіші знищують надлишкові кількості бактерій. Дощові черв'яки, 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 використовують для вирощування зернових, силосних культур, трав, овочів, а також для посадки чагарників і дерев.

*Поля фільтрації* – не призначені для вирощування сільськогосподарських культур, їх використовують тільки для очищення

СВ, тому на них дається максимально можливе навантаження. У процесі очищення СВ проходять через шар фільтруючого ґрунту, в якому затримуються завислі і колоїдні частинки. Проникаючи 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 три-, 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 перебувають у вигляді вільно плаваючих пластівців.

Сучасні станції очищення міських СВ вважають промисловими комплексами, 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. 3.13.

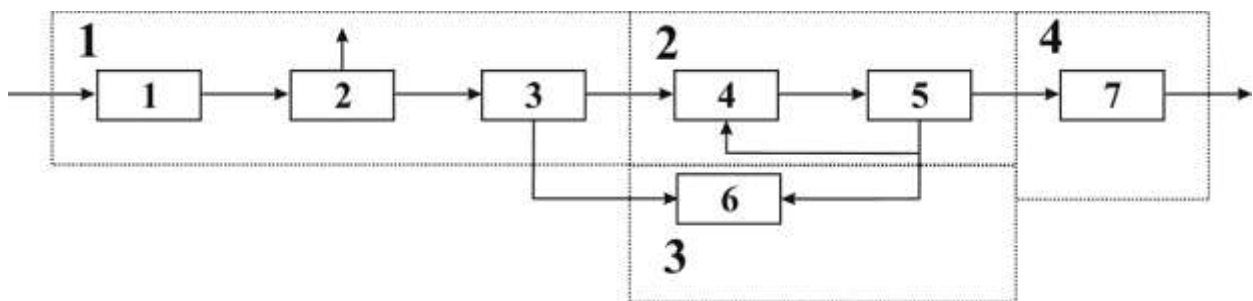


Рисунок 3.13 – Принципова схема міської станції очищення СВ

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.

На першій стадії очищення воду проціджують 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, сирий осад і покидьки передають у 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 біохімічного очищення 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 та розвиватися за відсутності вільного кисню і які одержують енергію для життєдіяльності розщеплюванням органічних та неорганічних речовин. Анаероби ділять на облігатні і факультативні.

Облігатні (обов'язкові, суворі) анаероби добре розвиваються за повної відсутності кисню, швидко гинуть при зіткненні з повітрям, спори стійкі до кисню. Вони позбавлені ферментних систем, здатних переносити водень на вільний кисень. До облігатних анаеробів відносяться біфідобактерії, що живуть у кишківниках людей і тварин, а також маслянокислі та ін. бактерії, що розвиваються в середовищах, позбавлених кисню (глибокі ділянки рани, дозріваючий сир, мул донних відкладень та ін.). Серед багатоклітинних організмів облігатних анаеробів не має.

Факультативні (умовні) анаероби здатні розвиватися як без кисню, так і за його наявності. До факультативних анаеробів відносяться як мікроорганізми (дріжджі, коки та ін.), так і деякі прості та багатоклітинні тварини – мешканці гниючого мулу (війкові інфузорії, малошетенкові черв'яки, молюски та ін.). Відношення до кисню у факультативних анаеробів різне: розвиток одних йде краще за відсутності кисню, інших –

за його наявності. Це пов'язано з тим, що у багатьох факультативних анаеробів разом з ферментами, здатними переносити водень на різні сполуки (як це буває у облігатних 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, у донних відкладеннях та ін.) і відіграють важливу роль у перетвореннях органічних та неорганічних речовин.

При проведенні біохімічного очищення в анаеробних умовах у 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 у природі, – метану. Як донор використовують 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, який отримують 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 та 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 знизеними вимогами до продукту, або з підвищеною витратою, іноді їх не використовують за прямим призначенням, а лише в підсобному виробництві (наприклад, автомобільні відпрацьовані масла – для змащення невідповідальних вузлів техніки). При цьому залишки сировини та інших матеріальних цінностей, які передаються в інші підрозділи як повноцінна сировина, 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 на рак; 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 твердих відходів 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 твердих відходів представлена на схемі (рис. 3.14).

Підготовлені таким чином промислові відходи та їх компоненти переходять до стану вторинних матеріальних або енергетичних ресурсів. Решта їх повинна бути іmobilізована 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 повернутих сум вартості продуктів перероблення.

Найбільшого поширення в Україні отримали такі технології: складування ТПВ на полігонах або звалищах (ліквідаційний біолого-механічний); спалювання ТПВ (ліквідаційний термічний).





Рисунок 3.14 – Методи підготовки та переробки твердих відходів

**Складування ТПВ на полігонах або звалищах.** Переважну масу ТПВ поки складують на смітєвих звалищах, стихійних або спеціально організованих у вигляді «смітєвих полігонів». Це найменш ефективний спосіб поводження з ТПВ, оскільки смітєві звалища 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, у 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 у кількості, що не перевищує 30 % їх загального об'єму.

**Спалювання ТПВ.** Спалювання ще недавно вважали перспективним методом знищення ТПВ. У 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. осіб.

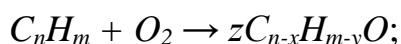
*Переваги методу спалювання:* 1) зменшення обсягу відходів приблизно в 10 разів; 2) стерилізація залишків дією високих температур; 3) зниження собівартості завдяки процесу рекуперації утворюваного тепла. При спалюванні відходів утворюються димові газы, зола, шлак і виробляється теплова енергія у вигляді пари. Димові газы після очищення в електрофільтрі викидаються через димову трубу (табл. 3.11).

Сміттеспалювання забезпечує мінімальний вміст у шлаку і золі речовин, що розкладаються, проте воно є джерелом викидів в атмосферу. Дослідження викидів, що надходять в атмосферу від сміттеспалювальних заводів та установок, показали, що склад газової суміші становить серйозну загрозу для здоров'я населення та НС (табл. 3.12).

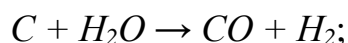
Таким чином, у процесі спалювання, особливо при поступовому нагріванні, сміттеспалювальні агрегати перетворюються на «генератори» стійких органічних забруднювальних речовин, зокрема діоксинів та СПАР – як у процесі згоряння, так і в процесі охолодження газів.

Наближений процес утворення стійких органічних сполук виглядає таким чином:

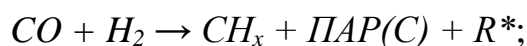
а) на початковій фазі – окислювальний піроліз складних полімерів:



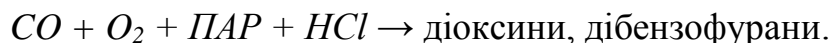
б) утворення сажі та синтез-газу за більш високої температури:



в) синтез нових органічних сполук та радикалів, їх сорбція на поверхні часток аерозолів сажі:



г) синтез стійких органічних сполук, сорбція продуктів на поверхні сажі:



Таблиця 3.11 – Вміст токсичних домішок в очищених електрофільтрами димових газах сміттєспалювальних заводів

Компонент	Вміст, мг/м <sup>3</sup>
Летюча зола (нетоксичний пил)	120-220
SO <sub>2</sub>	30-180
NO <sub>2</sub>	10 -160
CO	140-250
HCl	10-210
HF	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

Таблиця 3.12 – Деякі складові газів, що відходять від сміттєспалювальних заводів при спалюванні несортіваних ТПВ

1,4-Діхлорбензол	19	Нафталін	37	Пентахлорнітробензол
Піридин	20	2,6-Діхлорфенол	38	Пронамід
Нітрозодиметиланіл	21	Гексахлорбутадиєн	39	Фенантрин
2-Піколін	22	1,2,4,5-Тетрахлорбензол	40	Антрацен
Метилметансульфонат	23	Аценафтен	41	Ді-n-бутилфталат
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(a)антрацен
1,3-Діхлорбензол	30	2,4-Дінітрофтолуол	48	Ді-n-октилфталат
1,4-Діхлорбензол	31	Діфеніламін	49	Бензо(b)флорантрен
Бензоловий спирт	32	Діфенілгідразин	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

*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 леткої 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> (у т.ч. токсичних поліциклічних ароматичних вуглеводнів, діоксинів, дібензофуранів).

Важкі метали осідають на частинках леткої 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 наявністю 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 можливе завдяки відділенню з горючої фракції 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. 3.15 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 здійснюють з використанням системи конвеєрів, брикетувальних пресів, дробарок, сепараторів чорних і кольорових металів, аеросепараторів.

*Брикетування ТПВ.* Брикетування ТПВ рекомендовано 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 сміттесортувальних лініях. Ущільнення сприяє зменшенню займаного об'єму в 5-6 разів і приводить до економії місця при зберіганні і транспортуванні для подальшої переробки.

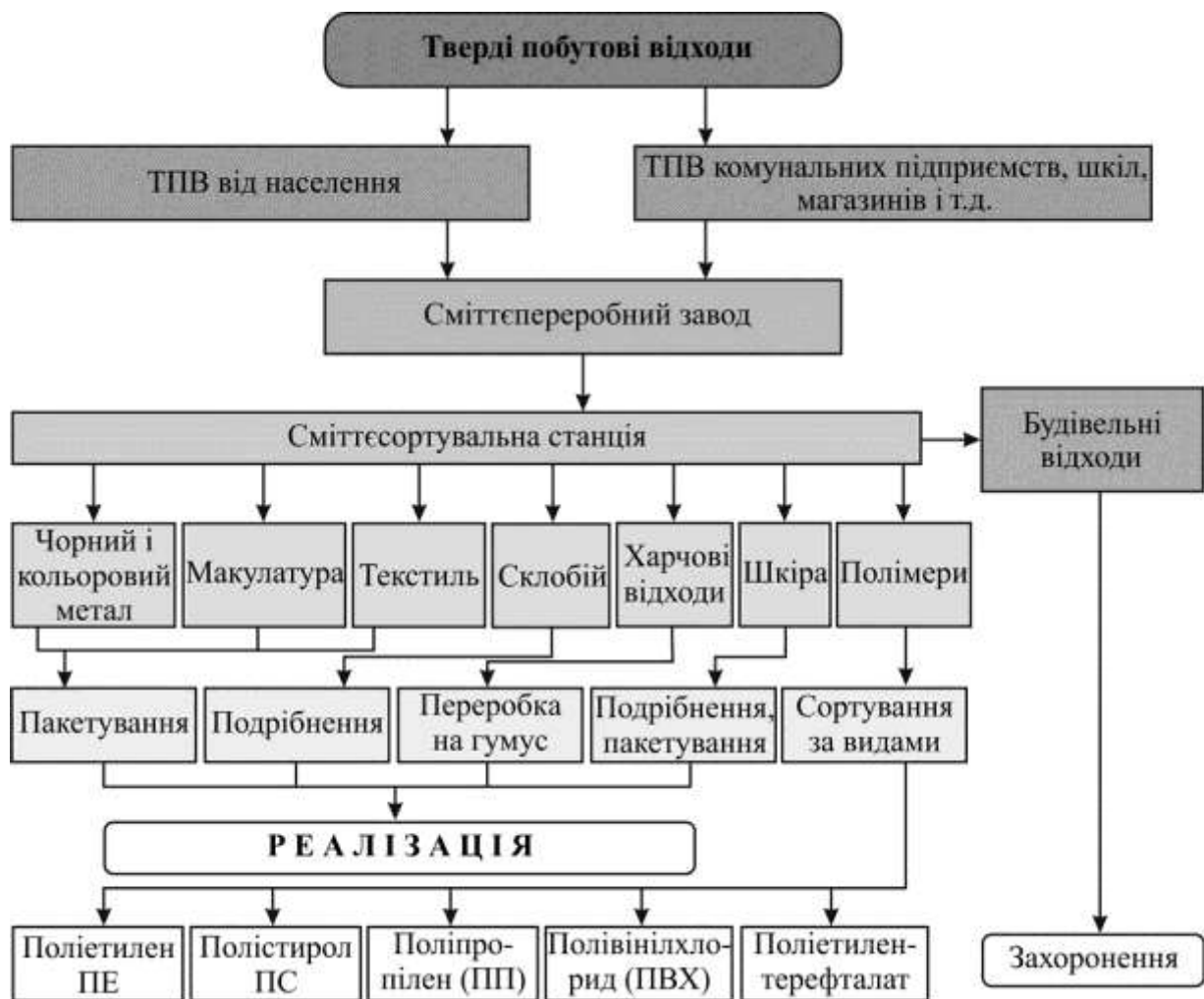


Рисунок 3.15 – Принципова схема переробки ТПВ з утилізацією цінних компонентів

*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. У 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 %). Як побічний продукт утворюється підсмольна вода. Твердий вуглецевий залишок (пірокарбон), в якому вміст вуглецю складає 30-40 %, використовується як замітник низькосортних графітів, заповнювач в асфальтобетонних сумішах, низькосортне паливо, сорбент. Смолу використовують як паливо, складову асфальтобетонних сумішей, сировину для добування хімічних сполук. Підсмольну воду використовують як антисептичний засіб, зокрема для просочення шпал.

Залежно від температури реалізації розрізняють *три види піролізу*:

1) *низькотемпературний*, або напівкоксування (макс. 450-550 °С), для якого характерний мінімальний вихід газів, максимальна кількість смол та твердих залишків;

2) *середньотемпературний*, або середньотемпературне коксування (до 800 °С), яке характеризується помірним виходом газу із зменшеною кількістю смол і масла;

3) *високотемпературний*, або коксування (900-1050 °С), 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 проходженні 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 вважають енергоефективним методом, оскільки 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, за температур 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 у 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 згорання. Його зазвичай використовують 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 згорання, 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 чистіший, ніж газ, отримуваний при прямому процесі, він не містить механічних домішок та 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 черв'яків та інших безхребетних. Активна переробка органічного матеріалу черв'яками, які пропускають його через травний тракт, забезпечує отримання сильно гумованої маси – так званого біогумусу – з високим вмістом біогенних елементів у легкодоступній формі. Під впливом черв'яків процес компостування проходить у 3 рази швидше. Компост характеризується великою однорідністю і є розсипчастим. Пропускаючи через свій кишківник 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 внаслідок 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 природоохоронних 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 обсягом скидання стічних вод.
2. *Охорона повітряного басейну:*
  - 2.1 Установка газопиловлловлювальних пристроїв, призначених для уловлювання і знешкодження шкідливих речовин із газів, що відходять від технологічних агрегатів і з вентиляційного повітря перед викидом в атмосферу.
  - 2.2 Будівництво дослідно-промислових установок і цехів з розроблення 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, які знижують токсичність і димність газів та ін., що відпрацювали.
  - 2.4 Створення автоматичних систем контролю за забрудненням атмосферного повітря, оснащення стаціонарних джерел викиду шкідливих речовин у повітряний басейн приладами контролю, будівництво, придбання і оснащення лабораторій з контролю за забрудненням атмосферного повітря.
  - 2.5 Установка пристроїв з дожигу та інших методів доочищення 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 сміттепереробних і сміттєспалювальних заводів, а також полігонів для складування побутових і промислових відходів.
  - 3.2 Придбання та впровадження установок, устаткування і машин для переробки, збору і транспортування побутових відходів з території міст та 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 з екологічного утворення кадрів.
- 5. *Науково-дослідні роботи:*
  - 5.1 Розробка експрес-методів визначення шкідливих домішок у повітрі, воді, ґрунті.
  - 5.2 Розробка нетрадиційних методів і високоефективних систем та 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 потраплянню в природні середовища важких металів і ксенобіотиків.
  - 5.5 Проектно-дослідницькі і дослідно-конструкторські роботи із створення природоохоронного устаткування, установок, споруд, підприємств та 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. До таких заходів належить, наприклад, будівництво та експлуатація очисних споруд та пристроїв; розвиток маловідходних і безвідходних технологічних процесів і виробництв; розміщення підприємств і систем транспортних потоків з урахуванням екологічних вимог; проведення робіт з рекультивациі земель,

боротьбі з ерозією ґрунтів, охорони і відтворення флори та фауни, охорони надр і раціонального використання мінеральних ресурсів тощо.

Природоохоронні заходи повинні забезпечувати:

а) 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;

б) 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 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 та 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 у 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 та у сфері особистого споживання.

При економічному обґрунтуванні природоохоронних заходів економічні результати зіставляють із витратами на їх здійснення. За необхідності, враховують чинник часу. Тому показники економічної

ефективності природоохоронних заходів для довгострокових і короткострокових проектів розрізняються.

При аналізі короткострокового природоохоронного заходу розглядають 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.

$$P = \Delta Y + D, \quad (3.2)$$

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, який отримують після впровадження заходу, грн/рік.

Витрати на проведення природоохоронного заходу розраховують за формулою:

$$Z = C + E_n \cdot K, \quad (3.4)$$

$C$  – величина річних експлуатаційних витрат на проведення природоохоронного заходу, грн.;

$K$  – величина капітальних витрат на проведення заходу, грн;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

$$E_n = E_z + E_p + E_n, \quad (3.5)$$

де  $E_z$  – гарантована норма прибутковості вкладень у комерційний банк;

$E_p$  – додаткова страхова норма, що враховує ризик вкладень у проект;

$E_n$  – мінімальна гранична норма прибутковості вкладень.

Отже,

$$E = \frac{P}{3} = \frac{(Y_1 - Y_2) + \Delta D}{C + E_n \cdot K}, \quad (3.6)$$

Захід вважають ефективним, якщо  $E \geq 1$ .

2. Чистий економічний ефект від проведення природоохоронних заходів,  $R$ :

$$R = P - 3 = ((Y_1 - Y_2) + \Delta D) - (C + E_n \cdot K). \quad (3.7)$$

3. Загальна ефективність капітальних вкладень у 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 – розраховують як різницю між припливами і відтоками грошових коштів за кожен рік реалізації проекту, помножений на відповідний коефіцієнт дисконтування і підсумований за усіма роками життя проекту:

$$\text{ЧДД} = \sum (P - 3) \cdot \alpha, \quad (3.9)$$

де  $P$  – приплив грошових коштів, грн;

$3$  – 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 ( $PI$ ):

$$PI = \sum P \cdot \alpha / \sum 3 \cdot \alpha. \quad (3.12)$$

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 кошти, що надходять 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, за якого відсутній негативний вплив його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну структуру і функцію людської особи в теперішньому та 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 та 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 біо захищеність відноситься і до безпечного зберігання та 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).

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;
- 6) 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.

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. Зростаюча кількість біологічно небезпечних дослідницьких або біотехнологічних промислових об'єктів з гранично допустимими або вичерпаними технологічними ресурсами, застарілим устаткуванням

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; дуга пандемія чуми – «чорна смерть» (1347-1407 рр.) – померло близько 25 млн людей, що становило чверть тодішнього населення Європи; від пандемії грипу («іспанки») в 1918 р. 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 внутрішньо-лікарняні 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 р.), 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) розташовані 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 прийняла Закон України (№ 257/94-ВР від 29.11.1994 р.) «Про ратифікацію Конвенції про охорону біологічного різноманіття».

Картахенський Протокол з біобезпеки, 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 з біобезпеки було прийнято 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 з безпечної передачі, обробки і використання ГМО, особливо фокусуючись на трансграничних переміщеннях ГМО. Він передбачає ряд процедур, у 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 оброблятимуть, упаковуватимуть і перевозитимуть 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 у 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, та використовувати усі можливості і ресурси для вжиття заходів з їх попередження та ліквідації.

2. Біологічна безпека держав-учасників Співдружності Незалежних Держав може бути досягнута проведенням єдиної політики щодо забезпечення загальної безпеки держав і реалізації заходів економічного, політичного, організаційного характеру, що відповідають існуючим та 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 сфері, а також діяльність органів забезпечення безпеки, включаючи систему громадської охорони здоров'я та державного санітарно-епідеміологічного нагляду і дієву систему органів контролю за їх діяльністю.

4. Стан біологічної безпеки держав перебуває 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 та індивідуального захисту, розроблених заходів з 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 щодо забезпечення біологічної безпеки і біологічної захищеності включають у себе: 1) ліцензування на володіння матеріалами і обладнанням та на дослідницьку роботу; 2) вимоги до наявності досвіду та професійних знань; 3) перевірка надійності персоналу; 4) облік персоналу, який має доступ до біологічних матеріалів; 5) класифікація біологічних матеріалів згідно з притаманними їм факторами ризику; 6) фізичні вимоги до інфраструктури системи; 7) класифікації ризику для біологічних матеріалів; 8) організаційні заходи щодо забезпечення безпечного поводження з мікроорганізмами відповідно до різних груп ризику, включаючи обмежений доступ до чутливих матеріалів на основі принципу необхідності для роботи; 9) безпечне зберігання мікроорганізмів і токсинів відповідно до класифікації груп ризику; 10) документальний облік робочих процедур; 11) 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 р.);

- наказ МОЗ України «Про удосконалення функціонування системи індикації біологічних патогенних агентів» (21.03.2003 р.);

- 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 р.) та інші.

### ***3.9.2 Екологічні аспекти використання генетично-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 з науковою та сільськогосподарською метою. 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 трансгенними.

Саме ГМО та їхні компоненти активно застосовують 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 із вмістом ГМО до ґрунту та водою негативно позначається на життєдіяльності ссавців, бджіл та риби.

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 маркувалися, 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 їх постачали з території останніх, продукцію, що містить або може містити ГМО, суворо перевіряють перед тим як потрапити на ринок ЄС. Таку перевірку здійснюють у 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 установлення 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 самими 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:

1. Зниження різноманітності традиційних (аборигенних) сортів рослин і порід тварин. Поширення ГМО веде до витіснення інших сортів і порід, а отже до зниження сортової (порідного) біорізноманітності. Ця різноманітність є основою стійкого сільського господарства.

2. 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.

3. Неконтрольоване перенесення генів, особливо генів, що визначають стійкість до пестицидів, шкідників і хвороб, унаслідок переzapилення з дикорослими родинними і пращурними видами. Як наслідок, зниження біорізноманітності дикорослих пращурних форм культурних рослин і формування «супербур'янів».

4. Поширення використання гербіцидів широкого спектру (наприклад, гліфосіната або гліфосата) приведе до збіднення видового складу корисної ентомо- і орнітофауни (комахи і птиці) і руйнування агробіоценозів.

5. Виснаження і порушення природної родючості ґрунтів. ГМ-культури з генами, що прискорюють зростання і розвиток рослин у значно більшій мірі, ніж звичайні, виснажують ґрунти і порушують її структуру. У 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.

### ***Контрольні питання до розділу 3***

1. Що таке стандартизація у сфері охорони НС?
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 за ISO 14040.
19. Екологічне маркування та його основна мета.
20. Класифікація екологічного маркування.
21. Приклади екомаркування.
22. Основні методи забезпечення якості НС.
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 М. І. Лапшиним.
28. Класифікація методів очищення СВ за Л. А. Кульським.
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.

### *Перелік посилань до розділу 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: підручник. – К.: Знання, 2007. – 519 с.
3. *Владимиров А. М., Ляхин Ю. И., Матвеев Л. Т., Орлов В. Г.* Охрана окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 422 с.
4. *Екологічне управління // В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Г. О. Білявський та ін.* – К.: Либідь, 2004. – 432 с.
5. *Инженерная экология и экологический менеджмент // М. В. Буторина, П. В. Воробьёв, А. П. Дмитриева 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 [Електронний ресурс]:*[http://medterms.com.ua/blog/konceptija\\_biobezpeki\\_i\\_riziku\\_biomedichnikh\\_tekhnologij/2013-11-10-162](http://medterms.com.ua/blog/konceptija_biobezpeki_i_riziku_biomedichnikh_tekhnologij/2013-11-10-162).
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. 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.Бочкаревой, 2003.
14. *Экология города / под ред. Стольберга Ф. В.* – К.: Либра, 2000. – 464 с.



## 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 на 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 дано стисло характеристику 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:

$$y_e = \sum_{i=1}^n D_{zi} \cdot y_{zi} + \sum_{j=1}^m D_{lj} \cdot y_{lj} + \sum_{z=1}^k D_{oz} \cdot y_{oz} + \sum_{q=1}^l D_{nq} \cdot y_{nq} + \sum_{d=1}^p D_{\delta d} + y_{\delta d} / Q, \quad (4.1)$$

де  $y_e$  – 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 у 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:

$$y_e = \frac{\sum K_{ei} \cdot \gamma_i}{Q}, \quad (4.2)$$

де  $y_e$  – показник оцінки екологічного рівня через оцінки енергоемності;  
 $K_{ei}$  – обсяг  $i$ -го компонента (сировини, комплектуючих, послуг, робіт – у кількісних одиницях), використаного для виробництва (споживання) даного продукту;  
 $\gamma_i$  – енергоемність  $i$ -го компоненту в енергетичних одиницях на кількісну одиницю даного компонента;  
 $Q$  – показник, аналогічний однойменному показнику формули (4.1).

*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:

$$y_a = \frac{D_{ci}}{D_{ai}}, \quad (4.3)$$

де  $y_a$  – показник оцінки екологічного рівня через порівняння кількісних показників, що існують у даній економічній сфері виробництва та/або 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 та/або 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) дво- 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:

$$y_{\delta} = \frac{B_{ci}}{B_{ai}}, \quad (4.5)$$

де  $u_{\bar{o}}$  – показник оцінки екологічного рівня за методом порівняння з попереднім (базовим) зразком;

$B_{ci}$  – показник, аналогічний формулі (4.4);

$B_{\bar{o}i}$  – 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:

$$Y_{n(e)} = \frac{\sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot K_j}{Q}, \quad (4.6)$$

де  $Y_{n(e)}$  – 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* 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 усвідомленими людьми. Інтерес перетворюється в попит тільки за умови підкріплення його фінансовими можливостями.

2) *відтворення екологічно орієнтованої пропозиції* – 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.

3) *відтворення екологічно орієнтованих людських чинників* – постійно відновлювані процеси здійснення виховних, освітніх, тренінгових та інформаційних програм і заходів, спрямованих на формування у виробників та споживачів продукції, світогляду, знань, навичок і бажань, достатніх для реалізації завдань екологізації національної економіки.

4) *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.

*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); 6) *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 системи, 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.

*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-який 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 завдяки фізико-хімічним процесам. До відходів належать усі речовини і матеріали, теплові викиди, фізичні та біологічні агенти, які потрапляють у зовнішнє середовище і надалі вже не беруть участі в отриманні продукції або енергії.

З точки зору термодинаміки, як і всі системи, технологічні процеси в принципі поділяються на три категорії: незамкнуті (відкриті), замкнуті та ізольовані. Абсолютна більшість реальних технологічних процесів відноситься до категорії *незамкнутих систем*. Замкнутими вважають 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 беруть, хоча продукцію також можна розглядати як відкладений відхід. Теоретично можлива 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 у рамках певних кількісних співвідношень не порушує нормального функціонування природних екосистем. *Неекологічні процеси* створюють підвищене техногенне навантаження й негативно впливають 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 остаточному підсумку дорівнює масі готових продуктів і промислових відходів (Т. А. Акімова та ін., 2001).

*Незамкнутому виробничому процесу* відповідає таке 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  $K_b = P/R$ .

Виробничий процес, що передбачає очищення забруднюючих потоків, представлений рівнянням:

$$R = P - W. \quad (4.8)$$

При використанні вловлених речовин  $W_y$  як вторинної сировини матеріально-технічний баланс описують системою рівнянь:

$$(P + W_y) = (R = P + W_y - W) + W, \quad (4.9)$$

$$W = (W - W_y) + W_y. \quad (4.10)$$

У замкнутому 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 отже, 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, оскільки 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, у 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. Щодо ядерної і майбутньої термоядерної енергетики, то навіть при абсолютному усуненні всіх форм радіаційного забруднення (що дуже проблематично) залишається непереборне 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 палива і технологій перетворення енергії. Зараз уже й стає зрозуміло, що головним мотивом вимушеної екологізації енергетики є не стільки близькість вичерпання паливних ресурсів, скільки вимоги глобальної екологічної безпеки.

*Екологізація транспорту* передбачає: 1) включення екологічних вимог в організацію транспортних потоків з метою зменшення транспортного забруднення внаслідок скорочення холостих пробігів та

оптимізації маршрутів; 2) придушення тенденції індивідуалізації транспортних засобів та сприяння розвитку комфортного та економічного громадського транспорту з метою зменшення загальної кількості 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; 7) пасивний та активний захист від шуму і вібрації. Всі ці заходи дуже важливі, оскільки без них спільна природоємність транспорту незабаром може перевершити природоємність стаціонарної енергетики і промислового виробництва.

Особливо гостро стоїть проблема екологізації міського транспорту, особливо автомобільного транспорту, оскільки, наприклад, у великих містах України на його викиди припадає 70-80 % емісії всіх ЗР. Останні 30 років у містах по всьому світу спостерігається справжній автомобільний бум. У 1970 р. в світі було 200 млн легкових автомашин, у 2006 р. понад 850 млн, а у 2030 р. очікується її подвоєння. Вулиці міст повсюдно заповнюються машинами, що призводить до пробок, дорожньо-транспортних подій та зниження якості атмосферного повітря.

Екологізація міського транспорту полягає в підвищенні конкурентоспроможності різних немоторизованих способів пересування – пішки, на велосипеді, на рикші, легкому метро (сучасному трамваї), поїзді, а також зниженні потреби в частому переміщенні по місту – наприклад, таким чином, щоб люди могли жити недалеко від місця роботи. Міста повинні чітко уявляти, як буде відбуватися перехід від автомобільної залежності і пробок до більш екологічно небезпечних видів транспорту.

Таким чином, для екологізації міського транспорту потрібно (П. Ньюман, Дж. Кенуорти, 2007):

- система швидкісного громадського транспорту, яка забезпечує більш високу швидкість пересування в порівнянні з автотранспортом на всіх основних напрямках;

- центри міської забудови вздовж транспортних коридорів, що створюють досить щільну мережу для забезпечення функціонування системи громадського транспорту;

- пішохідні зони та створення умов для зручності велосипедистів, зокрема полегшення доступу для немоторизованих засобів пересування в різні райони міста, в першу чергу – в зазначені центри;

- злагоджене функціонування транспортної системи, що забезпечує доступ без зайвих тимчасових витрат;

- поступове виведення з експлуатації швидкісних шосе і введення податків на пробки, що формують кошти для фінансування швидкісного

громадського транспорту та пішохідно-велосипедної інфраструктури, а також створення зелених бульварів з низькою інтенсивністю руху;

- безперервне вдосконалення автомобільних двигунів і палива для зниження вихлопів, шумового забруднення і споживання палива.

**Екологізація сільського господарства** ще в недавньому минулому здавалася б зайвою вимогою, оскільки неіндустріалізовані землеробство і тваринництво були по суті найбільш 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 із 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.

**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 між 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 позитивний. Негативний вплив РТД позначається насамперед на природних багатствах країн або районів масового відпочинку і подорожей. Особливо приваблюють для туристів незаймані природні ландшафти, куточки дикої природи, тому важливе значення має розвиток РТД на особливо охоронюваних природних територіях може (ООПТ) (Е. О. Дедовских та ін., 2009).

На туристичний сектор економіки припадає 5 % глобального ВВП, кожна 12-а людина у світі працює в цій галузі. РТД особливо чутлива до кліматичного фактору, оскільки останній визначає довжину і сприятливість рекреаційно-туристичних сезонів. РТД не тільки страждає від кліматичних змін, але й також є однією з причин глобального потепління, відповідаючи приблизно за 5 % емісії  $CO_2$ ; 2 % припадає на авіаційні перельоти, 1,7 % – на наземний транспорт, 1 % – на готельне господарство (*Tourism...*, 2010).

Згідно з висновками експертів Всесвітньої туристської організації і Програми ООН з навколишнього середовища сценарій розвитку територій за програмою «зелених інвестицій», дозволить до 2050 р. скоротити енергоспоживання в туристській сфері на 44 %, а емісії  $CO_2$  на 52 %. Досягнення такого ефекту можливе, використовуючи комбінацію заходів, серед яких: технологічні інновації, перехід до екологічного транспорту і ефективний енергетичний та екологічний менеджмент у готельній сфері.

Турбота про безпеку людей та охорону навколишнього природного середовища на сьогоднішній день є невід'ємною частиною політики у сфері туризму. З кожним роком туристів, які обирають більш безпечний для природного середовища відпочинок, стає все більше. При цьому фахівці туристської і готельної індустрії відзначають, що туристи стали в цьому питанні більш відповідальними. Згідно з дослідженням туристської асоціації АВТА (Великобританія) кожен третій турист вважає, що готелі крім традиційних «зірок» також повинні мати екологічний рейтинг. У порівнянні з 2010 р. показник відповідальності туристів, які обирають екологічно орієнтовану рекреацію, зріс з 29 % до 33 %. У міжнародному туризмі просуванням «зелених» технологій, займається міжнародна організація *Travelife Sustainability System* (TSS), яка заохочує туроператорів і готелі, що займаються природоохоронною діяльністю та просувають ідеї охорони довкілля серед своїх гостей. TSS має спеціально розроблену систему екологічного аудиту, який передбачає нагороди залежно від досягнень підприємств. Дана ініціатива підтримується багатьма найбільшими підприємствами туризму та рекреації. На сьогоднішній день система TSS зареєструвала 17 тис. готелів, з яких 1500 підприємств

пройшли повну екологічну експертизу, а понад 500 – отримали заслужені нагороди у сфері екологізації РТД.

Невід'ємною складовою екологічного менеджменту в сфері РТД є стандарт управління природокористуванням ISO 14001 (EMS), створений у 1991 р. Міжнародною асоціацією зі стандартизації. Для того щоб відповідати йому, організація зобов'язана підтвердити, що проводить спеціальну політику з охорони навколишнього середовища. У ряді країн на додаток до ISO 14001 були створені власні стандарти, наприклад, в Європейському союзі – EMAS. Крім того, у світі існує ряд організацій, що займаються розробкою і впровадженням систем екологічного менеджменту. Згідно з даними Всесвітньої туристської організації, на сьогодні у світі діє понад 60 міжнародних програм, спрямованих на створення та підтвердження стандартів у галузі екологічної сертифікації, при цьому на кожен програму доводиться в середньому близько 50 сертифікованих компаній у галузі туризму. Всього ж у світі існує понад 100 екологічних лейблів і нагород для об'єктів туризму, екологічного туризму та сфери гостинності (*Tourism...*, 2010).

Однією з найбільш відомих міжнародних програм сертифікації в галузі екотуризму є програма «*Green Globe 21*». Її створила британська компанія, 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 охоронювані території. Стандарти системи *Green Globe 21* охоплюють 6 сфер: 1) зменшення утворення відходів, багаторазове використання і переробка; 2) ефективність використання енергії; 3) управління використанням прісної води; 4) управління стічними водами; 5) екологічно чутлива торгова політика; 6) соціальний і культурний розвиток.

Виділяється декілька рівнів виконання критеріїв стандарту *Green Globe 21*. Відповідно, підприємства отримують різні логотипи з екологічної маркуванням: «*affiliate*» – відповідність мінімальному набору критеріїв, «*benchmarked*» – відповідність основним критеріям, «*certified*» – відповідність усім вимогам стандарту, а також підтвердження цього відповідності аудитом, проведеного третьою стороною безпосередньо на об'єкті. За допомогою подібної градації зацікавлені споживачі туристичних послуг можуть орієнтуватися в ступені екологічної відповідальності сертифікованого об'єкта (С. Г. Нездойминов, 2014).

З одного боку, розвиток РТД у 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 кількості 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 кількості 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* обумовлений безпосередньою присутністю рекреантів (туристів) і їх діяльністю, *непрямий вплив* – використовуваними в РТД транспортом та інфраструктурою.

Один з найбільш повних оглядів негативних ефектів природної РТД представлено в роботі *Гектора Цебаллос-Ласкурейна (Ceballos – Lascurain, 1996)*, який виділяє такі 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 орієнтованим. Істинно екологічно орієнтована РТД по факту – одне з найбільш потужних засобів охорони НПС. Завдання екологічно орієнтованої РТД – звести до мінімуму можливі негативні наслідки подорожей у 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.

Основна мета екологізації РТД полягає у зведенні до мінімуму негативного впливу туристичної діяльності на процеси кругообігу речовини і енергії в природі, зменшення рекреаційного навантаження на туристичні об'єкти (*Г. О. Білявський, М. М. Падун, 2010*).

Для досягнення даної мети одними з основних завдань державної політики з розвитку туризму мають стати: 1) паспортизація туристсько-рекреаційних ресурсів регіонів України з обов'язковим визначенням антропогенного навантаження на природну екосистему; 2) встановлення ресурсозберігаючих та екологічних стандартів для новозбудованих та реконструйованих закладів розміщення туристів; 3) впровадження системи екологічної сертифікації об'єктів туризму; 4) пріоритетне та пільгове фінансування екологічно орієнтованих інвестиційних проектів у туризмі;

5) розширення мережі національних і регіональних ландшафтних парків із суворим додержанням режимів діяльності відповідно до чинного законодавства; 6) всебічна інформаційна підтримка ідеї збалансованого розвитку туризму серед усіх зацікавлених сторін процесу – туристів, виробників послуг, органів влади, громадських інституцій, навколишнього природного середовища та ін. (К. Д. Ніколаєв, В. М. Ісаєнко, 2009)

*Екологічний туризм* (ЕТ) – це різновид природного туризму, що об'єднує людей, які подорожують з науково-пізнавальною метою (М. Б. Біржаков, 2004). Всесвітня туристська організація дає таке 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 такі принципи:

1) подорож у природу, причому головний зміст таких подорожей – ознайомлення 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 таких базових принципів (*Екологический 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 та соціально-культурних переваг для територій, які охороняються, і місцевого населення); 3) принцип підвищення природоохоронної, екологічної і культурної свідомості, до складу екологічної просвіти, повагу звичаїв та традиційного укладу місцевих спільнот, обмін досвідом.

Все різноманіття видів ЕТ доцільно поділити на два його основних типи: 1) ЕТ у 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 комфортабельному лайнері. Цю групу екотурів можна віднести до «німецької», або до «західноєвропейської» моделі (А. В. Дроздов, 2003).

Л. В. Деточенко (2004) пропонує виділяти три основні напрямки ЕТ: 1) *класичний природний* ЕТ, головним об'єктом якого є дика природа, практично немає 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 у заповідниках і національних парках ґрунтується на декількох ключових принципах (Н. В. Моралева та ін., 2001; *Экологический туризм...*, 2002):

1. *Дотримання основ заповідної справи.* ЕТ повинен базуватися на головних досягненнях заповідної науки і практики та не суперечити основам заповідної справи.

2. *Вибірковість.* Не для кожного заповідника та національного парку розвиток ЕТ виправдано і рентабельно. Рішення про те, чи розвивати цю діяльність у конкретному заповіднику або національному парку, необхідно приймати на основі експертного аналізу. Для заповідників і національних парків неприйнятні масові види туризму. Потік туристів до заповідників і національних парків потрібно обмежувати і ретельно регулювати, що має на увазі вибір оптимальних категорій відвідувачів.

3. *Опора на регіональні пам'ятки.* Для розвитку ЕТ необхідно використовувати буферні зони заповідників і національних парків, а також суміжні території. Заповідники і національні парки будуть отримувати дохід, виступаючи як організатори програм ЕТ на місцях, надаючи відвідувачам різноманітні послуги.

4. *Спеціалізація і кооперація.* РТД здійснюють на методичній базі заповідників і національних парків, у тісній кооперації з їх науковими та еколого-просвітницькими відділами. Через мережу спеціалізованих турагентств і туроператорів здійснюють підбір клієнтів і організацію екскурсій.

5. *Гроші – не головне.* Отримання доходів від РТД не є основною метою ЕТ у заповідниках і національних парках.

6. *Рентабельність.* Незважаючи на те що «гроші – не головне», цей вид діяльності не повинен бути збитковим для заповідників та національних парків.

Особливості розвитку ЕТ в регіонах України показано, наприклад, в роботі *І. Т. Русєва, 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 потрібна 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.

*Екологізація науки* – процес проникнення ідей і проблем екології в інші галузі знання, в систему сучасних природничих, технічних і гуманітарних дисциплін. Виділяються три рівня екологізації: внутрішньодисциплінарна, міждисциплінарна і проблемна (*Т. А. Акімова та ін., 2001*).

Пропонується здійснити послідовну екологізацію навчальних дисциплін ВНЗ. Цей процес стосується як навчальної, так і позанавчальної діяльності студентів, будується на принципах цілісності, єдності і наступності всіх ланок та етапів навчання у ВНЗ, а також на встановленні міжпредметних зв'язків та інтеграції навчальних дисциплін.

Інформацію з проблем НС вводять в основні навчальні курси з урахуванням специфіки кожного предмета. Це можливо реалізувати в курсі лекцій, на семінарських та лабораторних заняттях, після закінчення викладу теми (розділу), в кінці вивчення всього теоретичного курсу. При цьому екологічному змісту має бути чітко визначене місце в кожному розділі. Слід також здійснювати взаємозв'язок екологічних, природоохоронних та виховних аспектів досліджуваного матеріалу, ретельно продумувати методику викладу матеріалу.

Наприклад, можна говорити про засади екологізації хімічної освіти, що дозволяють визначити зміст системи знань про хімічні аспекти екології в ряді навчальних предметів середньої і вищої школи, переорієнтувати зміст хімічного експерименту та хімічних задач на екологічну проблематику, осмислити нові функції кабінету хімії в умовах екологізації шкільної освіти. Хімію тут вибрано не випадково.

Останнім часом виявляється виразна тенденція в нашій вже досить екологізованій суспільній свідомості протиставляти екологію людини і хімію. Дійсно, хімічне виробництво за свою історію завдало чималої шкоди природному середовищу. Коли за наявності такого гострого і актуального протиріччя ставиться питання про екологізації хімічної освіти,

тоді мова йде не про механічне поєднання екології та хімії, а про інтегративний підхід до даної проблеми.

Досить цікавим 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 шкільної екологічної освіти у ФРН характеризується такими основними принципами:

1) екологізація охоплює не тільки всі шкільні програми, але й усе шкільне життя, коли школу розглядають як якесь «екологічне господарство», полігон для впровадження екологічного знання;

2) освіта набуває не цільового, а в більшій мірі процесуального характеру – від формування самостійності учня, його самовизначення щодо 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 обслуговувального 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** – це процес систематичного та цілеспрямованого впливу на духовний і фізичний розвиток особистості з метою формування еколого-гуманістичного світогляду, підготовки до виробничої, громадської та культурної діяльності. 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 первісному 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 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 щодо природи, щоб у дитини сформувалося світорозуміння, що включає його в навколишній світ не як господаря, а як учасника природного його розвитку.

Екологія – велика наукова дисципліна, але її викладання має бути дозоване 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 «природознавчо 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.

**Екологічна освіта** – це сукупність таких компонентів: екологічні знання – екологічне мислення – екологічний світогляд – екологічна етика – екологічна культура. Кожному компоненту відповідає певний рівень (ступінь) екологічної зрілості: від елементарних екологічних знань, уявлень дошкільного рівня до їх глибокого усвідомлення і практичної реалізації на вищих рівнях. Умовно можна виділити наступні узагальнені рівні екологічної зрілості: початковий (інформативно-підготовчий), основний (базово-світоглядний), вищий, профільно-фаховий (світоглядно-зрілий).

*Цілі екологічної освіти* полягають передусім, у тому, щоб дати можливість людині зрозуміти складний характер навколишнього середовища, яке є результатом взаємодії її біологічних, фізичних, соціальних, економічних і культурних чинників, сприяти усвідомленню важливості навколишнього середовища для економічного, соціального і культурного розвитку людей.

Побудова системи *безперервної екологічної освіти* вимагає створення педагогічної вертикалі: дитячі дошкільні установи – школа (ліцей, гімназія) – коледж (технікум) – університет – після університетська освіта. Видається, що центральною ланкою в цьому ланцюжку є університет, тому що він орієнтує школу і середні спеціальні навчальні заклади на себе (викладачі університету ведуть екологічну підготовку в спеціалізованих

класах шкіл, ліцеїв, коледжів, на підготовчих курсах, університет надає школярам навчально-наукові лабораторії, музеї, комп'ютерні класи). Крім того, всю роботу з формування екологічної культури університет веде виходячи з принципів міждисциплінарності і взаємопов'язаного розкриття, а також привчає студентів до самоосвіти, яке переслідує мету набуття людиною нових здібностей, забезпечує нові методологічні програми.

Сьогодні багато говорять про *екологізацію освіти*. Це дуже важливий елемент екологічного виховання. Екологічне мислення, уявлення про довкілля і місце в ній людини повинні бути наявним у всіх проявах його активності. Досить ефективним засобом реалізації цього принципу і є екологізація освіти. Вона полягає в тому, що практично всі 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. Він безпосередньо продовжує той 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 галузі економіки, правознавства та багатьох інших гуманітарних дисциплін.

Наступною 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 20.12.2001 р.). 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.* Екологічна свідомість, тобто відношення людини до природи, формується в процесі екологічного виховання та освіти. *Екологізація свідомості* – це зміна спрямованості свідомості, орієнтація її на більш адекватне відображення стану зовнішнього середовища і відповідно ціннісних установок у потребах і діяльності людини. З поняттям «екологізація індивідуальної свідомості» пов'язані також такі поняття як «екологізація мислення», «екологізація світовідчуття», «екологізація потреб», «екологізація поведінки» та ін. Кожній історичній епосі відповідає свій певний світогляд.

Історичні долі цивілізації залежать від того, які взаємовідносини людини і природи. До недавнього часу ставлення суспільства до НПС носило споживчий характер. Природа цікавила людину 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* – це рівень сприйняття людьми природи, навколишнього світу і оцінка свого становища у всесвіті, ставлення людини до світу. Екологічна культура 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 і потреб всього природного співтовариства; 4) характер взаємодії з природою не порушує існуючу в природі рівновагу; 5) етичні норми і правила однаково поширюються як на взаємодію між людьми, так і на взаємодію зі світом природи; 6) розвиток людини і природи – процес взаємовигідного співробітництва; 7) діяльність з охорони природи продиктована необхідністю зберегти природу заради неї самої.

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 виданої 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 чистіше, 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 техніка – в переробку. Городяни все більше звикають до переробки електронних пристроїв. Якщо у вас є старий прилад, запропонуйте його ремонтній майстерні або приватному майстрові на деталі. Заохочуйте творчість. Якщо ви знаєте кого-небудь, хто у своїй творчості дає життя вийшлим 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 душу – 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 використаної 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 він 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 від пакетів: при згорянні тютюну виділяється приблизно 4000 речовин, левова частка з яких токсичні. Недопалки, які розпадаються протягом 10

років, виділяють агресивні речовини (ртуть, миш'як, кадмій), які проникають у 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 можемо лише знайти той баланс, який дозволить нам жити на чистій планеті. А для цього потрібно просочити все суспільство, звернувши донизу зеленими ідеями.

«Зелена економіка» – напрям в економічній науці, в рамках якого вважають, 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 воно суперечить першій аксіомі. «Зростізм» (*Growthism*), вважають прихильники зеленої економіки, порушує нормальне функціонування природних екосистем. Зелені економісти пропонують встановлення податку Тобіна в розмірі 1 % від усіх міжнародних торговельних 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» (*Naturalcapital*) замість категорії «природні ресурси», яка ніби свідчить про пасивну роль природи в економіці.

Світовій економіці необхідна екологізація, вважають фахівці і закликають інвестувати в екологічні технології додаткові 14 трлн дол. до 2030 р. Про це йде мова в «Огляді екологічних інвестицій: шляхи і способи відкрити приватні фінанси для екологічного зростання», підготовленому експертами Світового банку, Deutschebank 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, транспорт, 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 дол. 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 %).

#### *Контрольні питання до розділу 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 екологізації транспорту?
22. Які основні принципи сільськогосподарського виробництва?
23. Які основні негативні наслідки рекреаційно-туристичної діяльності?
24. Яким чином рекреаційно-туристична діяльність впливає на стан окремих природних компонентів?
25. Які шляхи екологізації рекреаційно-туристичної діяльності?
26. Що таке «екологічний туризм»?
27. Що таке «екологізація системи освіти»?
28. Що таке «екологізація науки»?
29. Які принципи екологічного виховання?
30. Які принципи екологічної освіти?
31. Які принципи екологізації освіти?
32. Які принципи екологізації суспільної свідомості?
33. Що таке «зелена економіка»?

#### *Перелік посилань до розділу 4*

1. *Акимова Т. А., Кузьмин А. П., Хаскин В. В.* Экология. Природа – Человек – Техника: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
2. *Білявський Г. О., Падун М. М.* Сучасні проблеми ноосферного мислення // Наукові записки КІТЕП. – К., 2010. – С. 67-73.
3. *Биржаков. М. Б.* Введение в туризм. – СПб.: Герда, 2004. – 192 с.
4. *Бочкарева Т. В.* Экотуризм: анализ существующего международного опыта. – М., 2003. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://tourlib.net/statti\\_tourism/kuskov\\_ecotourism.htm](http://tourlib.net/statti_tourism/kuskov_ecotourism.htm)
5. *Дедовских Е. О., Дроздов А. В., Чижова В. П.* Экологический туризм как современная идеология путешествий в природу. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ecodelo.org/3296-7\\_turizm\\_i\\_okhrana\\_prirody\\_minusy\\_i\\_plyusy-ekologicheskii\\_turizm\\_kak\\_sovremennaya\\_ideologiya\\_p](http://ecodelo.org/3296-7_turizm_i_okhrana_prirody_minusy_i_plyusy-ekologicheskii_turizm_kak_sovremennaya_ideologiya_p)
6. *Деточенко Л. В.* Перспективы экотуризма в системе видов туризма в Волгоградской области // Туризм и региональное развитие: Сб. научн. тр. – Вып. 3. – Смоленск, 2004. – С. 475-480.
7. *Дроздов А. В.* Современный экотуризм. Концепции и практика. // Теория и практика международного туризма: Сб. научн. тр. под ред. А. Ю. Александровой. – М.: КноРус, 2003. – С. 251-279.
8. *Екологічна енциклопедія: У 3 т. / Редколегія: А.В. Тостоухов (головний редактор) 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. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.sportedu.ru/press/tpfk/2002N11/p9-13.htm>
10. *Мамедов Н. М.* Экологическое образование: социокультурный контекст. – Вестник КРАУНЦ. – серия «Гуманитарные науки». – Философия. – 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. *Нездойминов С. Г.* Экологизация туризма как фактор устойчивого развития туристических регионов. – Региональные исследования. – №1 (43), 2014. – С. 133-139.
15. *Ніколаєв К. Д., Ісаєнко В. М.* Екологізація туристичної галузі, її роль у зменшенні впливу на біорізноманіття та навколишнє середовище // Агроекологічний журнал, спецвипуск. – К., 2009. – С. 228-232.
16. *Ньюман П., Кенурти Дж.* Экологизация городского транспорта. Россия в окружающем мире: 2007. – С. 147-182.
17. *Реймерс Н. Ф.* Природопользование. Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
18. *Русев І. Т., Сафранов Т. А.* Екологічний туризм: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 118 с.
19. *Современные туристы выбирают экологичный отдых* [Электронный ресурс]. Режим доступа. – URL: <http://prohotel.ru/news-169560/0>.

20. Храбовченко В. В. Экологический туризм. Учебно-методическое пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 208 с.
21. Экологический туризм на пути в Россию. Принципы, рекомендации, российский и зарубежный опыт. Монография. // Ред. – сост. Е. Ю. Ледовских, Н. В. Моралева, А. В. Дроздов. – Тула: Гриф и К, 2002. – 284 с.
22. *Tourism in vesting in energy and resource efficiency*. United Nations Environment Programme. – 2010. [Электронный ресурс]. URL: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biodiv.unwto.org/en>).

## АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

- Авесаломова І. А. 107  
Адаменко Я. О. 36, 48  
Акімова Т. А. 17, 78, 207, 217  
Архипова Л. М. 93  
Башмаков Д. І. 20  
Безуглая Е. Ю. 73, 76  
Білявський Г. О. 214  
Біржаков М. Б. 215  
Бобровський А. Л. 83  
Васюкова Г. Т. 56  
Воропай Л. І. 122  
Гавриленко О. П. 109  
Галушкіна Т. П. 51  
Гнантів П. С. 23, 25, 29, 30, 33, 34  
Гофман К. Г. 108  
Гродзинський Д. М. 108  
Громова Н. В. 61, 62  
Гуцуляк В. М. 98, 110  
Дедовских Е. О. 212  
Дедю І. І. 12  
Денисик Г. І. 122  
Деточенко Л. В. 216  
Джефферс Дж. 29  
Добровольський В. В. 25  
Дорогунцов С. І. 56  
Дроздов А. В. 216  
Заде Л. 23  
Зализняк Е. А. 106  
Івлієва О. В. 74  
Інхабер Г. 75, 76  
Ісаєнко В. М. 215  
Какарека С. В. 75, 77, 78  
Каплін В. Г. 102  
Караушев А. В. 85  
Кимстач В. А. 83  
Клименко М. О. 13, 14, 19  
Князева В. П. 67  
Колісник А. В. 122  
Коновалова В. А. 57, 58, 61  
Кориневская В. Ю. 120  
Коробкін В. І. 107  
Королев В. А. 99  
Кульський Л. А. 163, 164  
Кучерявий В. П. 102  
Ладанюк А. П. 25  
Лапшина М. В. 61, 62  
Лапшина М. І. 163  
Малишева Л. Л. 111  
Мамедов Н. М. 217  
Мельник Л. Г. 200, 204, 207  
Мельникова Н. А. 61, 62  
Мільков Ф. М. 107  
Моїсеєва Н. М. 220  
Моралева Н. В. 216  
Мороков В. В. 122  
Мосейкин Ю. М. 78  
Налимов В. В. 23  
Нездойминов С. Г. 213  
Ніколаєв К. Д. 215  
Ньюман П. 210  
Одум Ю. 20, 23  
Падун М. М. 214  
Передельський Л. В. 107  
Петлін В. М. 26  
Приймак А. В. 76  
Приходько В. Ю. 112  
Пустовойтов В. В. 57, 60  
Ревич Б. А. 98  
Реймерс М. Ф. 10, 11, 12, 13, 200  
Рибкин В. С. 57, 58, 60  
Русєв І. Т. 217  
Саєт Ю. Е. 98  
Сафранов Т. А. 51, 217  
Ситаров В. А. 57, 60  
Скрипчук П. М. 13, 14, 19  
Сніжко С. І. 69, 84, 93  
Степановських А. С. 57  
Тарасова В. В. 13, 14, 57, 60, 62, 67, 115, 120  
Тімченко З. В. 88  
Томашпольський К. М. 51  
Уємов А. І. 25  
Флейшман Б. С. 23  
фон Бергаланфі Л. 19, 23  
Форрестер Дж. 23  
Франчук Г. М. 119, 120  
Хакен Г. 26  
Хірівський П. Р. 23, 25, 29, 30, 33, 34  
Хомяков П. М. 31  
Шарапов О. Д. 25  
Швебс Г. І. 102, 122  
Шевчук В. Я. 49, 200  
Шищенком П. Г. 107  
Юрасов С. М. 14, 85, 88  
Янин Е. П. 98  
Яцик А. В. 122

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

### А

Аналіз, 14, 15, 16, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 40, 44, 45, 48, 59, 73, 74, 76, 78, 83, 84, 90, 93, 102, 103, 105, 115, 118, 138, 140, 141, 143, 145, 146, 151, 187, 209, 216  
*інвентаризаційний, 146*  
*сапробіологічний, 102*  
*системний, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 35*  
*ситуаційний, 34*  
*SWOT, 34*

Альтернатива, 31, 34, 37, 40, 41, 42, 44, 46, 47, 180

Аудит, 38, 49, 50, 51, 130, 131, 135, 140, 142, 143, 212, 213

### Б

Безпека, 14, 19, 44, 45, 93, 120, 132, 147, 212, 222  
*біологічна, 56, 189, 190, 191, 192, 194*  
*екологічна, 13, 16, 17, 33, 34, 41, 42, 47, 49, 59, 60, 112, 128, 209*

Біоіндикація, 99, 100

Біопродуктивність, 116, 117

Брикетування, 180

### В

Вермікомпостування, 183

Відходи, 13, 47, 55, 60, 106, 112, 115, 117, 120, 132, 134, 137, 144, 145, 153, 167, 173, 174, 175, 177, 179, 180, 182, 185, 202, 205, 208, 213, 218  
*виробничі, 174*  
*класифікація, 173*  
*тверді побутові (ТПВ), 174, 184*

Виховання екологічне, 218

### Г

Газоочистка, 162

Генетично модифіковані організми (ГМО), 190, 198

Геологічне середовище, 99

Геосистема, 107, 108, 111

Гранично допустимий викид (ГДВ), 17, 18, 60

Гранично допустима концентрація (ГДК), 12, 17, 18, 57, 58, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 80, 81, 82, 85, 86, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 99, 110, 238  
*максимально разові (ГДК<sub>мр</sub>), 66*

*середньодобові (ГДК<sub>сд</sub>), 66*  
*робочої зони (ГДК<sub>рз</sub>), 66*

Гранично допустимий скид (ГДС), 17, 60

### Е

Екологізація, 146, 200, 204, 208, 210, 214, 218, 220, 222, 224  
*виробництва, 205*  
*економіки, 204*  
*енергетики, 209*  
*освіти, 217, 220*  
*рекреаційно-туристичної діяльності, 211, 214*  
*сільського господарства, 211*  
*споживання, 206*  
*суспільної свідомості, 221*  
*транспорту, 209*

Експертиза екологічна, 34, 35, 36, 43, 49

Енергія, 26, 43, 115, 145, 177

Ефект, 20, 33, 59, 80, 97, 98, 106, 147, 157, 181, 194, 205, 212, 214  
*екологічний, 36, 183*  
*економічний, 186, 188*  
*системний, 21*  
*сумації, 18, 67, 70, 71, 85, 93, 95*

### З

Загроза, 34, 50, 62, 113, 134  
*біологічна, 189*  
*здоров'ю, 17, 38, 177*

Захист середовища, 11, 14, 34, 37, 60, 130, 148, 152, 154, 156, 173

Заходи, 18, 34, 47, 48, 55, 151, 154, 184, 187, 192, 194, 209, 211  
*ресурсозберігаючі, 47*  
*захисні, 47*  
*відновлювальні, 47*  
*компенсаційні, 47*  
*охоронні, 47*

Знак екологічний, 148, 152

Зона, 94, 98, 122  
*екологічного лиха, 97*  
*екологічного ризику, 96*  
*екологічної кризи, 97*  
*екологічної норми, 96*  
*рекреаційна, 61*

### І

Індекс, 45, 73, 75, 77, 84, 93, 100, 102, 108, 110, 114, 116, 117  
*забруднення атмосфери, 72*  
*забруднення води, 84, 85*

комбінаторний індекс забруднення (КІЗ), 89, 91  
комплексний індекс потенціалу якості (КІПЯ), 93, 94  
рентабельності, 188  
сумарної забрудненості території, 110  
якості води, 84  
Індикатор, 58, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 112, 113, 114, 115, 116

## К

Квалітологія екологічна, 19  
Кларк, 97, 109, 110  
Клас, 66, 70, 71, 72, 73, 74, 78, 83, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 98, 101, 128, 162  
вибухо- і вогнебезпечності, 161  
екологічного стану ґрунтів, 96  
забруднення повітря, 78  
небезпеки шкідливих речовин, 66, 70, 71, 72, 73, 74, 81, 87, 88, 98, 111  
пилловловлювачів, 162  
якості води, 85, 86, 89, 90, 92, 93  
Класифікація, 51, 56  
вибухо- і вогнебезпечності, 161  
відходів, 173  
екологічних нормативів, 67  
екологічного маркування, 150  
методів очищення викидів, 157  
методів очищення води, 163, 164, 165  
пилловловлювачів, 161  
пилу за дисперсністю, 160  
стандартів, 129  
якості води, 82, 89, 90, 91, 93  
Коефіцієнт безпеки підприємства, 120  
Компонент, 10, 28, 65, 77, 155  
Компостування, 184  
Критерій, 12, 14, 15, 16, 34, 41, 46, 47, 50, 65, 67, 79, 88, 93, 96, 105, 112, 125, 142, 147, 150, 153, 213, 236  
безпеки техносфери, 19  
екологічного аудиту, 50  
якості життя, 15  
Культура екологічна, 221

## Л

Ландшафт, 61, 106, 107, 108, 109, 186, 200, 205  
Ліхеноіндикація, 101  
Ліцензування, 35, 128, 135, 136, 137, 194, 198

## М

Маркування екологічне, 56, 130, 131, 134, 143, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 196, 213  
Менеджмент, 37, 49, 131, 132, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 212, 213

Метод, 14, 21, 24, 28, 30, 31, 33, 39, 42, 44, 47, 63, 94, 99, 101, 102, 128, 138, 149, 155, 157, 194, 203, 207  
графічного накладення, 46  
декомпозиції, 33  
Дельфи, 31, 32, 233  
евристичний, 25  
експертної оцінки, 31, 32, 34  
зіставлення, 69  
зниження забруднення, 156  
комісії, 34  
ліхеноіндикації, 101  
математичного моделювання, 21  
оцінки альтернатив, 40  
оцінки життєвого циклу, 145  
оцінки місць проживання, 46  
оцінки стану біоценозів, 99  
оцінки чинників навколишнього середовища, 44  
оцінки якості вод, 69, 82, 83, 84, 85, 90, 93  
очищення міських стічних вод, 166, 168  
очищення промислових викидів, 156, 157, 162  
очищення промислових стічних вод, 162, 163, 164, 166  
побудова кумулят, 45, 46  
поводження з відходами, 173, 175, 176,  
сировинних балансів, 207  
системний, 24  
статистичної оцінки, 45  
сценаріїв, 33  
Модель, 21, 22, 23, 26, 29, 31, 35, 39, 93, 113, 141, 207, 216  
детермінована, 21  
дискретна, 22  
знакова, 21  
імітаційна, 21  
концептуальна, 21  
математична, 24, 35, 46  
неперервана, 22  
реальна, 21  
складу системи, 22  
стохастична, 22  
чисельна, 21  
«чорного ящика», 22  
Моделювання математичне, 21, 24, 25, 28, 29,  
Мозковий штурм, 31, 33

## Н

Навантаження, 18, 56, 57, 60, 61, 62, 64, 65, 97, 107, 111, 115, 119, 120, 121, 122, 150, 149, 171, 183, 202, 207, 209, 214  
аграрне, 121  
антропогенне, 119  
індустріальне, 120  
рекреаційне, 121  
селітебне, 122, 123

*техногенне, 65, 119, 120*  
Норма, 16, 86  
*галузева, 61*  
*гранично допустима, 16, 61*  
*регіональна, 61*  
*санітарних зон, 62*  
*захисних зон, 62*  
Нормативи, 56, 57, 82, 90, 91  
*виробничо-господарські, 60*  
*гігієнічні, 58*  
*гранично допустимі, 65*  
*екологічні, 56, 57, 62, 64*  
*еколого-гігієнічні, 64*  
*еколого-захисні, 64*  
*комплексні, 61*  
*містобудівні, 60*  
*рекреаційні, 60*  
*рибогосподарські, 70*  
*санітарно-гігієнічні, 57, 72*  
*санітарно-захисні, 58*  
*сільськогосподарські, 61*  
*технологічні, 60*  
*якості, 17, 19, 56, 94*  
Нормування, 16, 56, 57, 60, 62, 63, 69, 78  
*екологічне, 57, 62*  
*науково-технічне, 57, 60*  
*санітарно-гігієнічне, 57, 71*  
*якості навколишнього природного середовища, 16, 56, 57*

## О

Освіта екологічна, 29, 218, 219, 220, 221  
Охорона середовища, 11, 49, 55, 61, 115, 128, 129, 130, 137, 154, 156, 184, 186, 212, 214, 222  
Оцінка, 12, 13, 19, 30, 38, 40, 42, 44, 49, 55, 60, 72, 76, 80, 83, 87, 91, 101, 106, 107, 110, 120, 121, 134, 146, 150, 152, 168, 186, 201, 222  
*аграрного навантаження, 121*  
*альтернатив, 40, 47*  
*впливу на навколишнє середовище (ОВНС), 11, 35, 36, 39, 42, 43, 44, 47, 48, 49*  
*екологічна (ЕО), 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48,*  
*екологічних аспектів, 50*  
*економічна, 188*  
*експертна, 31, 32, 34*  
*життєвого циклу, 141, 143, 145*  
*забруднення поверхневих вод, 82*  
*природно-рекреаційного потенціалу, 103, 121*  
*рівня екологізації, 200*  
*ступеня забрудненості території, 109*  
*якості атмосферного повітря, 76, 79, 82, 101*  
*якості геологічного середовища, 99*  
*якості ґрунтів, 71, 95, 97*

*якості міського середовища, 110*  
*якості навколишнього середовища, 12, 15, 35, 44, 55, 57, 65, 72, 112*  
*якості поверхневих вод суші, 67, 69, 71, 82, 84, 88, 90, 93, 94, 102*  
Очищення, 18, 47, 60, 114, 140, 155, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 177, 182, 184, 185, 208, 210.

## П

Підсистема, 11, 20, 22, 24, 28, 87, 89  
Піроліз, 177, 180, 181, 182  
Показник 13, 58, 61, 65, 68, 71, 74, 76, 78, 84, 85, 86, 88, 91, 95, 96, 97, 101, 105, 107, 110, 111, 113, 114, 116, 119, 139, 140, 150, 187, 188, 200, 201, 202  
*гранично допустимого забруднення (ГДЗ) атмосферного повітря, 79*  
*комплексний показник екологічного стану (КПЕС), 86, 87, 88, 93*  
*лімітуючий забруднення (ЛПЗ), 92, 93*  
Поля зрошування, 170  
Поля фільтрації, 171  
Принцип, 22, 23, 25, 27, 31, 36, 58, 62, 73, 83, 111, 133, 141, 146, 149, 157, 175, 205, 209, 215, 217  
*емерджентності, 23*  
*здійсненності Б. С. Флейшмана, 23*  
*ієрархічної організації, 23*  
*контрінтуїтивної поведінки Дж. Форрестера, 23*  
*мінімаксної побудови моделей, 23*  
*множинності моделей В. В. Налімова, 23*  
*несумісності Л. Заде, 23*  
*рекурентного пояснення властивості систем, 23*  
*системного підходу, 24*  
*системології, 22*  
*формування законів, 23*

Природно-рекреаційний потенціал, 103, 104  
Процес, 15, 18, 24, 28, 31, 34, 36, 37, 40, 42, 50, 56, 67, 69, 82, 99, 100, 102, 106, 113, 131, 138, 140, 145, 151, 155, 156, 163, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 200, 205, 206, 207, 214, 222

## Р

Ресурс, 29, 55, 61, 104, 105, 114, 115, 118, 134, 135, 138, 139, 193, 208, 214, 218, 223  
Речовина, 26, 66, 71, 72

## С

Середовище, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 22, 28, 35, 36, 38, 42, 47, 48, 57, 63, 71, 103, 107, 168, 189, 207, 208, 214  
Сертифікація, 128, 131, 133

*добровільна, 133*  
*обов'язкова, 134*  
Система, 11, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24,  
27, 28, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 48, 56, 57, 60,  
64, 69, 88, 99, 110, 113, 128, 129, 130, 132,  
133, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 146, 148,  
152, 158, 165, 166, 179, 184, 189, 193, 194,  
196, 200, 205, 206, 207, 210, 211, 212, 213,  
217, 218, 219, 220, 221, 233  
Системний підхід, 23, 24, 25  
Скоупінг, 39, 40, 41, 44  
Скринінг, 38, 39  
Сортування, 180  
Спалювання, 175, 177, 178, 185, 210, 211  
Стандарт, 14, 16, 19, 20, 63, 128, 129, 130,  
138, 149, 195, 196, 213  
*виробничо-господарський, 17*  
*галузевий, 131*  
*державний, 130*  
*екологічний, 17, 56*  
*міжнародний, 131*  
*підприємства, 131*  
Стандартизація, 128  
*екологічна, 128*

## Т

Термін окупності, 188  
Технічні умови, 132  
Туризм, 151, 211, 212, 213, 214, 215, 216  
*екологічний (ЕТ), 215, 216*

## У

Утилізація, 144, 145, 146, 149, 154, 172, 175,  
179, 206, 208

## Ф

Фактор, 11, 13, 16, 32, 64, 68, 91, 106, 122,  
131, 167, 189, 203, 205, 209, 220  
*гідрометеорологічний, 67*  
*гідрохімічним, 67*  
*фізико-географічний, 67*

## Ц

Цикл життєвий, 132, 141, 143, 144, 145, 146, ,  
205, 241

## Я

Якість, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 48, 56, 65, 66,  
67, 73, 75, 77, 82, 85, 86, 88, 91, 92, 93, 100,  
106, 111, 112, 113, 115, 122, 130, 211  
*атмосфери, 13, 65, 66, 73, 75, 77*  
*біоти, 14*  
*води, 13, 67, 82, 91*  
*геологічного середовища, 14*  
*ґрунтів, 14*  
*екологічна, 12*  
*життя, 15*  
*навколишнього середовища, 11, 12, 13,*  
*15, 17*



## **ДОДАТКИ**

## 1 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРЕНДІВ

Часовий ряд відображає інформацію про те, як у минулому розвивався процес, який досліджували. На основі цієї інформації можна зробити висновок у закономірності розвитку й напрямку цього процесу у майбутньому. Тренд (від англ. *trend* – тенденція) – це довгострокова тенденція змін часового ряду, що досліджується. Тренди можуть бути описані різними рівняннями – лінійними, логарифмічними, ступеневими і так далі. Фактичний тип тренду встановлюють на основі підбору його функціональної моделі статистичним методом або згладжуванням вихідного часового ряду. Ступінь відповідності лінії тренду даним часового ряду характеризується коефіцієнтом детермінації  $R^2$ .

### Завдання № 1

З «Екологічного паспорта N-ської області» (за варіантами до завдання 1):

1. Зібрати інформацію щодо динаміки впродовж п'яти-дев'яти років:
  - а) викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря;
  - б) скидання забруднюючих речовин у поверхневі водні об'єкти;
  - в) порушення землі та її рекультивациі;
  - г) лісовідновлення та вирубування деревини;
  - д) поширення екзогенних геологічних процесів та видобутку корисних копалин;
  - е) видової чисельності рослинного і тваринного світу та видів, що охороняються;
  - є) структури природного-заповідного фонду;
  - ж) поводження з відходами.
2. Отримані данні представити у вигляді часового ряду електронних таблиць Microsoft Office Excel.
3. Побудувати у Microsoft Office Excel лінії тренду різноманітних типів (лінійну, логарифмічну, ступеневу і так далі) – для цього спочатку побудувати за вихідними даними діаграму або графік, а після цього в діаграму додати лінію тренду з періодом прогнозу п'ять років. Відобразити рівняння тренду та значення показника коефіцієнту детермінації.
4. Використовуючи одержані рівняння лінії тренду, розрахувати значень показників на п'ять наступних років.
5. Зробити висновок щодо розвитку сценарію стосовно стану навколишнього середовища у N-ській області.

## 2 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ДЕЛЬФИ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТНОГО АНАЛІЗУ КЕРОВАНОЇ СИСТЕМИ

*Теоретична частина* – охарактеризувати основні методи неформального системного аналізу.

*Практична частина* – використати метод Дельфи для організації і проведення експертного аналізу керованої системи.

*Методичні вказівки.* Основні етапи методу Дельфи:

- 1) уточнення проблем або об'єктів для експертизи;
- 2) формування групи експертів;
- 3) розробка анкети для опитування експертів;
- 4) опитування експертів;
- 5) математичне опрацювання результатів опитування;
- 6) уточнення експертами своїх оцінок.

*Примітка.* Для формування стійкої узагальненої оцінки, етапи 4, 5, 6 можуть проводитися 3-4 рази.

## **Завдання № 2**

### *2.1 Уточнення проблем або об'єктів для експертизи.*

Формування проблеми або об'єкта експертизи проводять згідно з варіантом курсової роботи або за індивідуальним завданням викладача.

*Приклад:* Провести експертну оцінку рівня забруднення ґрунтового покриву нафтопродуктами у N-ському районі.

### *2.2 Формування групи експертів.*

Конкретний склад і чисельність групи експертів визначається характером аналізованих проблем, можливістю притягнення до експертизи компетентних спеціалістів.

Ступінь компетентності експертів можна визначити за формулою:

$$K_k = \frac{K_z + K_a}{2}, \quad (2.1)$$

де  $K_z$  – коефіцієнт ступеня знайомства експерта з проблемою;  $K_z \leq 1$ ;

$K_a$  – коефіцієнт аргументованості рішень експерта,  $K_a \leq 1$ .

Коефіцієнт ступеня знайомства  $K_z$  визначається самооцінкою експерта за десятибальною шкалою і множенням оцінки на 0,1.

Може бути використана така шкала оцінок ступеня знайомства експерта з проблемою:

- 0 балів – експерт не знайомий із проблемою;
- 1 – 3 бали – погано знайомий, але проблема входить до кола інтересів;
- 4 – 6 балів – задовільно знайомий, але практично не займається;
- 7 – 9 балів – добре знайомий і займається практично;
- 10 балів – вузький фахівець із проблеми.

Для одержання значення  $K_a$  може бути використана шкала аргументованості, наведена в табл. 1.

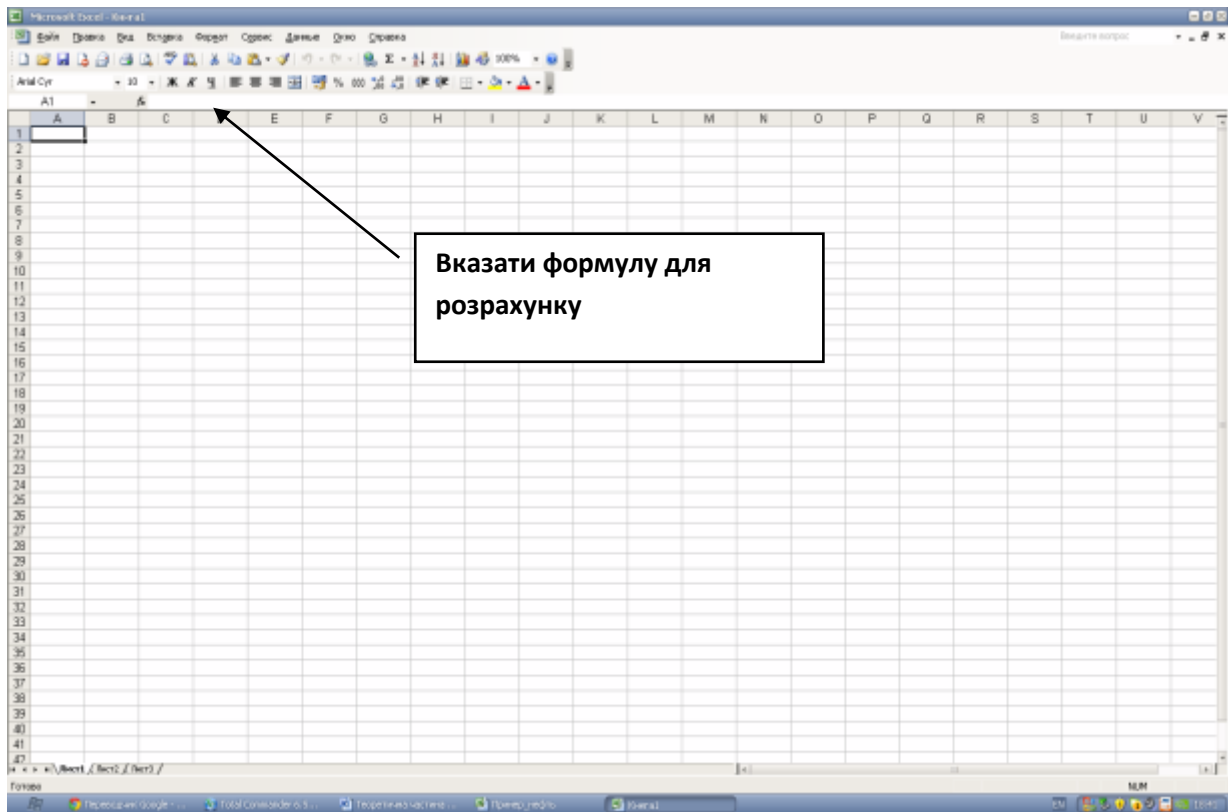
Експерт відмічає відповідну графу з кожного виду джерел, а потім числа з відзначених граф підсумовуються.

Таблиця 2.1 – Шкала оцінок аргументованості думок експертів.

Джерело аргументів	Ступінь впливу аргументів		
	високий	середній	низький
Теоретичний аналіз	0,3	0,2	0,1
Досвід	0,5	0,4	0,2
Література	0,1	0,08	0,04
Інтуїція	0,05	0,04	0,02

Якщо розрахований ступінь компетентності експертів (коефіцієнт  $K_k$ ) менший за 0,5, то такий експерт не бере участі у подальшій експертній оцінці та призначають іншого експерта.

Підчас формування групи експертів студентові необхідно обрати групу експертів серед однокурсників. Доцільна кількість експертів  $5 \leq k \leq 10$ . Усі розрахунки провести у Microsoft Office Excel, використовуючи формулу 2.1. Розділ курсової роботи обов'язково супроводжується рисунком щодо проведеного розрахунку ступеня компетентності експертів (Print Screen Copy).



Отримані значення  $K_k$  по всіх експертах групи подати у формі Excel-таблиці.

Номер експерта в групі	Коефіцієнт ступеня знайомства	Коефіцієнт аргументованості	Коефіцієнт компетентності
1			
2			
3			
4			
$n$			

Приклад розрахунку :

$$K_1 = \frac{K_s + K_a}{2} = \frac{(4 \times 0,1) + (0,2 + 0,2 + 0,1 + 0,05)}{2} =$$

$$= \frac{0,4 + 0,55}{2} = 0,475 - \text{експерта відхиляють} ;$$

$$K_2 = \frac{K_z + K_a}{2} = \frac{(6 \times 0,1) + (0,3 + 0,2 + 0,1 + 0,05)}{2} =$$

$$= \frac{0,6 + 0,65}{2} = 0,625 \text{ – експерта приймають .}$$

### 2.3 Розробка анкети для опитування експертів та опитування експертів.

При упорядкуванні анкети необхідно дотримуватися таких вимог:

- анкета не повинна містити багато питань; відповіді на питання не повинні займати багато часу;

- відповіді потрібно давати суворо в заданій шкалі оцінювання.

Доцільно застосовувати 10 або 100-бальні шкали оцінювання із невеличкою кількістю градацій, кожна градація повинна бути однозначно описана.

*Необхідно:*

а) розробити анкету для опитування експертів. Кількість питань (критеріїв) повинна бути більша, ніж кількість експертів ( $C > k$ );

б) розробити опис градації бальної оцінки.

*Приклад анкети:*

<b>АНКЕТА</b>
<p>Як на Вашу думку, буде забруднена земельна ділянка нафтопродуктами навколо таких промислових об'єктів:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нафтопереробний завод.</li> <li>2. Нафтова свердловина, що перебуває в бурінні.</li> <li>3. Нафтовидобувна свердловина, що перебуває в експлуатації (станок-качалка).</li> <li>4. Газова свердловина, що знаходиться в бурінні.</li> <li>5. Газовидобувна свердловина, що знаходиться в експлуатації (фонтанна свердловина).</li> <li>6. Магістральний нафтопровід.</li> <li>7. Магістральний газопровід.</li> <li>8. Газорозподільна станція (ГРС).</li> <li>9. Автотранспортне підприємство.</li> <li>10. Станція технічного обслуговування автомобілів.</li> <li>11. Автозаправна станція.</li> <li>12. Автогазозаправна станція.</li> <li>13. Залізнична станція.</li> <li>14. Аеропорт.</li> <li>15. Автовокзал.</li> </ol>

Опис градацій бальних оцінок:

- 0 балів – територія не забруднена;

- 1-50 балів – територія слабо забруднена, рівень фону до 0,4 ГДК;

- 60-80 балів – територія забруднена, вище фону, 0,4-1,0 ГДК;

- 90-100 балів – територія сильно забруднена, вище 1,0 ГДК.

### 2.4 Опитування експертів.

Опитування експерта, як правило, проводять анонімно.

Студентові необхідно провести опитування експертів. Експерти у анкеті виставляють відповідні оцінки для кожного з критерію за відповідною градацією.

Всі оцінки, отримані в ході опитування групи експертів, зводять у матрицю:

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_{m1} & C_{m2} & \dots & C_{mn} \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

При цьому деяких з оцінок може не бути, якщо експерт утримався від оцінювання якогось чинника.

*Необхідно:*

1) провести опитування експертів щодо вирішення поставленої проблеми за запропонованою градацією бальних оцінок;

2) у Microsoft Office Excel використовуючи (2.2), скласти матрицю бальних оцінок для подальшого розрахунку за прикладом:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Ознака критерію	Номер критерію	Експерти					
2			1	2	3	4	5	6
3	Нафтопереробний завод	1	80	90	80	70	90	100
4	Нафтова свердловина, що знаходиться в бурінні	2	70	80	80	80	90	60
5	Нафтовидобувна свердловина, що знаходиться в експлуатації (станок-качалка)	3	70	60	50	50	80	50
6	Газова свердловина, що знаходиться в бурінні	4	60	70	60	50	60	50
7	Газовидобувна свердловина, що знаходиться в експлуатації (фонтанна свердловина)	5	40	50	50	60	40	40
8	Магістральний нафтопровід	6	50	50	60	70	50	50
9	Магістральний газопровід	7	30	20	30	40	20	20
10	Газорозподільна станція (ГРС)	8	10	10	20	10	20	30
11	Автотранспортне підприємство	9	50	70	50	40	60	40
12	Станція технічного обслуговування автомобілів	10	20	30	30	30	40	50
13	Автозаправна станція	11	10	20	10	10	10	20
14	Автогазозаправна станція	12	0	0	0	10	0	10
15	Залізнична станція	13	40	50	60	40	40	30
16	Аеропорт	14	20	50	20	30	50	20
17	Автовокзал	15	10	20	20	10	30	10
18								

### 2.5 Математичне опрацювання результатів опитування та уточнення експертами своїх оцінок.

Для кожного критерію у Microsoft Office Excel необхідно обчислити:

а) суму оцінок наданих експертами ( $C_j$ ) за формулою:

Узагальнену оцінку важливості чинника обчислюють за формулою:

$$C_j = \sum_{i=1}^{m_j} C_{ij}, \quad (2.3)$$

де  $C_{ij}$  – оцінка в балах, дана  $i$ -м експертом  $j$ -му критерію ( $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ );

$m_j$  – кількість експертів, які оцінили  $j$ -й критерій.

б) середній бал, або узагальнену оцінку прогнозного критерію, який розраховують за формулою:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} c_{ij}}{m_j}, j = 1, n, \quad (2.4)$$

де  $M_j$  – узагальнена оцінка важливості  $j$ -го критерію.

в) сума рангів оцінок, отриманих кожним критерієм, дорівнює:

$$S_j = \sum_{i=1}^{m_1} R_{ij}, j = 1, n, \quad (2.5)$$

де  $R_{ij}$  – ранг оцінки  $C_{ij}$ .

Ранг  $R_{ij}$  визначають у такий спосіб:

- якщо оцінку  $C_{ij}$  експерт не поставив, то вважають, що  $C_{ij} = M_j$ ;
- всі оцінки  $i$ -го експерта, що він виставив  $n$  чинникам, упорядковують за зменшенням розміру оцінки і нумеруються від 1 до  $n$ ;
- серед пронумерованих оцінок виявляються однакові оцінки, кожній із яких присвоюють однаковий ранг, рівний середньому арифметичному номерів оцінок;
- ранги інших оцінок рівні номерам оцінок.

Сума рангів  $S_j$  може бути обчислена після того, як проранжовані оцінки всіх експертів. Очевидно, що чим важливіший чинник, тим менша відповідна йому сума рангів.

г) визначити ступінь погодженості думок експертів (ступінь відхилення оцінок), даних кожним експертом від узагальненої, або середньої оцінки. Для цього визначають коефіцієнт варіації  $V_j$  оцінок, даних кожному чиннику:

$$V_j = \frac{\sigma_j}{M_j}, \quad (2.6)$$

де  $\sigma_j$  – середньоквадратичне відхилення оцінок  $j$ -го критерію, який обчислюють за формулою:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m_j} (C_{ij} - M_j)^2}{m_j}}. \quad (2.7)$$

Чим менше значення  $V_j$ , тим вища узгодженість думок експертів, ближча до об'єктивної істини. Сукупність вважають однорідним, якщо коефіцієнт варіації не перевищує 33 %.

*Необхідно:*

- 1) у Microsoft Office Excel використовуючи (2.3-2.6), розрахувати результати опитування. За необхідності провести уточнення експертами своїх оцінок;
- 2) розрахувати ступінь узгодженості думок експертів;
- 3) зробити висновок щодо проведеного експертного аналізу.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Експерти	Критерій																
2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
3	1	80	70	70	60	40	50	30	10	50	20	10	0	40	20	10		
4	2	90	80	60	70	50	50	20	10	70	30	20	0	50	50	20		
5	3	80	80	50	60	50	60	30	20	50	30	10	0	60	20	20		
6	4	70	80	50	50	60	70	40	10	40	30	10	10	40	30	10		
7	5	90	90	80	60	40	50	20	20	60	40	10	0	40	50	30		
8	6	100	60	50	50	40	50	20	30	40	50	20	10	30	20	10		
9	$C_j$	510,0	460,0	360,0	350,0	280,0	330,0	160,0	100,0	310,0	200,0	80,0	20,0	260,0	190,0	100,0		
10	$M_j$	85,0	76,7	60,0	58,3	46,7	55,0	26,7	16,7	51,7	33,3	13,3	3,3	43,3	31,7	16,7		
11	$\sigma_j$	550,0	533,3	800,0	283,3	333,3	350,0	333,3	333,3	683,3	533,3	133,3	133,3	533,3	1083,3	333,3		
12	$I_j$	6,5	7,0	13,3	4,9	7,1	6,4	12,5	20,0	13,2	16,0	10,0	40,0	12,3	34,2	20,0		
13	Експерти	Ранги критеріїв																
14	1	15	13	13	12	8	10	7	2	10	5	2	1	8	5	2		
15	2	15	14	11	12	7	7	3	2	12	6	3	1	7	7	3		
16	3	14	14	8	11	8	11	6	3	8	6	2	1	11	3	3		
17	4	13	15	10	10	12	13	7	1	7	5	1	1	7	5	1		
18	5	14	14	13	11	6	9	3	3	11	6	2	1	6	9	5		
19	6	15	14	10	10	8	10	3	6	8	10	3	1	6	3	1		
20	$S_j$	86	84	65	66	49	60	29	17	56	38	13	6	45	32	15		

## ВАРІАНТИ ДЛЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

№ варіанту	Завдання № 1	Завдання № 2
		Адміністративна одиниця
1	Вінницька область	Забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств
2	Волинська область	Забруднення атмосферного повітря викидами пересувних джерел
3	Дніпропетровська область	Забруднення поверхневих вод поверхнево-активними речовинами
4	Донецька область	Забруднення поверхневих вод нафтопродуктами
5	Житомирська область	Забруднення поверхневих вод фосфатами
6	Закарпатська область	Забруднення ґрунтових вод нафтопродуктами
7	Запорізька область	Вплив АЕС на стан навколишнього середовища
8	Івано-Франківська область	Вплив малих ГЕС на стан навколишнього середовища
9	Київська область	Вплив ГЕС на стан навколишнього середовища
10	Кіровоградська область	Вплив сонячних електростанцій на стан навколишнього середовища
11	Луганська область	Вплив вітряних електростанцій на стан навколишнього середовища
12	Львівська область	Вплив біоелектростанцій на стан навколишнього середовища
13	Миколаївська область	Вплив військових дій на стан навколишнього середовища
14	Одеська область	Вплив тваринних комплексів на стан навколишнього середовища
15	Полтавська область	Вплив магістральних нафтопроводів на стан навколишнього середовища



16	Рівненська область	Вплив станцій стільникового зв'язку на стан навколишнього середовища
17	Сумська область	Вплив об'єкта природно-заповідного фонду на стан навколишнього середовища
18	Тернопільська область	Вплив залізничного транспорту на стан навколишнього середовища
19	Харківська область	Вплив автомобільного транспорту на стан навколишнього середовища
20	Херсонська область	Вплив туристичної діяльності на стан навколишнього середовища Чорноморського узбережжя
21	Хмельницька область	Вплив туристичної діяльності на стан навколишнього середовища Карпатського регіону
22	Черкаська область	Вплив відкритих гірських розробок (кар'єрів корисних копалин) на стан навколишнього середовища
23	Чернівецька область	Вплив підземних гірських розробок (шахти) на стан навколишнього середовища
24	Чернігівська область	Вплив берегоукріплювальних робіт та розчисток русел гірських річок на стан навколишнього середовища
25	АР Крим	Вплив несанкціонованого вибору піщано-гравійної сміши з русел річок на стан навколишнього середовища
26	м. Київ	Проблема або об'єкт експертизи, якій запропонований студентом самостійно

## ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ ПРОДУКЦІЇ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ПРОТЯГОМ ВСЬОГО ЇЇ ЖИТТЕВОГО ЦИКЛУ

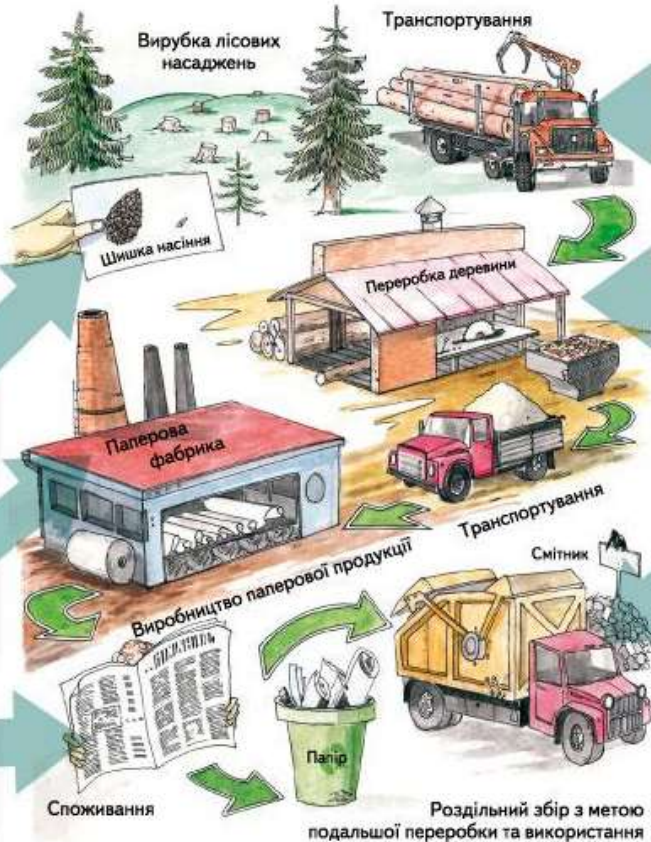


Знак екологічного маркування підтверджує екологічну якість товарів та послуг на підставі оцінки життєвого циклу продукції із врахуванням її придатності до вторинної переробки та / або використання вторинної сировини для виготовлення цієї продукції.

Під час видобування та переробки сировини порушуються унікальні природні ландшафти, виснажуються ресурси, порушуються екосистеми, забруднюються атмосфера, повітря, ґрунт.

Процес виробництва відбувається з використанням електроенергії, під час отримання якої витрачаються природні копалини, забруднюються довкілля.

При виробництві та споживанні продукції виникає велика кількість відходів, які накопичуються на сміттєзвалищах, площа яких з кожним роком зростає.



Під час транспортування та зберігання продукції навколишнє середовище потерпає від википних газів, втрати пального та продуктів згоряння, тощо.

Фабрики та заводи забруднюють атмосферу та викидають у водойми стічні води. Нам доводиться дихати забрудненим повітрям та аживати недостатньо чистою водою.

Значна частина сміття може використовуватися повторно. Вторинна переробка – справа цілком доступна і необхідна. Для цього потрібно лише сортувати сміття, викидаючи різні його види у відповідні контейнери (окремо скло, папір, пластик, метал тощо) з метою його подальшої переробки.

Для інформування споживача про те, що продукція виготовлена із вторинної сировини та придатна до подальшої переробки існують позначення:



### Життєвий цикл продукції

Рисунок Б.1 – Життєвий цикл паперу.



Навчальне видання

**Сафранов Тамерлан Абісалович**  
**Адаменко Ярослав Олегович**  
**Приходько Вероніка Юріївна**  
**Шаніна Тетяна Петрівна**  
**Чугай Ангеліна Володимирівна**  
**Колісник Алла Вікторівна**

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА**

**(Підручник)**

Підп. до друку  
Умовн.друк.арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам.№

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016 Одеса, вул. Львівська, 15

---