

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДАУС М. Є., ЗАХАРОВА М. В., КАТИНСЬКА І. В.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Конспект лекцій

Одеса  
Одеський державний екологічний університет  
2020

УДК 502.3

Д21

Рекомендовано методичною радою Одеського державного екологічного університету  
Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій (протокол № 8 від 29.05.2014 р.)

**Даус М.Є., Захарова М.В., Катинська І.В.**

Технології захисту довкілля: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2014. 422 с.

В конспекті лекцій висвітлені основні теоретичні, наукові, методологічні та практичні основи вибору, обґрунтування, проектування й випробування сучасних методів, технологій, обладнання в сфері захисту атмосфери, охорони водних ресурсів і земель.

Конспект лекцій призначається для студентів, які навчаються за спеціальністю «Прикладна екологія та збалансоване природокористування» (за галузями) денної та заочної форм навчання.

**ISBN 978-966-186-009-3**

© Даус М.Є., Захарова М.В., Катинська І.В., 2014  
© Одеський державний екологічний університет, 2020

## ЗМІСТ

	Стор
<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	8
<b>1 ПРАВОВІ ОСНОВИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ВИРОБНИЧІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ</b> .....	9
<b>1.1 Нормативно-правові основи регулювання впливу виробничої діяльності на довкілля</b> .....	9
<i>1.1.1. Порівняльний аналіз національного та міжнародного законодавства, нормативів і стандартів Європейського Союзу у сфері охорони атмосферного повітря, водних ресурсів і земель</i> .....	9
<b>1.2 Розробка документації на стадії створення проектів з охорони навколишнього середовища</b> .....	38
1.2.1 Загальні положення .....	38
1.2.2 Структура і склад розділу ОВНС .....	42
1.2.3 Особливості врахування вимог Державних будівельних норм (ДБН) щодо розробки розділів оцінки впливу на клімат і атмосферне повітря .....	45
1.2.4 Розробка документації на стадії створення проектів з охорони навколишнього середовища (підрозділ з охорони водного середовища) .....	46
1.2.5 Розробка документації на стадії створення проектів з охорони навколишнього середовища (підрозділу з охорони геологічного середовища й охорони ґрунтів) .....	48
1.2.6 Аналіз впливу пріоритетних і специфічних забруднювальних речовин, що містяться у викидах об'єктів планованої діяльності з урахуванням фонових концентрацій у границях зон впливу цих об'єктів.....	54
1.2.7 Розробка обґрунтовуючих документів для отримання дозволів на викиди.....	66
1.2.8 Оцінка забруднення атмосферного повітря підприємствами галузі за несприятливих метеорологічних умов (НМУ) .....	73
1.2.9 Аналіз характеристики шуму від об'єкта планованої діяльності: розрахункові рівні; обґрунтування заходів щодо зменшення шуму; обґрунтування вимог до шумозахисних заходів .....	78
1.2.10 Аналіз впливу теплового забруднення, електромагнітних і іонізуючих випромінювань, а також обґрунтування заходів щодо їх попередження або зменшення	82
<b>1.3 Методологія проведення випробувань новітніх технічних засобів й технологій захисту довкілля</b> .....	88

1.3.1	<i>Методологія проведення випробувань новітнього обладнання</i> .....	88
1.3.2	<i>Методи підвищення ефективності роботи технічних засобів</i> .....	96
<b>2.</b>	<b>СУЧАСНІ ПІДХОДИ, НОВІТНІ МЕТОДИ Й ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ</b> .....	101
<b>2.1</b>	<b>Теоретичні та технологічні аспекти впливу виробничої діяльності на стан забруднення атмосфери</b> .....	101
2.1.1	<i>Особливості утворення забруднювальних речовин в галузевих технологічних процесах і пристроях</i> .....	101
2.1.2	<i>Концепція «джерела забруднення» атмосфери</i> .....	107
2.1.3	<i>Основи формування твердих, рідких, паро- і газоподібних забруднень атмосфери</i> .....	113
2.1.4	<i>Властивості забруднювачів газових викидів у галузі</i> ..	116
<b>2.2</b>	<b>Новітні методи та технології очищення газопилових викидів промислових підприємств (за галузями)</b> .....	121
2.2.1	<i>Основні напрями та методи захисту атмосфери</i> .....	121
2.2.2	<i>Класифікація і властивості аерозолів, процеси, що протікають в них</i> .....	126
2.2.3	<i>Методи очищення промислових газів від аерозолів</i> .....	128
2.2.4	<i>Сучасні методи та апарати очищення промислових викидів під дією сили гравітації, інерції, відцентрових сил, фільтрацією та електрофільтрацією</i> .....	129
2.2.5	<i>Адсорбційні та абсорбційні методи очищення газів, методи каталітичного та термокаталітичного знешкодження</i> .....	139
2.2.6	<i>Порівняльний аналіз методів очищення та роботи пилогазоочисного обладнання</i> .....	153
2.2.7	<i>Паспортизація пилогазоочисного обладнання</i> .....	158
<b>2.3</b>	<b>Сучасні перспективні технології та обладнання захисту атмосфери</b> .....	161
2.3.1	<i>Екологічні аспекти при проектуванні та випробуваннях сучасних технологій захисту атмосфери</i> .....	161
2.3.2	<i>Перспективні методи, технології захисту атмосфери (за галузями), що відповідають сучасному розвитку новітніх технологій</i> .....	165
2.3.3	<i>Удосконалення процесів і апаратів для пилогазоочищення: режимна інтенсифікація, конструктивно-технологічне удосконалювання, багатоступінчасте очищення</i> .....	170
2.3.4	<i>Тенденції зміни вимог нормативних документів до рівня очищення забрудненого повітря, порівняльний аналіз</i> .....	173

<b>3</b>	<b>СУЧАСНІ ПІДХОДИ, НОВІТНІ МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ</b>	180
3.1	<b>Інженерні методи охорони вод</b>	180
3.1.1	<i>Схеми використання води на промислових підприємствах</i>	180
3.1.2	<i>Системи раціонального використання вод на промислових підприємствах галузі (оборотні системи водоспоживання, системи послідовного водоспоживання, замкнуті системи водоспоживання)</i>	189
3.1.3	<i>Удосконалення технологічних і виробничих процесів галузі у напрямку скорочення надходження забруднень у водні об'єкти</i>	192
3.1.4	<i>Сучасні технології, споруди й обладнання водогосподарського комплексу та шляхи застосування їх у галузі</i>	196
3.2	<b>Сучасні методи й технології очищення стічних вод</b>	206
3.2.1	<i>Механічне очищення стічних вод</i>	211
3.2.2	<i>Фізичне очищення стічних вод</i>	216
3.2.3	<i>Фізико-механічне очищення стічних вод – застосування процесів флоатації, іонного обміну, зворотного осмосу та ультрафільтрації в галузі. Сучасні перспективні інженерно-технологічні рішення, типи та конструкції обладнання</i>	220
3.2.4	<i>Хімічне очищення стічних вод</i>	226
3.2.5	<i>Фізико-хімічне очищення стічних вод. Сучасні перспективні інженерно-технологічні рішення, типи та конструкції обладнання</i>	230
3.2.7	<i>Біологічні та біохімічні методи очищення стічних вод</i>	236
3.2.8	<i>Технології та обладнання утилізації осадів біохімічного очищення стічних вод</i>	243
3.3	<b>Врахування екологічних аспектів при проектуванні та експлуатації водоохоронних технологій</b>	244
3.3.1	<i>Розробка документації на стадії наукової еколого-експертної оцінки ситуації (вплив об'єкту експертизи на водне середовище)</i>	244
3.3.2	<i>Методи підвищення ефективності роботи водоохоронних технологій</i>	255
<b>4</b>	<b>СУЧАСНІ ПІДХОДИ, НОВІТНІ МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ</b>	259
4.1	<b>Теоретичні та технологічні аспекти впливу господарської діяльності на стан земель</b>	259
4.1.1	<i>Вплив діяльності людського суспільства на геологічне середовище</i>	259

4.1.2. Джерела виникнення небезпечних явищ негативно впливаючих на стан земель .....	260
4.1.3. Вплив господарської діяльності на ґрунт .....	261
4.1.4. Вплив екзогенних процесів на стан земель .....	266
<b>4.2 Сучасні перспективні технології та обладнання в сфері охорони земель .....</b>	<b>269</b>
4.2.1. Методи та технології захисту земель від промислового забруднення й екзогенних впливів в галузі .....	269
4.2.2. Протиерозійні методи захисту земель та протиерозійна організація території .....	272
4.2.3. Польова гідрографічна мережа .....	279
4.2.4. Меліоративні технології, системи гідромеліорації земель .....	283
4.2.5. Зрошувальні системи .....	292
4.2.6. Лісомеліоративні заходи .....	295
4.2.7. Залуження та заліснення земель .....	302
4.2.8. Консервація деградованих, малопродуктивних і техногенно забруднених земель .....	303
4.2.9. Порушення та рекультивация земель .....	305
4.2.10. Технології захисту земель від шкідливої дії вод .....	309
<b>5. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ВПЛИВУ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ .....</b>	<b>316</b>
<b>5.1. Сучасні методи комплексної оцінки та контролю якості й стану компонентів довкілля .....</b>	<b>316</b>
5.1.1 Методики аналізу навколишнього природного середовища .....	316
5.1.2. Сучасні методи, прилади та контрольні-вимірвальна апаратура для проведення спостережень і здійснення контролю якості й стану атмосфери .....	333
5.1.3. Сучасні методи, прилади та контрольні-вимірвальна апаратура для проведення спостережень і здійснення контролю якості й стану водних екосистем .....	343
5.1.4. Сучасні методи, прилади та контрольні-вимірвальна апаратура для проведення спостережень і здійснення контролю якості ґрунтів .....	355
<b>5.2. Сучасні методи оцінювання промислового впливу на стан і якість атмосферного повітря, водних об'єктів та земельних ресурсів .....</b>	<b>364</b>
5.2.1. Методи критеріальної оцінки стану атмосфери .....	364
5.2.2. Методи критеріальної оцінки стану водних екосистем .....	367
5.2.3. Методи критеріальної оцінки якості ґрунту .....	370

5.2.4. Біоіндикація, її різновиди, методи реалізації та методи аналізу результатів.....	377
<b>6. ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ.....</b>	<b>387</b>
<b>6.1. Оптимізація технологій захисту довкілля.....</b>	<b>387</b>
6.1.1. Техніко-технологічні аспекти експлуатації систем захисту навколишнього середовища.....	387
6.1.2. Ефективність та надійність експлуатації пилогазоочисного обладнання.....	389
6.1.3. Ефективність та надійність експлуатації водоочисного обладнання.....	391
6.1.4. Ефективність та надійність експлуатації ґрунтозахисних систем.....	395
6.1.5. Оптимізація режимів технологічних процесів, пов'язаних з екологічною безпекою на підприємстві.....	398
<b>6.2. Оптимізація еколого-економічної ефективності заходів захисту атмосфери, водоохоронних та ґрунтозахисних технологій.....</b>	<b>401</b>
6.2.1. Структуризація еколого-економічних показників виробництва.....	401
6.2.2. Еколого-економічна оцінка виробничих процесів.....	411
6.2.3. Еколого-технологічні та економічні наслідки застосування прийнятних рішень в сфері захисту атмосфери, охорони водних об'єктів і земель.....	415
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>420</b>

## ПЕРЕДМОВА

Конспект лекцій складений відповідно до програми курсу «Технології захисту довкілля», який входить до складу дисциплін з підготовки фахівців та магістрів за спеціальністю «Прикладна екологія та збалансоване природокористування» – фаховий шифр 7.04010602, 8.04010602.

В дисципліні «Технології захисту довкілля» розглядаються правові основи, технологічні та виробничі аспекти впливу на довкілля, сучасні підходи, новітні методи й технології захисту атмосфери, охорони та відновлення водних екосистем, технології охорони земель, методи контролю та оцінювання промислового впливу на стан довкілля, оптимізація та еколого-економічна оцінка технологій захисту довкілля.

Метою дисципліни «Технології захисту довкілля» є забезпечення студентів необхідним об'ємом теоретичних, наукових знань та практичних навичок, що спрямовані на захист атмосферного повітря від забруднення шкідливими речовинами із застосуванням сучасних технологій та пилогазоочисного обладнання; вирішення питань раціонального промислового водопостачання й водовідведення, розробку систем і технологічних схем очищення виробничих стічних вод, що забезпечують охорону та відновлення водних екосистем; захист земель від промислового забруднення й екзогенних впливів.

Загальний обсяг навчального часу визначається робочим навчальним планом та становить 216 годин.

Вивчення дисципліни «Технології захисту довкілля» ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні таких дисциплін навчального плану освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр як «Техноекологія», «Моніторинг довкілля», «Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище», «Моделювання та прогнозування стану довкілля», «Екологічна безпека» та ін., знання одержані в результаті вивчення цієї дисципліни будуть використовуватися у вивченні інших дисциплін, що передбачені навчальним планом – «Поводження з відходами в галузі», «Збалансоване природокористування в галузі», у дипломному проектуванні та ін.



# **1 ПРАВОВІ ОСНОВИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ВИРОБНИЧІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ**

## **1.1 Нормативно-правові основи регулювання впливу виробничої діяльності на довкілля**

*1.1.1. Порівняльний аналіз національного та міжнародного законодавства, нормативів і стандартів Європейського Союзу у сфері охорони атмосферного повітря, водних ресурсів і земель*

### ***Співпраця між ЄС та Україною: загальні відомості***

Стосунки між Україною та Європейським Союзом були встановлені у грудні 1991 року, коли Міністр закордонних справ Нідерландів – країни, що на той час головувала у ЄС – від імені Союзу офіційно визнав незалежність України.

Європейська інтеграція є головним та неворотним пріоритетом зовнішньої політики України. У своєму Зверненні до Верховної Ради України в липні 2002 р. Президент України визначив європейську інтеграцію економічною та соціальною стратегією України на наступні десять років. Завдання України, спрямоване на консолідацію європейських цінностей та стандартів у політичну, економічну та соціальну сфери вважається запорукою її стабільного й сталого розвитку. Метою Уряду України є подання заявки на асоційоване членство у ЄС у 2007 році та виконання всіх обов'язкових для України умов для подання заявки на вступ до ЄС до 2011 року.

Україна та ЄС активно співпрацюють в напрямку вступу України до СОТ. ЄС підтримує Україну у її багатосторонніх та двосторонніх переговорах в рамках приєднання до СОТ. У 2003 році був підписаний двосторонній Протокол про доступ на ринки товарів і послуг в рамках СОТ.

ЄС – найбільший донор України. Починаючи з 1991 року, загальна сума допомоги, наданої ЄС Україні в рамках програми Тасіс, перевищила 1 мільярд євро.

### ***Угода про партнерство та співробітництво (УПС)***

У липні 1994 р. між Україною та ЄС було укладено Угоду про партнерство та співробітництво (УПС), яка набула чинності 1 березня 1998 р. Вона складає правове підґрунтя стосунків між ЄС та Україною, й була укладена на початковий термін у 10 (років). Вона визначила цілі співпраці у 28 сферах, в тому числі, у галузі охорони природного середовища.

На сьогодні існують 7 пріоритетних сфер співпраці між ЄС та Україною: (1) енергетика, торгівля та інвестиції, (2) питання юстиції та внутрішніх справ, (3) гармонізація законодавства України до

законодавства ЄС, (4) охорона довкілля, (5) транспорт, (6) транскордонне співробітництво, та (7) співпраця у галузі науки, технології та космічних досліджень.

Стаття 51 УПС визначає наближення діючого та майбутнього законодавства України до законодавства ЄС важливою передумовою зміцнення економічних зв'язків між Україною та ЄС: «Україна зобов'язується забезпечити поступове приведення її законодавства у відповідність з законодавством Співтовариства». Починаючи з кінця 2002 р., Україна, з допомогою ЄС, намагається зміцнити структури, спланувати свій підхід до визначення цілей та завдань з виконання програми законодавчого наближення. Для цього був розроблений проект матриці показників ефективності наближення законодавства України до законодавства ЄС, покликаний сприяти встановленню пріоритетів та визначенню результативності.

Відповідно до УПС для нагляду за виконанням Угоди була створена Рада з питань співпраці між Україною та ЄС. В рамках саммітів проходять переговори на найвищому рівні. Засідання Ради відбуваються на рівні міністрів не рідше одного разу на рік. У виконанні Радою з питань співпраці між Україною та ЄС її обов'язків допомагає Комітет з питань співпраці між Україною та ЄС, до складу якого входять представники Ради ЄС, Європейської Комісії та Уряду України. До структури комітету входять 4 підкомітети та 3 робочі групи.

Співпраця у сфері довкілля здійснюється у рамках Підкомітету з питань транспорту, енергетики, співпраці у сфері громадянського суспільства та ядерної енергетики, захисту довкілля, науки, освіти та технологій, а також Робочої групи з питань змін клімату. Основними сферами співпраці сьогодні є зміни клімату та очищення води вздовж річки Дунай та Чорного моря. Також відбувається співпраця у сфері гармонізації екологічного законодавства України з законодавством ЄС, в тому числі прийняття «acquis communautaire», доступ до інформації та багатосторонні угоди з питань довкілля.

### ***Європейська політика сусідства (ЄПС)***

Метою цієї політики ЄС є поширення переваг розширення ЄС у 2004 році на сусідні країни з метою підвищення стабільності, безпеки та добробуту усіх, кого це стосується. Вона пропонує сусіднім країнам можливість брати участь у різних заходах ЄС завдяки поглибленню політичного, економічного та культурного співробітництва, а також співпраці у галузі національної безпеки. ЄПС також допоможе досягти однієї зі стратегічних цілей, визначених Європейським Союзом у «Стратегії європейської безпеки» в грудні 2003 р., а саме підвищення безпеки у сусідніх країнах.

Метод полягає у тому, аби, через партнерство з сусідніми країнами, визначити перелік пріоритетних завдань, виконання яких наблизить ці

країни до Європейського Союзу. Ці пріоритети увійдуть до спільно погоджених Планів дій, покриваючи декілька основних сфер, що потребують конкретних дій: політичний діалог та реформа; торгівля та заходи підготовки партнерів до поступового набрання частки на внутрішньому ринку ЄС; юстиція та внутрішні справи; енергетика, транспорт, інформаційне суспільство, довкілля, науково-дослідницька та інноваційна діяльність; соціальна політика, та контакти між людьми.

У 2004 році був завершений офіційний документ «Стратегія ЄПС», який визначав принципи та сферу впровадження цієї політики, Плани дій як процес визначення сфер співпраці між ЄС та сусідніми державами та прийняття зобов'язань щодо дій, а також наявні інструменти впровадження цієї політики.

2004 року в рамках ЄПС був виданий Звіт по країні (Україні) для оцінки стану двосторонніх відносин між ЄС та Україною, результатів виконання Угоди про партнерство та співробітництво (УПС), а також для опису поточного стану у вибраних сферах, які становлять особливий інтерес для такого партнерства, переважно на політичному, економічному та суспільному рівні. Цей звіт містить основні настанови щодо підготовки планів спільних дій, а також може слугувати основою для оцінки перспектив стосунків між ЄС та Україною.

У лютому 2005 року Рада з питань співпраці між ЄС та Україною ухвалила План дій «Україна-ЄС». Він охоплює трирічний період й допоможе виконати умови, визначені в Угоді про партнерство та співробітництво (УПС).

Цей План дій стимулюватиме та підтримуватиме зусилля України щодо подальшої інтеграції у європейські економічні та соціальні структури, в тому числі, подальшу економічну інтеграцію через Зону вільної торгівлі «ЄС-Україна» після набуття Україною членства у СОТ. Впровадження Плану дій дозволить значно прискорити наближення законодавства, норм і стандартів України до законодавства, норм і стандартів Європейського Союзу.

Розділ «Довкілля» цього першого Плану дій включає набір кроків, покликаних забезпечити встановлення та впровадження умов розумного управління в сфері довкілля, перелік активних заходів, спрямованих на запобігання погіршенню стану навколишнього середовища, захист здоров'я людини, забезпечення раціонального використання природних ресурсів згідно з зобов'язаннями, взятими на себе під час Йоганнесбурзького самміту, а також заходи, спрямовані на зміцнення співпраці з екологічних питань.

Нижче наведені відповідні основні віхи у стосунках між ЄС та Україною:

- У 1993 році Україна приєдналася до процесу «Довкілля для Європи», та взяла участь у Конференції на рівні міністрів у Люцерні

(Швейцарія). Прийнята на конференції «Програма охорони довкілля для Центральної та Східної Європи» була використана Україною для ухвалення її Національного Плану заходів щодо навколишнього середовища (ДПЗНС);

- У 1998 році UNECE вирішила скликати 5-ту Пан-європейську конференцію міністрів з охорони навколишнього середовища в 2003 році у Києві. З допомогою ПРООН та інших донорських агенцій український уряд підготував цю конференцію та продемонстрував свою роль у охороні довкілля. З цієї нагоди Уряд підготував «Національну доповідь України з гармонізації життя суспільства та навколишнього природного середовища», яка включає огляд стану довкілля в Україні, в тому числі рамкову екологічну політику та стратегії переходу до сталого розвитку;

- У 1999 році Україна взяла участь у 6-ій сесії Комітету Європейської Комісії з питань екологічної політики, присвяченій подальшому розвитку процесу «Довкілля для Європи» через оцінку поточного стану довкілля у Європі, розбудову політичної підтримки екологічних цілей серед держав ЄС, сприяння інтеграції екологічних політик країн СНД та надання допомоги останнім у вирішенні екологічних проблем;

- У 1999 році Уряд України та Комітет UNECE з питань екологічної політики прийняли рекомендації, представлені в «Огляді ефективності заходів щодо охорони довкілля в Україні». Цей Огляд містив «Главу 1. Правові інструменти та інституційні засоби захисту природного навколишнього середовища», яка представляла собою огляд правових та політичних засад діяльності в екологічній сфері, існуючих засобів управління захистом довкілля, а також існуючі партнерські процеси та відповідні рекомендації.

#### ***Політика ЄС щодо довкілля***

Діяльність Співтовариства щодо охорони довкілля почалася у 1972 році ухваленням кількох послідовних програм дій, заснованих на вертикальному та галузевому підходах до вирішення екологічних проблем. Важливим кроком стало підписання Амстердамського договору (1999), у якому закріплений принцип сталого розвитку як одна з цілей Європейського Співтовариства, а високий рівень екологічного захисту визначений як один з абсолютних пріоритетів ЄС.

Генеральний Директорат (ГД) з питань довкілля є підрозділом Європейської Комісії, який готує законодавство та політику Європейського Союзу щодо вирішення екологічних проблем та забезпечує виконання державами-членами узгоджених дій щодо цього. Цей ГД є одним з 36 генеральних директоратів та спеціалізованих служб, з яких структурно складається Європейська Комісія. Він розташований переважно в Брюсселі й налічує у своєму штаті близько 550 працівників.

Перш ніж видати законопроект, ГД з питань довкілля проводить

різнопланові консультації з представниками урядів, екологічних НУО, промислових галузей, груп, які мають специфічні інтереси, та (якщо це необхідно) з технічними експертами. При підготовці своїх пропозицій він бере до уваги нерідко конкуруючі інтереси зацікавлених сторін. Комісія подає законодавчі пропозиції на розгляд до Ради Міністрів та Європейського Парламенту, а потім ці три інституції спільно працюють над остаточною версією документу.

Починаючи з 1972 року, Співтовариство ухвалило близько 300 законодавчих актів, що переважно стосувалися обмеження забруднення довкілля шляхом впровадження стандартів мінімізації викидів, зокрема у сфері поводження з відходами, забруднення водних ресурсів та атмосферного повітря. Однак впровадження такої законодавчої бази саме по собі не змогло запобігти забрудненню навколишнього середовища. Стала очевидною абсолютна необхідність узгоджених дій в цьому напрямі на європейському та світовому рівні.

### ***Програми дій Співтовариства***

П'ята Програма дій Співтовариства у галузі довкілля під назвою «Шляхом до сталості» запровадила принципи європейської стратегії добровільних заходів на період з 1992 по 2000 рр. та відзначила собою початок «горизонтального» підходу Співтовариства, який брав до уваги усі випадки забруднення (промислового, енергетичного, туристичного, транспортного, сільськогосподарського тощо). Цей комплексний підхід до екологічної політики був підтверджений Комісією у її Повідомленні 1998 р. про інтеграцію питань, пов'язаних з довкіллям, до політики Європейського Союзу, а також рішеннями Віденської сесії Європейської Ради (грудень 1998 р.). Відтепер установи Співтовариства зобов'язані враховувати у своїй політиці аспекти охорони екології.

Шоста Програма дій у галузі довкілля (БЕАР) – «Довкілля-2010: Наше майбутнє, наш вибір» – ухвалена Європейським Парламентом та Радою у 2002 році, визначає пріоритети Європейського Співтовариства у цій сфері на період з 2001 по 2010 рр. Вона визначає п'ять пріоритетних напрямків дій: покращення виконання існуючого законодавства; інтеграцію екологічних чинників у інші види політики; тісніша співпраця з підприємницькими структурами; надання більш широких повноважень громадськості та допомога їм у зміні ставлення до довкілля; й нарешті, врахування екологічних аспектів при плануванні землекористування та прийнятті управлінських рішень. Ця програма зосереджена на чотирьох пріоритетних сферах: кліматичні зміни, природа та біорізноманіття, довкілля та здоров'я, нарешті, стале управління використанням ресурсів та відходами.

Програма БЕАР іде далі попередніх програм дій. Вона намагається раціоналізувати та модернізувати процес поступової заміни численних окремих законодавчих актів рамковими правовими нормами та гнучкими

стратегіями («Кращі нормативні документи»). Це – найбільш стратегічний підхід з усіх ухвалених Комісією досі; він закликає до активного залучення та підзвітності усіх прошарків суспільства в пошуках інноваційних, практично придатних для реалізацій та сталих шляхів розв'язання тих екологічних проблем, з якими стикається Європа. Програма БЕАР реально забезпечує екологічну складову ухваленої Комісією загальної стратегії сталого розвитку.

Програма вимагає від Європейської Комісії підготовки тематичних стратегій. Ці стратегії представляють собою екологічну політику наступного покоління. Ідея полягає в тому, аби працювати з цілими сферами, аніж з окремими забруднювачами чи видами господарської діяльності, як це було в минулому. Ці стратегії розраховані на довгострокову перспективу (встановлюючи чіткі екологічні цілі розвитку майже до 2020 р.), й таким чином, забезпечують більш стабільну рамкову політичну платформу. Нарешті, вони спрямовані на визначення найбільш придатних інструментів впровадження європейських політичних цілей у найменш обтяжливий, але найбільш економічно ефективний спосіб. Визначено сім сфер: «Забруднення атмосферного повітря», «Запобігання накопиченню та вторинна переробка відходів», «Захист та збереження морського природного середовища», «Захист ґрунтів», «Стале використання пестицидів», «Стале використання ресурсів», «Розвиток міського середовища».

#### ***Принцип «забруднювач платить»***

Сьогодні забруднення природного середовища, що охороняється, в тому числі водного середовища, так само, як і забруднення ґрунтів, є правопорушенням. Принцип «забруднювач платить» був суттєво укріплений з прийняттям у 2004 році *Директиви 2004/35/ЄС* про цивільну відповідальність за забруднення довкілля: ця Директива передбачає відшкодування винною особою шкоди, завданої нею навколишньому природному середовищу. Порушення провадження щодо компенсації шкоди покладено на держави-члени ЄС. Разом з тим, у вересні 2005 р. Суд юстиції визнав за Співтовариством право вимагати від держав-членів застосування жорстких штрафних санкцій у випадках заподіяння серйозної екологічної шкоди довкіллю.

Принцип, за яким саме забруднювач має компенсувати заподіяну екологічну шкоду (принцип «забруднювач платить»), визначений в Договорі про створення Європейського Співтовариства. Цей принцип має попереджувальну дію щодо випадків порушення стандартів екологічної безпеки, й відтак, сприяє реалізації цілей та впровадженню відповідної політики ЄС у цій сфері.

#### ***Принцип запобігання***

Угода про заснування ЄС містить лише одне чітке посилання на принцип запобігання, а саме у розділі, присвяченому охороні довкілля. Але

на практиці сфера дії цього принципу є значно ширшою, охоплюючи також споживчу політику, здоров'я людини, тварин та рослин. Оскільки принцип запобігання не визначений ані в Договорі [про створення Співтовариства], ані в інших основних документах Співтовариства, Рада у своєму Рішенні від 13 квітня 1999 р. запропонувала Комісії розробити чіткі та ефективні основні рекомендації щодо застосування цього принципу. Комісія відреагувала на цей запит, видавши Повідомлення (№52000DC0001) про застосування принципу запобігання (лютий 2000 р.).

Розробка основних рекомендацій щодо застосування принципу запобігання спрямована на забезпечення високого рівня охорони довкілля, здоров'я людини, тварин та рослин у випадках, коли наявні дані досліджень не дозволяють повністю оцінити ризик.

Принцип запобігання також визнаний у багатьох міжнародних угодах, зокрема в Угоді про санітарні та фітосанітарні заходи (SPS), ухваленій Світовою організацією торгівлі (СОТ).

#### ***Правові інструменти охорони довкілля***

У міру розвитку екологічної політики розширився перелік наявних засобів охорони довкілля. Паралельно з прийняттям рамкового законодавства для забезпечення високого рівня охорони довкілля, Співтовариство впровадило цілу низку правових інструментів охорони довкілля:

- ***LIFE*** – фінансовий інструмент екологічного захисту. LIFE спрямований на сприяння розвитку, впровадженню та оновленню екологічної політики та законодавства Співтовариства.

- ***Угоди про охорону довкілля***: покращення екологічних аспектів діяльності підприємств та впровадження методів сталого виробництва шляхом заохочення добровільних заходів та угод щодо охорони довкілля згідно з Програмою БАЕР;

- ***Екологічні мита та податки***: сприяння застосуванню державами-членами фіскальних інструментів підвищення ефективності екологічної політики та забезпечення використання екологічних мит та податків у відповідності до законодавства Співтовариства;

- ***Програма підтримки НУО, що діють у галузі охорони довкілля***;

- ***Integrated product policy [Інтегрована виробнича політика]***: Комісія представляє стратегію укріплення та зміни спрямування екологічної політики, пов'язаної з виробництвом, з метою сприяння розвитку ринку екологічно безпечної продукції, і зрештою, стимулювання громадського обговорення відповідних питань;

- ***Європейське Агентство з питань довкілля***: забезпечення осіб, відповідальних за прийняття політичних рішень, а також громадськості надійною та достовірною інформацією про стан довкілля;

- ***Еко-маркування продукції***: еко-маркування має на меті

рекламування продукції зі зменшеним негативним впливом на довкілля (порівняно з іншими продуктами тієї самої групи);

- **Система екологічного менеджменту та екологічного аудиту Співтовариства (EMAS):** Система екологічного менеджменту та екологічного аудиту Співтовариства (EMAS) спрямована на забезпечення постійного вдосконалення ефективності екологічної діяльності європейських організацій (через СЕМ), а також забезпечення громадськості та зацікавлених сторін відповідною інформацією;

- **Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС)** певних державних та приватних проектів;

- **Оцінка екологічних наслідків впровадження планів та програм:** проводиться з метою сприяння включенню екологічних аспектів на етапах розробки та ухвалення планів та програм;

- **Екологічні перевірки – мінімальні критерії:** забезпечення більшої відповідності, а також більшої однастайності у застосуванні та впровадженні законодавства Співтовариства щодо охорони довкілля шляхом надання мінімальних критеріїв організації, проведення, пост-контролю та опублікування результатів екологічних перевірок в усіх державах-членах;

- **Європейський реєстр викидів та перенесення забруднювальних речовин (PRTR):** покращення громадського доступу до інформації про стан довкілля, й у такий спосіб, сприяння запобіганню та зменшенню забруднення у довгостроковій перспективі.

#### **Екологічне законодавство ЄС**

Екологічне законодавство Європейського Союзу розвивалося протягом останніх 30 років і наразі нараховує близько 300 законодавчих актів, в тому числі, директив, регламентів, рішень та рекомендацій, не кажучи вже про значну кількість повідомлень та інших політичних документів. Повні текстові версії документів чинного екологічного законодавства ЄС викладені у Довіднику законодавства Співтовариства, який постійно оновлюється. Доступ до нього можна отримати через портал права Європейського Союзу EUR-Lex: <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/en/repert/index.htm>. Цей Довідник містить акти чинного законодавства ЄС (регламенти, рішення та директиви), угоди та конвенції, а також деякі акти, що не носять обов'язкового характеру, але є важливими. Увесь матеріал розбитий за 20 главами. Глава 15 охоплює законодавство в галузі довкілля, споживання та здоров'я. Розділ 15.10 присвячений довкіллю й включає в себе 4 категорії: «Загальні положення та програми»; «Забруднення та шкідливі фактори»; «Космос, довкілля та природні ресурси»; а також «Міжнародне співробітництво».

Європейська Комісія вже кілька років активно працює в напрямку вдосконалення своєї практики законодавчої діяльності з метою забезпечення високої якості розроблюваних законодавчих ініціатив, аби



вони були простими, ефективними, та відповідали конкретним потребам. Основні зусилля в рамках програми «Кращі нормативні документи» у сфері довкілля будуть відтворені у сімох Тематичних стратегіях, що зараз розробляються згідно з Програмою БЕАР: забруднення атмосферного повітря, морське навколишнє середовище, стале використання ресурсів, запобігання накопиченню та вторинна переробка відходів, стале використання пестицидів, захист ґрунтів, та міське довкілля. Вони визначають довгострокову рамкову систему дій Співтовариства та держав-членів на наступні два десятиліття, що має забезпечити більшу правову та регуляторну визначеність.

В якості умови членства у ЄС кожна країна-кандидат повинна привести своє національне законодавство та практику адміністративної діяльності у відповідність до екологічного «acquis» ЄС. Цей екологічний «acquis» є значно меншим за обсягом, ніж усе тіло екологічного законодавства. Він включає в себе близько 145 законодавчих документів (директив, регламентів та рішень), підсумково представлених в розбивці по сферах діяльності у табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Екологічний «acquis» по сферах діяльності

Сфера	Директиви	Регламенти	Рішення	Разом
Горизонтальне законодавство	5	2		7
Якість атмосферного повітря	18	1	10	29
Поводження з відходами	17	3	8	28
Охорона водних ресурсів	11	0	1	12
Охорона природи	4	6	1	11
Контроль за промисловим забрудненням та управління його ризиками	6	2	7	15
Хімічні речовини та генетично модифіковані організми	8	5	4	17
Шумове забруднення	10			10
Ядерна безпека та захист від радіації	5	3		8
Цивільна оборона		1	7	8
<b>РАЗОМ</b>	<b>84</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>145</b>

Нижче наведений короткий огляд чинного екологічного законодавства за основною тематикою:

### ***Горизонтальне законодавство***

Горизонтальна сфера стосується екологічного законодавства з різних питань, дія якого поширюється на декілька спеціалізованих сфер, пов'язаних з довкіллям (на відміну від регламентів, які стосуються лише окремих галузей – наприклад, атмосферного повітря або водних ресурсів). Замість регулювання конкретної сфери, ці законодавчі акти є більш процедурними за природою. Вони надають методи та механізми, спрямовані на вдосконалення прийняття рішень, розробки та впровадження законодавства. Законодавство у цій галузі охоплює:

- оцінку впливу на навколишнє середовище (ОВНС) запропонованих проєктів;
- стратегічну екологічну оцінку пропонованих планів та програм;
- громадський доступ до інформації про стан довкілля;
- вимоги до звітності;
- створення Європейського Агентства з питань довкілля та участь у його роботі;
- Програму LIFE для фінансування проєктів покращення довкілля; та розвиток НУО, що працюють у сфері охорони довкілля.

У Горизонтальній сфері діють вісім законодавчих документів (перераховані нижче):

- ***Директива 85/337/ЄЕС*** (доповнена ***Директивою 97/11/ЄС***) про оцінку впливу на навколишнє середовище. Встановлює вимоги до проведення оцінки впливу на навколишнє середовище державних та приватних проєктів, що імовірно можуть мати серйозний вплив на довкілля, до надання дозволу на виконання проєкту.

- ***Директива 2003/35/ЄС*** щодо участі громадськості у розробці планів та програм екологічного спрямування, яка доповнює в частині, що стосується громадської участі та доступу до засобів судового захисту, ***Директиви Ради 85/337/ЄЕС*** та ***96/61/ЄС***.

- ***Директива 2001/42/ЄС*** про стратегічну екологічну оцінку. Визначає зобов'язання органів державного управління (або тих приватних організацій, що надають публічні послуги) щодо визначення та оцінки потенційно значущих екологічних наслідків пропонованих планів та програм (не політики), в тому числі у сфері транскордонного співробітництва, з метою послаблення або уникнення потенційно значущого негативного впливу на довкілля ще до ухвалення такого плану або програми;

- ***Директива 90/313/ЄЕС*** (доповнена ***Директивою 2003/4/ЄС***) щодо доступу до інформації про стан довкілля. Гарантує право доступу до інформації про стан довкілля, наявної в, або призначеної для органів державної влади та інших відповідних організацій, таких, як деякі надавачі

комунальних послуг. Вимагає від зазначених органів надання відкритого доступу громадськості та можливості поширення наявної в них інформації про стан довкілля з метою досягнення наступних цілей: сприяння кращій поінформованості про екологічні питання; вільного обміну думками; більш ефективної участі громадськості у процесах прийняття рішень екологічного характеру; та згодом – забезпечення кращого стану природного навколишнього середовища;

- **Директива 91/692/ЄЕС** про формування звітності. Спрямована на забезпечення гармонізації галузевої звітності про стан виконання 27 директив про охорону атмосферного повітря, водних ресурсів та поводження з відходами. Держави-члени мають подавати галузеві звіти по виконанню цих директив кожні три роки на основі анкети, що надається Комісією;

- **Регламент 1210/90** Європейського бюро захисту природного середовища (доповнений **Регламентом Ради (ЄС) 933/1999**) щодо заснування Європейського бюро захисту природного середовища (ЕЕА) та Європейської мережі інформування та спостереження за станом довкілля (EIONET);

- **Регламент 1655/2000** LIFE (з доповненнями, внесеними **Регламентами 1973/92** та **1404/96/ЄС**) щодо заснування програми LIFE, яка забезпечує спів-фінансування екологічних проектів, спрямованих на розробку та впровадження екологічної політики та законодавства Співтовариства;

- Програма дій з підтримки НУО (**Рішення 466/2002/ЄС** на заміну **Рішення Ради 97/872/ЄС**) щодо створення механізму фінансування для підтримки проектів охорони довкілля, здійснюваних неурядовими організаціями (НУО) європейського рівня.

### **Якість повітря**

Заходи, спрямовані на поліпшення якості повітря, включають в себе розробку граничних або цільових показників якості навколишнього повітря, розробку комплексних стратегій боротьби з наслідками транскордонного забруднення (зокрема, кислотні дощі, озонові діри та еутрофікація) шляхом встановлення та прийняття національних квот на викиди в повітря, а також визначення ефективних методів зниження забруднення на цільових територіях за допомогою комплексних програм, таких як Auto-Oil I та II, та впровадження спеціальних заходів для обмеження викидів та підвищення стандартів виробництва.

З метою підсилення вимог до «рівнів якості повітря, які не спричиняють серйозних негативних наслідків та ризиків для людського здоров'я та навколишнього середовища», Шоста Програма дій щодо захисту навколишнього середовища БЕАР передбачила розробку тематичної стратегії боротьби із забрудненням повітря під назвою «Чисте повітря для Європи Clean Air for Europe (SAFE)». Стратегія *SAFE* почала

впроваджуватися у березні 2001 року. Ця стратегія включає технічний аналіз та розробку політики, що заклали фундамент для тематичної стратегії Боротьби із забрудненням повітря. Комісія прийняла тематичну стратегію 21 вересня 2005 року.

Тематична стратегія боротьби із забрудненням повітря встановлює внутрішні цілі для ЄС та пропонує відповідні заходи для їх досягнення. Вона містить рекомендації щодо вдосконалення чинного законодавства, особливо у відношенні найнебезпечніших забруднювачів, і стала ще одним кроком на шляху до інтеграції з іншими принципами та процедурами у сфері вирішення проблем захисту навколишнього середовища. Нова директива знаходиться в стадії розробки.

Ядро законодавства у сфері якості повітря складають Директиви Ради та Рішення Ради ЄС. Ці інструменти можна умовно розбити на (а) стандарти якості навколишнього повітря (граничні показники та керівні принципи), (b) вимоги до контролю якості продукції та обробки матеріалів, та (c) моніторинг та обмін інформацією:

***Стандарти якості навколишнього повітря (граничні показники та керівні принципи):***

- Рамкова ***Директива 96/62/ЄС*** (та дочірні Директиви ***2004/107/ЄС***, ***2002/3/ЄС***, ***2000/69/ЄС*** та ***1999/30/ЄС***) встановлює базові принципи загальної стратегії визначення та встановлення цільових показників якості навколишнього повітря з метою уникнення, запобігання або зменшення шкідливого впливу на людський організм та навколишнє середовище, а також базові принципи оцінки якості навколишнього повітря у країнах-членах Європейського Союзу, інформування громадськості, особливо щодо небезпечних граничних показників, та поліпшення якості повітря, там, де вона є незадовільною. Директива спрямована на перегляд Європейського законодавства щодо присутності забруднювачів, які становлять ризик для людського здоров'я. Дочірня ***Директива 1999/30/ЄС*** відміняє ***Директиви 80/779/ЄЕС***, ***82/884/ЄЕС*** та ***85/203/ЄЕС***. Дочірня ***Директива 2002/3/ЄС*** анулює ***Директиву 92/72/ЄЕС***.

- ***Директива 2001/81/ЄС*** встановлює національні квоти на викиди забруднювачів, що призводять до підкислення та еутрофікації, а також шкідливих для озонового шару з метою забезпечення більш повної охорони довкілля та здоров'я людини від негативних наслідків.

- ***Директива 96/61/ЄС*** (з актами, що містять зміни та доповнення) стосується комплексних заходів для запобігання та контролю забруднення (IPPC). Ця Директива спрямована на запобігання та мінімізацію викидів у повітря, воду та ґрунт, а також викидів відходів від сільськогосподарської та промислової діяльності в країнах Європейського Співтовариства. Вона передбачає заходи для досягнення високого рівня захисту довкілля. Цей документ регламентує види промислової та

сільськогосподарської діяльності, внаслідок яких відбувається значне забруднення довкілля, таких як енергетика, виробництво та переробка металів, добуток корисних копалин, хімічна промисловість, управління переробкою та знищенням відходів, тваринництво, тощо.

**Вимоги до контролю якості продукції та обробки матеріалів:**

- **Директива 99/13/ЄС** щодо викидів летючих органічних сполук при використанні органічних розчинників;
- **Директива 98/70/ЄС** (зі змінами та доповненнями **2000/71/ЄС**) щодо якості бензину та дизельного палива;
- **Директива 93/12/ЄЕС** (зі змінами і доповненнями **99/32/ЄС**) щодо вмісту сірки у рідкому пальному;
- **Директива 94/63/ЄС** щодо викидів внаслідок зберігання та реалізації бензину та моторного палива;
- **Директива 99/94/ЄС** щодо палива та викидів вуглекислого газу CO<sub>2</sub> новими пасажирськими транспортними засобами;
- **Рішення 2002/159/ЄС** щодо даних про якість палива;
- **Рішення 2002/529/ЄС** щодо проведення опитування стосовно Впровадження Директиви **99/13/ЄС**;
- **Рішення 88/540/ЄЕС** щодо Монреальського Протоколу (стосовно стоншення озонового шару);
- **Директива 70/220/ЄЕС** (з актами, що містять зміни і доповнення) щодо гармонізації законодавства країн-членів ЄС у сфері заходів з протидії забрудненню повітря викидами транспортних засобів;
- **Директива 88/77/ЄЕС** (з актами, що містять зміни і доповнення) щодо гармонізації законодавства країн-членів ЄС у сфері заходів з протидії забрудненню повітря газоподібними викидами, що виникають при роботі дизельних двигунів, встановлених на транспортних засобах;
- **Директива 97/68/ЄС** (з актами, що містять зміни і доповнення) щодо гармонізації законодавства країн-членів ЄС у сфері заходів з протидії забрудненню повітря газоподібними та сипкими викидами, що виникають при роботі двигунів внутрішнього згорання, встановлених на нетранспортних засобах;
- **Директива 2000/25/ЄС** (з актами, що містять зміни і доповнення) Європейського Парламенту та Ради від 22 травня 2000 року щодо заходів із запобігання та протидії викидам газоподібних та сипких забруднювачів, що виникають при роботі двигунів сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів;
- **Директива 2001/80/ЄС** щодо встановлення обмежень на викиди окремих забруднювачів у повітря великими агрегатами згорання.

**Моніторинг та обмін інформацією:**

- **Рішення 93/389/ЄЕС** (змінене та доповнене **Рішенням 1999/296/ЄС**) щодо моніторингу викидів вуглекислого газу CO<sub>2</sub> та інших

парникових газів;

- **Рішення 86/277/ЄЕС** щодо Протоколу про довгострокове фінансування ЕМЕР.

#### ***Промислове забруднення та управління ризиками***

Шоста Програма дій щодо захисту навколишнього середовища БЕАР визнає, що проблеми контролю промислового забруднення досі не вирішені і, що стан довкілля продовжував би погіршуватися, якщо б не було досягнуто значного прогресу в сфері упровадження природоохоронного законодавства в країнах-членах ЄС, яке передбачає комплексний підхід до вирішення проблем довкілля, а також економічних та соціальних проблем, та передбачає спільні зусилля зацікавлених сторін та громадськості, спрямованих на захист довкілля, та дало новий поштовх у розробці та впровадженні заходів, спрямованих на вирішення ряду складних болючих питань, як тих, що існували раніше, так і нових викликів.

Директива щодо комплексного підходу до запобігання та контролю забруднень (ІРРС) є невід'ємною частиною стратегії контролю промислових забруднень. Директива ІРРС представляє основні зміни в системі дозволів на окремі інсталяції та є єдиним законодавчим актом ЄС, що вимагає дійсно комплексного підходу до контролю джерел промислових забруднень. Загальні принципи ІРРС включають:

- Здійснення всіх відповідних превентивних заходів проти забруднення, у тому числі, шляхом застосування кращих із доступних технологій (Best Available Techniques (BAT));
- Недопущення будь-яких значних забруднень;
- Уникнення виробництва відходів (ієрархія управління відходами повинна виконуватися у відповідності до рамкової **Директиви 75/442/ЄЕС** щодо відходів, змінена та доповнена **Директивами Ради 91/156/ЄЕС** і **91/692/ЄЕС** та **Рішенням Комісії 96/350/ЄС**);
- Ефективне використання енергоресурсів;
- Вжиття необхідних заходів для запобігання аварійних ситуацій та мінімізації їх наслідків; та
- Вжиття необхідних заходів щодо припинення ризикованих, з точки зору забруднення, видів діяльності з метою уникнення забруднення та приведення робочого майданчику в належний стан.

Основні законодавчі акти ЄС, що регулюють джерела промислових забруднень, включають:

- **Директива** щодо комплексного підходу до запобігання та контролю забруднень **96/61/ЄЕС** (Директива ІРРС) змінена та доповнена **Директивами 2003/35/ЄС** та **2003/87/ЄС**;
- **Директива 84/360/ЄЕС** щодо забруднення повітря промисловими об'єктами – цю Директиву буде замінено Директивою ІРРС до 30 жовтня 2007 року, після цього ця Директива повинна діяти 11 років;

- *Директива 2001/81/ЄС* щодо національних квот на викиди;
- *Директива 2001/80/ЄС* (що відмінила *88/609/ЄЕС*) щодо великих агрегатів згоряння;
- *Директива 96/82/ЄС* щодо контролю основних небезпек аварійних ситуацій з небезпечними речовинами (Директива «Seveso II»);
- *Регламент* Проекту Екологічного менеджменту та аудиту Європейського Співтовариства (EMAS) *№761/2001*;
- *Регламент* Проекту Eco-Label Award Європейського Співтовариства *№1980/2000*.

#### **Управління відходами**

Підхід ЄС до управління відходами оснований на трьох принципах:

- Зниження кількості відходів: Якщо ми зможемо, по-перше, зменшити об'єми відходів та зменшити їх небезпечність шляхом зниження концентрації небезпечних речовин у продукції, тоді знищення відходів автоматично стане простішим.
- Переробка та повторне використання: Якщо виникненню відходів запобігти неможливо, навіть з використанням безвідходних технологій, якомога більше матеріалів повинні підлягати переробці. Європейська Комісія визначила декілька пріоритетних специфічних напрямків управління відходами та категорій відходів; у тому числі, упаковка відходів, контейнери для поховання відходів, використані транспортні засоби, батарейки, відходи від електроприладів та електроніки. Директиви ЄС вимагають, щоб країни-члени ЄС ввели в дію законодавчі акти щодо збору, переробки, повторного використання та знищення відходів вищезазначених категорій.
- Покращення технологій знищення відходів та моніторинг: Де можливо, відходи, що не підлягають переробці та повторному використанню, повинні спалюватися в безпечних умовах, а закопування повинно використовуватися лише, якщо не має жодної іншої альтернативи. Обидва ці методи потребують прискіпливого моніторингу, оскільки потенційно вони можуть спричинити серйозну шкоду навколишньому середовищу.

Основні законодавчі акти ЄС у сфері управління відходами представлені нижче у тексті. Однак, вони також доповнюються Рішеннями Співтовариства. Більшість правових інструментів у сфері регулювання управління відходами можуть бути розподілені на ієрархічні групи. Рамкова Директива щодо відходів та Директива про небезпечні відходи становлять законодавчу базу для регулювання управління відходами. В рамках цієї бази існує дві групи “дочірніх” Директив: одна з груп стосується специфічних відходів, а інша містить вимоги щодо ліцензування та експлуатації обладнання для знищення відходів. Третя група правових інструментів стосується перевезення відходів в межах та за межами ЄС:

### **Законодавча база в сфері регулювання управління відходами**

- **Директива 75/442/ЄЕС** (змінена та доповнена **Директивами 91/156/ЄЕС, 91/692/ЄЕС, 96/350/ЄС та 96/59/ЄС**) становить фундамент законодавчої бази у сфері управління відходами на рівні Європейського Співтовариства. Вона передбачає створення системи для координованого управління відходами на території Співтовариства з метою зменшення виробництва відходів. Ця Директива застосовується до усіх речовин або об'єктів, які знищуються власником або які він повинен знищити згідно з положеннями чинного національного законодавства країн-членів ЄС. Вони не застосовуються до радіоактивних відходів, мінеральних відходів, сільськогосподарських відходів, стічних вод, газоподібних відходів та промислових вод, які підпадають під спеціальні положення Співтовариства.

- **Директива 91/689/ЄЕС** містить більш жорсткі вимоги та інструменти управління небезпечними відходами та моніторингу, ніж **Директива 75/442/ЄЕС**, яка становить законодавчу базу для всіх відходів. Вона також заміняє **Директиву 78/319/ЄЕС** щодо токсичних та небезпечних відходів.

#### **Специфічні відходи**

- **Директива 75/439/ЄЕС** щодо зниження відходів нафтопродуктів, (змінена та доповнена **Директивами 87/101/ЄЕС та 91/692/ЄЕС**, та частково заміщена **Директивою 2000/76/ЄС**) розроблена з метою створення гармонізованої системи збору, обробки, зберігання та знищення відходів нафтопродуктів, таких як, змащувальні масла для транспортних засобів та двигунів. Ця Директива також націлена на захист довкілля від шкідливого впливу таких видів діяльності.

- **Директиви 78/176/ЄЕС, 82/883/ЄЕС та 92/112/ЄЕС** щодо промислових відходів діоксиду титану;

- **Директива 91/157/ЄЕС** щодо батарейок та акумуляторів, які містять окремі небезпечні шкідливі речовини;

- **Директива 94/62/ЄС** щодо пакувальних матеріалів та відходів пакування (Директива про упаковки). Ця Директива передбачає заходи, націлені, в першу чергу, на запобігання створенню відходів пакування, та на повторне використання пакувальних матеріалів, переробки та інших форм утилізації з метою зменшення об'ємів кінцевого знищення таких матеріалів;

- **Директива 96/59/ЄС** щодо знищення поліхлорованих біфенілів та поліхлорованих терфенілів (РСВ/РСТ);

- **Директива 86/278/ЄЕС** щодо захисту навколишнього середовища, зокрема, ґрунтів, від осадків стічних вод від сільськогосподарської діяльності. Цей документ регулює відстоювання стічних вод таким чином, щоб попередити та мінімізувати шкідливий вплив на ґрунт, рослинний та тваринний світ та на людину. Він також



спрямований на заохочення до повторного використання осаду в сільськогосподарській діяльності.

- *Директива 2002/59/ЄС* щодо відходів від судноплавної діяльності та залишків вантажу;
- *Директиви 2002/95/ЄС* та *2002/96/ЄС* щодо відходів електроприладів та електроніки;
- *Директива 2002/53/ЄС* щодо відпрацьованих транспортних засобів;

#### **Процеси та обладнання:**

- *Директива 94/67/ЄС* щодо спалювання небезпечних відходів (що має бути відмінена *Директивою 2000/76/ЄС*);
- *Директива 99/31/ЄС* щодо захоронення відходів;
- *Директива 2000/76/ЄС* щодо спалення відходів;

#### **Транспортування, ввіз та вивіз відходів**

- *Регламент (Постанова) ЄЕС №259/93* щодо нагляду та контролю ввозу та вивозу відходів з території Європейської Співтовариства;
- *Регламент (Постанова) №1420/1999* та *№1547/99* щодо правил та процедур, що застосовуються до транспортування деяких видів відходів у країни, що не є членами ОЄСР.

#### **Захист водних ресурсів та управління водними ресурсами**

Водні ресурси є однією з найбільш врегульованих сфер європейського права навколишнього середовища. Базуючись на необхідності фундаментального перегляду законодавчої бази з метою розробки нової політики ЄС у галузі використання водних ресурсів, а також на основі проведених консультацій з широким колом спеціалістів, Європейська Комісія запропонувала нову рамкову Водну директиву ЄС, яка була затверджена в 2000 році і мала наступні цілі:

- Розробка комплексної політики Співтовариства щодо використання водних ресурсів та її впровадження відповідно до принципу субсидіарності;
- Поширення сфери охорони водних ресурсів на всі води: як поверхневі, у тому числі, прибережні, так і підземні води;
- Досягнення «належного стану» для усіх вод до визначеної дати та збереження цього стану, там де його вже було досягнуто раніше;
- Управління водними ресурсами річкових басейнів, на основі комбінованого підходу встановлення граничних показників викидів та стандартів якості, з відповідними положеннями про координацію дій для міжнародних річкових басейнів, коли басейн річки розташований у більше, ніж одній країні-члені ЄС, та/або коли він захоплює територію країн, що не є членами ЄС;
- Встановлення тарифів за користування водними ресурсами з урахуванням принципу відшкодування витрат та принципу стягнення

плати із забруднювачів;

- Розширення участі громадян, залучених до захисту водних ресурсів; та

- Модернізація законодавства.

Основні законодавчі акти в сфері захисту та збереження водних ресурсів включають в себе наступні Директиви та Рішення, а також декілька міжнародних угод:

#### ***Законодавча база***

- ***Рамкова Водна Директива 2000/60/ЄС*** (змінена та доповнена Рішенням №2455/2001/ЄС) встановлює законодавчу базу для політики Співтовариства в галузі використання та збереження водних ресурсів, а також захисту континентальних поверхневих вод, прибережних вод та підземних вод, з метою запобігання та зменшення забруднення, забезпечення стабільного використання води, охорони водного середовища, поліпшення стану водних екосистем та мінімізація негативних наслідків повеней та посух.

Прийняття цієї рамкової Водної директиви в 2000 році зробило більш раціональним законодавство Співтовариства в цій сфері за рахунок того, що ця директива замінила сім попередніх Директив, які стосувалися поверхневих вод водного ареалу перебування риб, водного ареалу перебування молюсків та ракоподібних, підземних вод та викидів небезпечних речовин.

#### ***Якість води***

- ***Директива 76/160/ЄЕС*** щодо води для купання;

- ***Директива 98/83/ЄС*** щодо якості води, призначеної для споживання людиною

#### ***Контроль викидів***

- ***Директива 91/271/ЄЕС*** (змінена та доповнена ***Директивою 98/15/ЄС*** та відповідним ***Рішенням 93/481/ЄЕС***) щодо обробки міських стічних вод;

- ***Директива 91/676/ЄЕС*** щодо захисту вод від забруднення нітратами сільськогосподарського призначення;

#### ***Моніторинг та звітність***

- ***Рішення 77/795/ЄЕС*** (змінене та доповнене ***Рішеннями 84/422/ЄЕС, 86/574/ЄЕС та 90/2/ЄЕС***) щодо загальних процедур обміну інформацією;

#### ***Міжнародне законодавство***

- Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості у прийнятті рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхус, 1998 рік).

- Конвенція щодо оцінки впливу на навколишнє середовище в транскордонному контексті (Еспоо) (1991 рік).

- Гельсінська Конвенція щодо транскордонних водотоків та

міжнародних озер (1992 рік).

- Конвенції щодо басейнів річок (Дунай (1987 рік), Ельба (1990 рік), Одер (1996 рік), Рейн (1999 рік)).
- Барселонська Конвенція (1976 рік) зі змінами та доповненнями та протоколами.
- Конвенція OSPAR (1992 рік) зі змінами та доповненнями.
- Боннська Угода про співпрацю у боротьбі із забрудненням Північного моря нафтопродуктами та іншими шкідливими речовинами (1983 рік).
- Гельсінська Конвенція щодо Балтійського моря (1992 рік).
- Стокгольмська Конвенція щодо стійких органічних забруднювачів (POPs), спрямована на знищення та мінімізацію виробництва, використання та викидів стійких органічних забруднювачів (ратифікована ЄС у 2004 році – *Рішенням від 14 жовтня 2004 року*).

#### ***Охорона природи та біорізноманіття***

Метою політики ЄС у сфері охорони природи та ***біорізноманіття*** є захист ареалів, дикої флори та фауни. Ця політика базується на чотирьох принципах:

- Захист ***біорізноманіття*** в усіх країнах ЄС шляхом забезпечення того, щоб окремі ареали та види флори і фауни підтримувалися у відповідності до «статусу сприятливого збереження»;
- Захист рідкісних видів флори та фауни, що знаходяться під загрозою знищення, в кожній державі-члені ЄС та в усій Європі;
- Захист ареалів, що мають важливе значення для Євросоюзу, які знаходяться під загрозою знищення на місцевому та регіональному рівнях, та що є заповідними біо-географічними місцями Європи;
- Внесок у збереження окремих видів рідких рослин та тварин у країнах, що знаходяться за межами Європи, шляхом встановлення обмежень на торгівлю цими видами.

Законодавство з захисту природи та ***біорізноманіття*** містить чотири директиви, чотири регламенти та два рішення, що перелічені нижче:

- ***Директива 79/409/ЄЕС*** щодо збереження диких птахів;
- ***Директива 92/43/ЄЕС*** щодо збереження ареалів, а також дикої фауни та флори;
- ***Директива 83/129/ЄЕС***, що стосується ввезення у країни-члени ЄС шкіри тюленів та продуктів, вироблених із неї;
- ***Директива 1999/22/ЄС***, що стосується утримання диких тварин у зоопарках;
- ***Регламент №338/97*** щодо захисту окремих видів дикої фауни та флори шляхом регулювання торгівлі;
- ***Регламент №348/81*** щодо загальних правил для імпорту китів або інших представників сімейства китових;

- **Регламент №3254/91**, що забороняє використання капканів у Європейській Співтовариства та ввезення у ЄС шкур та промислових товарів певних видів диких тварин, що походять із країн, де їх ловлять за допомогою капканів або методами встановлення пасток, що не відповідають міжнародним стандартам гуманної організації пасток;
- **Регламент №2494/2000** щодо заходів, що сприяють збереженню та здійсненню постійного управління тропічними лісами та іншими лісами у країнах, що розвиваються;
- **Рішення 98/145/ЄС** щодо схвалення від імені Європейської Співтовариства доповнень до Додатків I та II до Боннської Конвенції з питань збереження мігруючих видів диких тварин, у відповідності із рішенням, прийнятим на п'ятій зустрічі Конференції сторін цієї Конвенції.
- **Рішення 93/626/ЄЕС щодо схвалення Конвенції про біорізноманіття** (Ріо-де-Жанейро, підписана Співтовариством у липні 1992 року). Ця Конвенція спрямована на передбачення, попередження та боротьбу зі зменшенням та вичерпанням біорізноманіття через його цінність, а також екологічне, генетичне, соціальне, економічне, наукове, виховне, культурне, рекреаційне та естетичне значення.

#### ***Захист ґрунтів***

Однією із цілей Шостої Програми дій в галузі довкілля **6EAP** є захист ґрунтів від ерозії та забруднення. Сьогодні ЄС розробляє стратегію захисту ґрунтів на територіях Співтовариства. Стратегія враховуватиме принципи обачності, попередження та відповідальності за навколишнє середовище та фокусуватиме увагу на вже започаткованих ініціативах у сфері довкілля, на кращій інтеграції захисту ґрунтів у інші сфери, моніторингу ґрунтів та нових програмах, що базуються на результатах моніторингу. Нове законодавство має доповнити існуюче законодавство та з урахуванням Спільної політики в галузі сільського господарства (Common Agricultural Policy (CAP)), Комісія має намір надавати фінансову підтримку розвитку сільського господарства та сільських регіонів та захисту ґрунтів.

ЄС є також стороною **Конвенції ООН щодо боротьби із опустелюванням (UNCCD)** у країнах, що страждають від сильних посух та/або опустелювання. ЄС підписав цю Конвенцію у жовтні 1994 року, і вона набрала чинності у червні 1998 року.

#### ***Хімічні продукти***

Загальною метою законодавства про хімікати та генетично модифіковані організми є мінімізація ризику по відношенню до здоров'я та/або довкілля. Основною метою Директив щодо Відпрацьованої лабораторної практики є забезпечення того, щоб тести на здоров'я, навколишнє середовище та на безпеку, що здійснюються у різних лабораторіях різних країн, здійснювалися згідно з прийнятими стандартами. Впровадження в життя Угоди ОЕСР про взаємне визнання

даних дозволить забезпечити збір похідних даних (ВЛП) з усього світу, уникаючи дублювання тестів на безпеку, та досягти в межах ЄС заборони позатарифних бар'єрів, що сприятиме торгівлі хімікатами та хімічними продуктами. З іншого боку, однією із головних цілей *Директиви 86/609/ЄЕС* є мінімізація страждань тварин, що використовуються в експериментальних цілях.

Сектор хімічних продуктів та генетично модифікованих організмів охоплено чотирнадцятьма законодавчими актами, а саме, сімома директивами, чотирма рішеннями та трьома регламентами. Це законодавство може бути поділено на три категорії: хімікати, генетично модифіковані організми (ГМО), відпрацьована лабораторна практика (ВЛП) та експерименти на тваринах:

#### ***Хімікати***

- ***Рішення 1999/314/ЄС***, що стосується опитувальника про *Директиву 96/82/ЄС* для контролю ризику катастроф, коли є задіяними небезпечні речовини;
- ***Директива 87/217/ЄЕС*** щодо азбесту;
- ***Директива 67/548/ЄЕС*** щодо Класифікації, пакування та маркірування небезпечних речовин;
- ***Інструкція №793/93*** (та пов'язані із нею Рішення) щодо Оцінки ризиків, пов'язаних із існуючими речовинами;
- ***Інструкція 300/2002/ЄС*** щодо Експорту та імпорту небезпечних речовин (доповнення ***2455/92/ЄЕС***);
- ***Інструкція 2037/2000/ЄС*** щодо речовин, що зменшують вміст озону (Інструкція 3093/94/ЄС є додатковою).

#### ***Генетично модифіковані організми***

- ***Директива 98/81/ЄС*** щодо Використання консервованих генетично модифікованих мікроорганізмів;
- ***Директива 2001/18/ЄС*** щодо Навмисного викиду генетично модифікованих організмів;
- ***Рішення 2000/608/ЄС*** щодо настанов щодо оцінки ризику, згідно *Директиви 98/81/ЄС*.
- ***Рішення 2002/812/ЄС*** щодо Формату зведеної інформації, що стосується Маркетингу генетично модифікованих організмів як продуктів чи у продуктах.
- ***Рішення 2002/813/ЄС***, що встановлює Формат зведеної інформації, яка містить повідомлення, що стосується генетично модифікованих організмів не з метою маркетингу.

#### ***Експерименти на тваринах та Відпрацьована лабораторна практика***

- ***Директива 86/609/ЄЕС*** щодо захисту тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей;

- **Директива 87/18/ЄЕС** щодо застосування принципів Відпрацьованої лабораторної практики;

- **Директива 88/320/ЄЕС** щодо перевірки та підтвердження Відпрацьованої лабораторної практики.

### **Шумове забруднення**

**Шоста Програма дій в галузі довкілля 6ЕАР** продовжує зусилля, спрямовані проти шумового забруднення, у більш широкому контексті. Метою є «значне зниження кількості людей, що постійно підпадають під довгострокові середні рівні шуму, особливо пов'язаного із дорожнім рухом, та підготовка наступних дій у роботі із директивою про шум у навколишньому середовищі» З цією метою передбачаються два типи дій:

- Блокування джерел шуму: додаткові та подальші заходи, спрямовані на покращення ситуації, включаючи процедури схвалення, що стосуються шумового випромінювання, пов'язаного із послугами та продуктами: від залізничного транспорту, літаків та стаціонарної техніки та, зокрема, від автомобілів, включаючи заходи по зменшенню шуму від взаємодії шин із дорожньою поверхнею, що не наражають на ризик, пов'язаний із дорожньою безпекою;

- Зменшення шуму, пов'язаного із дорожнім рухом: інструменти, що розробляються та впроваджуються у життя для того, щоб зменшити шум, пов'язаний із дорожнім рухом там, де це потрібно, наприклад, шляхом зменшення потреб у транспорті, переходу на менш шумні моделі транспортних засобів, сприяння технічним заходам та постійному плануванню транспортного руху.

- **Директива 2002/49/ЄС** щодо шуму у навколишньому середовищі є важливою частиною зусиль, спрямованих на встановлення загальної шумової політики. Окрім цього, Комісія створила у ЄС мережу експертизи шуму і надає фінансову допомогу різним дослідженням, пов'язаним із шумом, та науковим проектам.

Основною Директивою в рамках законодавства ЄС про шумове забруднення є:

- **Директива 2002/49/ЄС**, що стосується оцінки та управління шумом у навколишньому середовищі. Ця Директива спрямована на здійснення контролю за шумом, під який підпадають люди у будівельних зонах, у громадських парках чи інших тихих зонах, у тихих зонах на відкритій місцевості, біля шкіл, лікарень та інших будівель та зон, що є чутливими до шуму. Ця Директива не стосується шуму, який викликано самою незахищеною людиною, шумом, що пов'язаний із домашньою діяльністю, шумом, який створюють сусіди, шумом на робочих місцях або всередині транспортних засобів або шуму, пов'язаному із військовою діяльністю у військових зонах.

Інші директиви є специфічними та стосуються наступного:

- автомобілів (4 основних *Директиви 70/157/ЄЕС, 97/24/ЄЕС та 2001/43/ЄС*);
- побутової техніки (*Директива 86/594/ЄЕС*);
- нестационарного обладнання (*Директива 2000/14/ЄС*);
- авіації (4 основних *Директиви 80/51/ЄЕС, 89/629/ЄЕС, 92/14/ЄЕС та 2002/30/ЄС*).

У таблиці 1.2 поданий порівняльний аналіз національного та міжнародного законодавства, нормативів і стандартів Європейського Союзу у сфері охорони атмосферного повітря, водних ресурсів і земель

Таблиця 1.2 – Порівняльний аналіз національного та міжнародного законодавства, нормативів і стандартів Європейського Союзу у сфері охорони атмосферного повітря, водних ресурсів і земель

Відповідне законодавство ЄС	Відповідне українське законодавство та ключові вимоги	Українське впровадження (імплементация) організаційна та адміністр-на
1	2	3
Ціль юридичного акту ЄС Директива 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року про обмеження викидів деяких забруднювальних речовин в атмосферу з великих опалювальних установок прийнята з метою встановлення певних рівнів забруднювальних окислюючих речовин, таких як діоксид сірки (SO <sub>2</sub> ) і оксиди азоту (NO <sub>2</sub> ), з тим, щоб в жодному разі ці рівні не перевищувалися, і в тім, що стосується якості повітря, щоб кожна людина почувала себе в безпеці стосовно відомих ризиків для здоров'я, що виникають від забруднення повітря.	Закон України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХН від 16 жовтня 1992 року в преамбулі визначає, що цей Закон спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря, створення сприятливих умов для життєдіяльності, забезпечення екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище. Цей Закон визначає правові і організаційні основи та екологічні вимоги в галузі охорони атмосферного повітря.	

Продовження табл. 1.2

1	2	3
<p><b>1. Ст.1 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</b> визначає, що ця Директива застосовна до спалювальних установок, номінальний тепловий внесок яких дорівнює або перевищує 50 МВт, незалежно від типу використовуваного палива (твердого, рідкого або газоподібного).</p>	<p><b>ч.1 ст. 4 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992 року</b> визначає, що стандартизація і нормування в галузі охорони атмосферного повітря спрямовані на: забезпечення безпечного навколишнього природного середовища та запобігання екологічним катастрофам; реалізацію єдиної науково-технічної політики в галузі охорони атмосферного повітря;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- встановлення єдиних вимог до обладнання і споруд щодо охорони атмосферного повітря від забруднення;</li> <li>- забезпечення безпеки господарських об'єктів і запобігання виникненню аварій та техногенних катастроф;</li> <li>- впровадження і використання сучасних екологічно безпечних технологій.</li> </ul> <p>Ст. 1 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» №1264-ХІІ від 25 червня 1991 року визначає, що завданням законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних</p>	<p>Національне законодавство з цього приводу відповідає вимогам <i>ACQUIS COMMUNAUTAIRE</i>, а саме, закріпленим в ст.1 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року про обмеження викидів деяких забруднювальних речовин в атмосферу з великих спалювальних установок</p>



Продовження табл. 1.2

1	2	3
	<p>ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.</p>	
<p><b>2. В ст. 2 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</b> надаються визначення наступним поняттям: «викид», «газоподібні відходи», «значення викиду», «оператор», «спалювальна установка», «нова установка», «існуюча установка»</p>	<p><b>В ст. 1 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992 року</b> надається визначення наступним поняттям: «викид», «норматив гранично допустимого викиду забруднювальної речовини стаціонарного джерела», «технологічний норматив допустимого викиду забруднювальної речовини», «джерело викиду», згідно з яким це є – об'єкт (цех, агрегат, установка, транспортний засіб, підприємство, тощо), з якого надходить в атмосферне повітря забруднювальна речовина або суміш таких речовин.</p>	<p>Положення національного законодавства з цього приводу в цілому відповідає вимогам <i>ACQUIS COMMUNAUTAI RE</i>, а саме, закріпленим в ст. 2 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року. В національному законодавстві наведені аналогічні поняття.</p>
<p><b>3. ч. І ст. 3 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</b> визначає, що не пізніше 1 липня 1990 року держави-члени повинні скласти відповідні програми по поступовому скороченню загальних річних викидів з існуючих установок. Програми повинні встановлювати строки та процедури по імплементації.</p>	<p><b>ч.І ст. 11 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992 року</b> визначає, що для забезпечення екологічної безпеки, створення сприятливого середовища життєдіяльності, запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря на здоров'я людей та навколишнє природне середовище здійснюється регулювання викидів найбільш поширених і небезпечних забруднювальних</p>	<p>Положення національного законодавства з цього приводу в цілому відповідає вимогам <i>ACQUIS COMMUNAUTAI RE</i>, а саме, закріпленим в ч. І ст. 3 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року.</p>

Продовження табл. 1.2

1	2	3
	речовин, перелік яких встановлюється Кабінетом Міністрів України.	
<p><b>4. ч. 2 ст. 3 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</b> визначає, що відповідно до програм, згаданих в пункті 1, держави-члени повинні продовжувати дотримувати межі викидів і відповідні процентні скорочення, встановлені для діоксиду сірки в Додатку I, стовпчики 1-6, і для оксидів азоту в Додатку II, стовпчики 1-4, до дат, зазначених в цих Додатках, до впровадження положень статті 4, які застосовні до існуючих установок.</p>	<p><b>ч. 4 ст. 11 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992 року</b> визначає, що за поданням територіальних органів спеціально уповноважених центральних органів виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та з питань охорони здоров'я органи місцевого самоврядування, у разі перевищення нормативів екологічної безпеки, на відповідній території затверджують відповідно до закону програми оздоровлення атмосферного повітря, здійснюють заходи щодо зменшення забруднення атмосферного повітря.</p>	<p>Положення національного законодавства з цього приводу в цілому відповідає вимогам <i>ACQUIS COMMUNAUTAIRE</i>, а саме, закріпленим в ч. 2 ст. 3 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</p>
<p><b>5. ч. 1, 2 ст. 4 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</b> визначає, що без шкоди для положень статті 17, держави-члени повинні вжити відповідних заходів по забезпеченню того, щоб всі ліцензії на будівництво або, при відсутності такої процедури, на експлуатацію нових установок, які, на думку компетентного повноваженого органа, підлягають повному запиту на ліцензію до 27</p>	<p><b>Ст. 23 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992 року</b> визначає умови проектування, будівництва та реконструкції підприємств та інших об'єктів, які впливають або можуть впливати на стан атмосферного повітря, згідно з якими: проектування, будівництво і реконструкція підприємств та інших об'єктів, які впливають або можуть впливати на стан атмосферного повітря, удосконалення існуючих і впровадження нових технологічних процесів та устаткування здійснюються з обов'язковим дотриманням норм</p>	<p>Положення національного законодавства з цього приводу, які закріплені в Ст. 23 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992 року в цілому відповідає вимогам <i>ACQUIS COMMUNAUTAIRE</i>, а саме, закріпленим в ч. 1 ст. 4 Директиви</p>

Продовження табл. 1.2

1	2	3
<p>листопада 2002 року, за умови, що установка вводиться в експлуатацію не пізніше 27 листопада 2003 року, містили умови, що стосуються дотримання граничних значень викидів, установлених у частині А Додатків III та VII у відношенні діоксиду сірки, оксидів азоту та пилу.</p> <p>Держави-члени також повинні вжити відповідних заходів по забезпеченню того, щоб всі ліцензії на будівництво або, при відсутності такої процедури, на експлуатацію нових установок, відмінних від тих, які розглянуті в пункті 1, містили умови, що стосуються дотримання граничних значень викидів, установлених у частині В Додатків III та VII у відношенні діоксиду сірки, оксидів азоту та пилу.</p>	<p>екологічної безпеки, державних санітарних вимог і правил на запланованих для будівництва та реконструкції підприємствах та інших об'єктах, а також з урахуванням накопичення і трансформації забруднення в атмосфері, його транскордонного перенесення, особливостей кліматичних умов. Погодження проектів забудови, будівництва та реконструкції підприємств та інших об'єктів, які впливають або можуть впливати на стан атмосферного повітря, здійснюється спеціально уповноваженим органом виконавчої влади з питань містобудування та архітектури із врахуванням висновків природоохоронних, санітарних та інших органів виконавчої влади або органів місцевого самоврядування відповідно до їх повноважень, визначених законом. Будівництво та введення в експлуатацію нових і реконструйованих підприємств та інших об'єктів, які не відповідають встановленим законодавством вимогам про охорону атмосферного повітря, забороняються.</p>	<p><b>2001/80/ЄС</b>  <b>Європейського</b>  <b>Парламенту та</b>  <b>Ради від 23</b>  <b>жовтня 2001</b>  <b>року.</b></p>
<p><b>6. ч. 4 ст. 4 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</b> визначає, що без шкоди для положень Директиви 96/61/ЄС та 96/62/ЄС, існуючі установки можуть бути звільнені від дотримання граничних значень викидів, згаданих</p>	<p><b>ч.7, 8, 9 ст. 11 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992 року</b> визначає, що дозволи на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря видаються за умови: не перевищення протягом терміну їх дії встановлених нормативів екологічної безпеки;</p>	<p>Положення національного законодавства з цього приводу, які закріплені в <b>ч.7, 8, 9 ст. 11 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХІІ від 16 жовтня 1992 року</b> в</p>

Продовження табл. 1.2

1	2	3
<p>у пункті 3, і від включення в національний план по зменшенню викидів на наступних умовах:</p> <p><b>а)</b> Оператор існуючої установки зобов'язується в письмовій декларації, поданій в компетентний повноважний орган не пізніше 30 червня 2004 року, не експлуатувати установку більше 20 000 годин роботи починаючи з 1 січня 2008 року і закінчуючи не пізніше 31 грудня 2015 року;</p> <p><b>б)</b> Оператор зобов'язується щорічно представляти в компетентний повноважний орган відомість використаного та невикористаного часу, дозволеного на строк експлуатації установок, що залишився.</p>	<p>- не перевищення нормативів допустимих викидів забруднювальних речовин стаціонарних джерел;</p> <p>- дотримання вимог до технологічних процесів у частині обмеження викидів забруднювальних речовин. Якщо за результатами спостережень за станом атмосферного повітря або розрахунковими даними встановлено зони, де внаслідок причин об'єктивного характеру встановлено перевищення нормативів екологічної безпеки, приймається рішення про поетапне зниження викидів забруднювальних речовин. Тривалість кожного етапу та необхідне зменшення обсягів викидів забруднювальних речовин на кожному етапі встановлюються територіальними органами спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів за погодженням з територіальними органами спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань охорони здоров'я. Порядок проведення та оплати робіт, пов'язаних з видачею дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, обліку підприємств, установ та громадян-суб'єктів підприємницької діяльності, які отримали такі дозволи, встановлюється Кабінетом Міністрів.</p>	<p>в цілому відповідає вимогам <i>ACQUIS COMMUNAUTAIRE</i>, а саме, закріпленим в ч. 4 ст. 4 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</p>

Продовження табл. 1.2

1	2	3
<p><b>7. ч. 1 ст. 7 Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року</b> визначає, що Держави – члени повинні забезпечити, щоб у ліцензіях або дозволах, згаданих у статті 4, було включене положення про процедури, пов’язані з несправністю або поломкою обладнання по зменшенню забруднення. У випадку поломки компетентний повноважний орган повинен, зокрема, вимагати, щоб оператор скоротив або припинив роботу, якщо протягом 24 год. не буде відновлена нормальна робота, або ж експлуатував установку, використовуючи слабо забруднювальне паливо. У будь-якому випадку компетентний повноважний орган повинен бути сповіщений протягом 48 год. Ні за яких умов кумулятивна тривалість експлуатації без зменшення забруднення за будь-який період у 12 міс. не повинна перевищувати 120 год. Компетентний повноважний орган може дозволити виключення на 24 та 120 год.: <b>а)</b> існує необхідність у підтримці подачі енергії; <b>б)</b> установка з поломкою буде замінена на період іншою установкою, яка викличе збільшення викидів.</p>	<p><b>Ст. 12 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХП від 16 жовтня 1992 року</b> визначає, що господарська чи інші види діяльності, пов’язані з порушенням умов і вимог до викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря і рівнів впливу фізичних та біологічних факторів на його стан, передбачених дозволами, може бути обмежена, тимчасово заборонена (зупинена) або припинена відповідно до законодавства.</p> <p><b>ч. 2 ст. 15 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» №2707-ХП від 16 жовтня 1992 року</b> визначає, що у разі виникнення таких надзвичайних екологічних ситуацій керівники підприємств, установ, організацій та громадяни – суб’єкти підприємницької діяльності зобов’язані негайно в порядку, визначеному Законом України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», повідомити про це органи, які здійснюють державний контроль у галузі охорони атмосферного повітря, і вжити заходів до охорони атмосферного повітря та ліквідації причин і наслідків його забруднення.</p>	<p>Положення національного законодавства з цього приводу в відповідає вимогам <i>ACQUIS COMMUNAUTAIRE</i>, а саме, закріпленим в ч. 1 ст. 7 <b>Директиви 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001 року.</b></p>

## 1.2 Розробка документації на стадії створення проектів з охорони навколишнього середовища

При розробці будь-яких проектів потрібно розглядати вплив господарської діяльності на природне, соціальне та техногенне середовище, оцінювати вплив господарської діяльності, заснований на положеннях нормативного документа ДБН А.2.2-1-2003.

Дані будівельні норми встановлюють порядок розроблення матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) у складі проектної документації на нове будівництво, розширення, реконструкцію та технічне переоснащення об'єктів промислового та цивільного призначення (далі – планована діяльність), основні вимоги до складу й змісту цих матеріалів.

Додаткові вимоги щодо складу матеріалів ОВНС об'єктів зі специфічними умовами будівництва, а також при ліквідації наслідків аварій і катастроф, консервації й ліквідації підприємств, будинків і споруд визначаються в окремих відомчих нормативних документах.

Норми є обов'язковими для органів державного управління, контролю і експертизи, місцевого й регіонального самоврядування, підприємств, організацій і установ незалежно від форм власності і відомчої належності та фізичних осіб, котрі здійснюють свою діяльність у межах України.

Основні терміни, визначення наведені у додатку А ДБН А.2.2-1-2003.

### 1.2.1 Загальні положення

**Метою ОВНС** є визначення доцільності і прийнятності планованої діяльності і обґрунтування економічних, технічних, організаційних, санітарних, державно-правових та інших заходів щодо забезпечення безпеки навколишнього середовища.

**Матеріали ОВНС** надаються у складі проектної документації уповноваженим державним органам для експертної оцінки і повинні всебічно характеризувати результати оцінки впливів на природне, соціальне, включаючи життєдіяльність населення, і техногенне середовище (далі – навколишнє середовище) та обґрунтовувати допустимість планованої діяльності.

**Основними завданнями ОВНС** є:

- загальна характеристика існуючого стану території району і майданчика (траси) будівництва або їх варіантів, де планується здійснити плановану діяльність;
- розгляд і оцінка екологічних, соціальних і техногенних факторів, санітарно-епідемічної ситуації конкурентно-можливих альтернатив (у тому числі технологічних і територіальних) планованої

діяльності та обґрунтування переваг обраної альтернативи та варіанта розміщення;

- визначення переліку можливих екологічно небезпечних впливів (далі впливів) і зон впливів планованої діяльності на навколишнє середовище за варіантами розміщення (якщо рекомендується подальший розгляд декількох);

- визначення масштабів та рівнів впливів планованої діяльності на навколишнє середовище;

- прогноз змін стану навколишнього середовища відповідно до переліку впливів;

- визначення комплексу заходів щодо попередження або обмеження небезпечних впливів планованої діяльності на навколишнє середовище, необхідних для дотримання вимог природоохоронного та санітарного законодавств і інших законодавчих та нормативних документів, які стосуються безпеки навколишнього середовища;

- визначення прийнятності очікуваних залишкових впливів на навколишнє середовище, що можуть бути за умови реалізації всіх передбачених заходів;

- складання Заяви про екологічні наслідки планованої діяльності.

При розробленні матеріалів ОВНС необхідно керуватися вимогами чинного законодавства (додаток Б ДБН А.2.2-1-2003), стандарту України ДСТУ ISO-14001-97, чинними державними будівельними, санітарними та протипожежними нормами, а також місцевими екологічними умовами й обмеженнями.

Виконання ОВНС та підготовка її матеріалів, а також виконання окремих розділів на засадах субпідряду доручається організаціям, які мають відповідну ліцензію. Вартість робіт з ОВНС проводиться у зведеному кошторисі окремим рядком,

Порядок виконання та підготовки матеріалів ОВНС повинен відповідати загальній технологічній схемі інвестиційного процесу будівництва, наведеній у додатку В ДБН А.2.2-1-2003.

- замовник визначає виконавця ОВНС;

- замовник і виконавець ОВНС складають, погоджують і публікують Заяву про наміри за формою, наведеною у додатку Г ДБН А.2.2-1-2003, із зазначенням переліку очікуваних впливів планованої діяльності; проводять збір і систематизацію наявних матеріалів про стан навколишнього середовища, середовища життєдіяльності населення і господарської діяльності відповідно до переліку впливів; складають завдання на розроблення матеріалів ОВНС за формою, наведеною у додатку Д ДБН А.2.2-1-2003, з обґрунтуванням обсягів робіт залежно від небезпеки для навколишнього середовища планованої діяльності, її альтернативи (у тому числі відмови від зазначеної діяльності), варіантів

розміщення і стану навколишнього середовища;

- виконавець ОВНС виконує роботи відповідно до завдання на розроблення матеріалів ОВНС і 1.7-1.12 Норм і за результатами цих робіт готує разом із замовником Заяву про екологічні наслідки діяльності;

- при виконанні ОВНС для видів діяльності й об'єктів, наведених у додатку Е ДБН А.2.2-1-2003, замовник або, за його дорученням, виконавець ОВНС через органи місцевої влади інформує населення про плановану діяльність, визначає місце і порядок проведення громадських слухань, відкритих засідань, збирає звернення громадян, здійснює розгляд та врахування зауважень і пропозицій;

- замовник чи, за його дорученням, генпроектувальник подають матеріали ОВНС у складі проектної документації на узгодження і комплексну державну експертизу відповідно до чинного законодавства.

Для видів діяльності й об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку, наведених у додатку Е ДБН А.2.2-1-2003, розроблення матеріалів ОВНС виконується в обов'язі відповідно до розділу 2 Норм.

Для інших видів діяльності та об'єктів, не наведених у додатку Е ДБН А.2.2-1-2003, матеріали ОВНС розробляються у скороченому обсязі, який визначається замовником і генпроектувальником у кожному конкретному випадку при складанні Заяви про наміри, за узгодженням з місцевими органами Мінекоресурсів та Державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України.

На основі висновків остаточного звіту ОВНС замовник і виконавець ОВНС складають текст Заяви про екологічні наслідки планованої діяльності і забезпечують її розповсюдження через засоби масової інформації.

Остаточний звіт ОВНС, з урахуванням громадських інтересів, у складі проектної документації подається замовником або генпроектувальником на узгодження і проходження державних експертиз.

Врахування громадських інтересів здійснюється відповідно до Закону України «Про планування і забудову територій» та законодавчих документів, наведених у додатку В ДБН А.2.2-1-2003.

При цьому замовник планованої діяльності забезпечує:

- інформування в установленому порядку населення про проведення обговорення планованої діяльності;

- громадське обговорення проекту (широта обговорення повинна визначатися масштабами очікуваних впливів);

- надання проектних матеріалів представникам громадськості відповідно до Заяви про наміри (додаток Г ДБН А.2.2-1-2003).

Матеріали врахування громадських інтересів повинні містити:

- відомості про опублікування в засобах масової інформації Заяви про наміри і проведення громадських обговорень;

- письмові та інші документи звернень громадян;



- перелік матеріалів, представлених з боку замовника і виконавця ОВНС на розгляд місцевого населення та громадських організацій, перелік питань і зауважень громадян, обґрунтовані відповіді;

- узагальнені рішення про враховану частину громадських пропозицій та обґрунтування, що стосуються неврахованої їх частини;

- рішення громадської експертизи (якщо вона проводилась).

Коригування матеріалів ОВНС за результатами громадського обговорення здійснюється за рішенням замовника і генпроектувальника. Мотиви неврахування тих чи інших рішень, за необхідності, передаються заінтересованій громадськості.

За наявності впливів планованої діяльності на території сусідніх держав ОВНС її виконують з урахуванням вимог Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті, ратифікованої Україною 19 березня 1999 року.

При складанні акту вибору і проекту відведення земельної ділянки для розміщення об'єкта проектування, а також у випадках зменшення нормативної санітарно-захисної зони матеріали ОВНС подаються в обсязі, достатньому для обґрунтування висновків при погодженні місця розташування об'єкта органами державного нагляду, а також визначення обмежень під час використання ділянки.

Матеріали ОВНС розробляються на підставі інженерно-екологічних, санітар-но-гігієнічних, інженерно-технічних вишукувань і досліджень на базі сучасних методик і технічних засобів.

Вихідними даними для виконання ОВНС є усі наявні фондові дані, що характеризують стан навколишнього середовища на досліджуваній території, дані моніторингу, результати інженерно-технічних і інших вишукувань минулих років, картографічні матеріали та інша інформація.

Звітні матеріали з ОВНС повинні за своїм складом і змістом бути достатні для того, щоб характеризувати:

- дотримання вимог нормативно-правових документів органів державної влади (Укази Президента, постанови і розпорядження Кабінету Міністрів України та місцевих органів виконавчої влади);

- дотримання положень чинних природоохоронного, санітарного і містобудівного законодавств;

- відповідність вимогам чинних нормативних документів (ДБН, ВБН, РБН, національних стандартів) у частині регламентації ними питань, пов'язаних з природоохоронними проблемами, використанням природних ресурсів, а також проблемами забезпечення безпечних умов життєдіяльності людини та експлуатаційної надійності техногенних об'єктів;

- неперевищення впливів на навколишнє середовище щодо показників, нормованих і лімітованих на момент проектування об'єкта (ГДК, ліміти та ін.);

- виникнення у навколишньому середовищі небезпечних ендогенних і екзогенних геологічних процесів та інших явищ (забруднення, заростання водойм тощо);
- дотримання екологічних, санітарно-епідеміологічних, інженерно-технічних і місцевих функціонально-планувальних обмежень;
- ефективність запропонованих ресурсозберігаючих, захисних, відновлювальних, компенсаційних і охоронних заходів.

### *1.2.2 Структура і склад розділу ОВНС*

Розділ ОВНС повинен містити такі підрозділи:

- підстави для проведення ОВНС;
- фізико-географічні особливості району і майданчика (траси) будівництва об'єкта проектування;
- загальна характеристика об'єкта проектування;
- оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє природне середовище;
- оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє соціальне середовище;
- оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє техногенне середовище;
- комплексні заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища і його безпеки;
- оцінка впливів на навколишнє середовище під час будівництва;
- заява про екологічні наслідки діяльності.

#### ***Підстави для проведення ОВНС***

До складу матеріалів підрозділу включають:

- відомості про документи, що є підставою для розроблення матеріалів ОВНС у складі інвестиційної програми чи проекту будівництва;
- перелік джерел потенційного впливу планованої діяльності на навколишнє середовище з урахуванням її альтернативних варіантів;
- стислу характеристику видів впливів планованої діяльності на навколишнє середовище та їх перелік, визначений у «Заяви про наміри» або на інших етапах виконання ОВНС;
- перелік екологічних, санітарно-епідеміологічних, протипожежних і містобудівних обмежень;
- дані щодо ставлення громадськості та інших зацікавлених сторін до планованої діяльності і пов'язаних з нею проблем, що вимагають вирішення;
- перелік використаних нормативно-методичних документів;
- опис методів прогнозування динаміки показників навколишнього середовища і обґрунтування розрахункових періодів прогнозу;

- дані про структурні підрозділи виконавця та перелік субпідрядних організацій і фахівців, котрі виконували ОВНС (якщо не наводилися у вступі);
- перелік та стислий аналіз попередніх погоджень і експертиз, включаючи і громадську експертизу (якщо вона проводилась);
- перелік джерел інформації, використаних при розробленні матеріалів ОВНС.

***Фізико-географічні особливості району і майданчика (траси) розміщення об'єкта проектування***

Підрозділ має містити стислий опис фізико-географічних умов, рельєфу місцевості, дані про наявність об'єктів природно-заповідного фонду, узагальнену характеристику флори і фауни в обсязі, необхідному для екологічних, санітарно-епідеміологічних, соціальних і економічних оцінок на регіональному і місцевому рівнях, характеристику розподілу всіх негативних факторів у зоні впливів планованої діяльності, а також відповідні картографічні матеріали, ситуаційні схеми та ін.

***Загальна характеристика об'єкта проектування***

До складу матеріалів підрозділу включаються:

- загальна характеристика планованої діяльності та її альтернативи;
- відповідність планованої діяльності містобудівній документації;
- наявність позитивних екологічних, санітарно-епідеміологічних, соціальних і економічних аспектів реалізації планованої діяльності.

Стисла характеристика планованої діяльності містить:

- розгляд варіантів розміщення планованої діяльності (у тому числі альтернативи відмови від діяльності), а також варіантів технологічних процесів, якщо вони передбачаються завданням на проектування;
- дані про розміри будівельних майданчиків, площі зайнятих земельних угідь;
- коротку характеристику виробництва, класи його небезпеки і продукції, що виробляється;
- дані про сировинні, земельні, водні, енергетичні та інші використовувані ресурси;
- опис технологічного процесу планованої діяльності з зазначенням усіх чинників впливу на навколишнє середовище і технічних рішень, спрямованих на усунення чи зменшення шкідливих викидів, скидів, витоків, випромінювань у навколишнє середовище, у порівнянні з найкращими вітчизняними і закордонними аналогами;
- опис інженерних мереж і комунікацій, схем збору, очищення і видалення шкідливих речовин;
- проектні дані про розрахункові обсяги усіх видів газоподібних,

рідких, твердих відходів виробництва і твердих побутових відходів, а також проектні рішення щодо екологічної та санітарної безпеки утилізації чи деструкції як на об'єкті, що проектується, так і при передачі їх на інші підприємства для подальшого використання та обробки;

- оцінку можливості виникнення та розвитку аварійних ситуацій;
- перелік і характеристику потенційних джерел впливу на навколишнє середовище;
- перелік потенційних об'єктів впливів і можливі межі зони впливу на періоди будівництва та експлуатації об'єкта планованої діяльності.

Джерела впливів на навколишнє середовище вказуються на генплани та ситуаційних схемах.

### ***Оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє природне середовище***

#### ***Загальні вимоги***

При оцінці впливів на навколишнє природне середовище виділяються такі його компоненти:

- клімат і мікроклімат;
- повітряне середовище;
- геологічне середовище;
- водне середовище;
- ґрунти;
- рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти.

Розглядаються тільки ті компоненти та об'єкти навколишнього природного середовища, на які впливає планована діяльність, а також ті, сучасний стан яких не відповідає нормативному. Серед чинників впливу на навколишнє середовище слід розглядати просторові, енергетичні, хімічні, фізичні та ін.

Додатково розглядаються впливи, пов'язані з надзвичайними ситуаціями такими, як природно-осередкові захворювання, геохімічні аномалії, стихійні нещастя, аварії та ін.

Для кожного компонента навколишнього природного середовища, що розглядається, наводиться:

- обґрунтування необхідності оцінки його характеристик;
- перелік впливів (включаючи опосередковані), які ранжуються за масштабом і значенням наслідків, та їх характеристика, що містить також якісні та кількісні параметри, ступінь небезпеки;
- обґрунтування меж зон впливів планованої діяльності, дані щодо розмірів санітарно-захисних зон та розривів;
- характеристика ретроспективного, сучасного і прогностичного станів навколишнього середовища та їх оцінка за фоновими та нормативними показниками з урахуванням можливих аварійних ситуацій;
- обґрунтування заходів щодо попередження та обмеження

негативних впливів, оцінка їх ефективності та характеристика залишкових впливів;

- аналіз обмежень будівництва об'єктів планованої діяльності за умовами навколишнього природного середовища;
- обсяг необхідної інженерної підготовки території.

Результати аналізу й оцінки змін стану компонентів природного середовища відображаються на картографічному матеріалі, ситуаційній схемі і генплані та у відповідних табличних матеріалах. Ці дані також є вихідними даними для подальших оцінок можливих змін стану техногенного середовища та життєдіяльності населення.

### *1.2.3 Особливості врахування вимог Державних будівельних норм (ДБН) щодо розробки розділів оцінки впливу на клімат і атмосферне повітря*

#### ***Клімат і мікроклімат***

До складу матеріалів підрозділу включаються:

- стисла характеристика кліматичної зони розміщення планованої діяльності;
- основні кількісні характеристики поточних і багаторічних кліматичних даних;
- оцінка очікуваних змін мікроклімату у випадках активних і масштабних впливів планованої діяльності (значне виділення інертних газів, теплоти, вологи та ін.);
- оцінка впливу кліматичних умов, несприятливих для розсіювання забруднювальних речовин в атмосферному повітрі;
- можливості виникнення мікрокліматичних умов, що сприяють розповсюдженню шкідливих видів фауни і флори;
- особливості кліматичних умов, сприятливих для зростання інтенсивності впливів планованої діяльності на навколишнє середовище.

За необхідності передбачаються заходи з запобігання негативним впливам планованої діяльності на клімат і мікроклімат, а також пов'язаних з ними несприятливих змін у навколишньому. Підлягають аналізу впливи пріоритетних та специфічних забруднювальних речовин, що містяться у викидах об'єктів планованої діяльності з урахуванням фонових концентрацій в межах зон впливу цих об'єктів.

#### ***Повітряне середовище***

До складу матеріалів підрозділу включаються:

- характеристика джерел викидів забруднювальних речовин в атмосферу, схема їх розміщення, розрахунки маси викидів з посиланням на використані методики;
- результати розрахунків приземних концентрацій з посиланням на використані програмні засоби;

- дані фонового забруднення атмосфери в районі розміщення проектного об'єкта (дані натурних спостережень на стаціонарних постах, підфакельних досліджень, розрахункові тощо);

- оцінка рівня забруднення атмосферного повітря, що створюватиметься проектованим об'єктом, а також з урахуванням фонового рівня забруднення за гігієнічними нормативами (гранично допустимими концентраціями – ГДК, групами сумації, комплексними показниками та критеріями небезпеки);

- прогностні, на розрахунковий період, фонові концентрації до м і шок без урахування впливу планованої діяльності та прогностні на розрахунковий період рівні забруднення атмосферного повітря з урахуванням прогностного фону та впливу планованої діяльності;

- оцінка забруднення атмосферного повітря при несприятливих метеорологічних умовах (НМУ) і відповідні метеоекологічні обмеження величин максимальних разових викидів;

- оцінка забруднення при можливих аварійних ситуаціях;

- обґрунтування рівнів допустимих викидів і заходів щодо запобігання або зменшення утворення і виділення речовин, що забруднюють атмосферне повітря;

- пропозиції щодо визначення розміру санітарно-захисної зони на підставі розрахунків забруднення атмосфери від об'єкта планованої діяльності;

- організація моніторингу стану атмосферного повітря, методи і засоби контролю.

Підлягають аналізу характеристики шуму від об'єкта планованої діяльності:

- дані натурних вимірів існуючого фонового рівня шуму (якщо вони мали місце);

- розрахункові рівні шуму від об'єкта планованої діяльності;

- обґрунтування заходів щодо зменшення шуму джерел;

- обґрунтування вимог до шумозахисних заходів.

Наводиться аналіз впливів теплових викидів, ультразвуку, електромагнітних та іонізуючих випромінювань і обґрунтовуються заходи щодо їхнього запобігання або зменшення.

#### *1.2.4 Розробка документації на стадії створення проектів з охорони навколишнього середовища (підрозділ з охорони водного середовища)*

Підлягають аналізу порушення гідрологічних і гідрогеологічних параметрів водних об'єктів і територій у зонах впливів планованої діяльності, впливи на поверхневі і підземні води пріоритетних і специфічних забруднювальних речовин, що надходять у водне середовище

при скидах стічних вод і фільтраційних витоках.

Результати аналізу повинні відображати розподіл оцінюваних показників по акваторії і території, у контрольних створах, враховувати впливи, що підсумовуються, обґрунтовувати санітарні попуски, допустимі скиди і фільтраційні витоки.

У матеріалах, що характеризують поверхневі води, стисло наводяться загальні відомості про водні об'єкти, основні дані щодо їх водозбірних басейнів і господарського використання, наявність пунктів спостережень за їх станом.

При оцінці впливів планованої діяльності на стан поверхневих вод і основних угруповань водних організмів розглядають:

- морфометричні, гідродинамічні і водно-балансові параметри;
- якість вод, включаючи фізичні, хімічні, санітарно-гігієнічні, токсикологічні, паразитологічні, радіоекологічні характеристики;
- біологічні характеристики, включаючи видовий склад, чисельність, біомасу і біопродуктивність основних гідробіонтів, біоперешкоди їх існування та ін.

Окремо викладаються матеріали щодо якості води в місцях водокористування, відпочинку, спорту тощо.

Оцінка впливів на морське середовище (включаючи лимани, гирла річок) об'єктів морегосподарського комплексу виконується з урахуванням режиму діяльності у прибережній зоні, можливого руйнування берегів, утворення наносів, а також забезпечення інженерного захисту прибережних територій, будівництва інженерних споруд та ін.

Матеріали, що характеризують підземні води, включають загальні відомості про басейн підземних вод, потужності зони активного водообміну, розвитку горизонтів підземних вод, дані про їх господарське використання, перелік і опис пунктів гідрогеологічних спостережень, результати яких використані у матеріалах ОВНС.

Оцінка впливів планованої діяльності на підземні води виконується для ґрунтових вод і водоносних горизонтів, що реально використовуються для питних, господарських, лікувальних та інших цілей. При оцінці впливів розглядають:

- морфометричні, гідродинамічні, фільтраційні і водно-балансові параметри;
- якість вод, включаючи фізичні, хімічні, санітарно-гігієнічні та інші характеристики згідно з чинним законодавством;
- умови природної захищеності.

Окремо викладаються матеріали щодо якості води в місцях живлення водоносних горизонтів та водозабору.

Обґрунтовуються заходи щодо запобігання або зменшення надходження у водне середовище забруднювальних речовин, порушення гідродинамічного режиму, виснаження поверхневих і підземних водних

ресурсів, погіршення стану вод і деградації угруповань водних організмів. Розрахункові варіанти повинні охоплювати найменш сприятливі періоди і можливі аварійні ситуації.

*1.2.5 Розробка документації на стадії створення проектів з охорони навколишнього середовища (підрозділу з охорони геологічного середовища й охорони ґрунтів)*

### ***Геологічне середовище***

Наводиться загальна характеристика основних елементів геологічної, структурно-тектонічної будови, геоморфологічних особливостей та ландшафтів, аналіз існуючих і прогнозованих негативних ендегенних і екзогенних процесів і явищ природного і техногенного походження (тектонічних, сейсмічних, геодинамічних, зсувних, селевих, карстових, змін напруженого стану і властивостей масивів порід, деформації земної поверхні та ін.) з урахуванням впливів планованої діяльності.

Обґрунтовуються заходи щодо запобігання або зменшення розвитку небезпечних геологічних процесів і явищ.

### ***Ґрунти***

Підлягають аналізу впливи планованої діяльності на ґрунти з урахуванням особливостей землекористування, наявності площ цінних сільськогосподарських угідь, хімічного, біологічного та радіоактивного забруднення, вібрації, виникнення небезпечних інженерно-геологічних процесів і явищ та інших чинників, які негативно впливають на стан ґрунтів.

При оцінці впливів планованої діяльності на стан ґрунтів враховують генетичні види ґрунтів, характеристики їхнього гумусового складу, механічні і водно-фізичні властивості, ландшафтно-геохімічні бар'єри (накопичення і міграція речовин), родючість, ступінь розвитку процесів деградації ґрунтів.

Обґрунтовують заходи щодо запобігання або зменшення негативних впливів на ґрунти і зниження їхньої родючості, з рекультивації земель, які тимчасово вилучають з землекористування, відпрацьованих кар'єрів, інших порушених земель, а також з проведення робіт з поліпшення якості малопродуктивних земель.

### ***Рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти***

Наводиться коротка характеристика домінуючих екосистем, флори і фауни та ін.

Вихідні дані для характеристики стану і оцінки змін рослинного і тваринного світу формуються на основі фондових даних і матеріалів натурних досліджень.

Підлягають аналізу впливи на рослинний і тваринний світ тільки тих забруднювальних речовин, що надходять до навколишнього середовища в



результаті планованої діяльності.

Оцінюється опосередкований вплив на флору і фауну техногенних змін клімату і мікроклімату, водного режиму, ґрунтового покриву, фізичних і біологічних факторів.

Оцінюються зміни складу рослинних угруповань і фауни, видової різноманітності, популяцій домінуючих, цінних і охоронюваних видів, їх фізіологічного стану і продуктивності, стійкості до хвороб.

Обґрунтовуються заходи щодо запобігання виснаженню і деградації рослинних угруповань і фауни.

Враховується наявність у зонах впливів планованої діяльності об'єктів природно-заповідного фонду і територій, перспективних для заповідання (зарезервованих з цією метою), наземних, водних і повітряних шляхів міграції тварин.

Обґрунтовуються заходи, необхідні для забезпечення дотримання режиму заповідних територій.

Подається дендроплан озеленення території, що включає відомість про озеленення та баланс знесених і компенсаційних насаджень за чинними містобудівними нормами.

***Оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє соціальне середовище***

Наводиться коротка сучасна і прогнозна характеристики основних соціально-побутових умов проживання місцевого населення в зоні впливів планованої діяльності.

Характеристика населення включає інформацію про його статеву-вікову структуру, зайнятість, міграцію, чисельність, захворюваність і потреби. При цьому визначається:

- характер та розміщення прилеглої до об'єкта проектування житлової та громадської забудови;
- наявність об'єктів соціально-побутового, спортивно-оздоровчого, курортного та рекреаційного призначення тощо;
- інженерне облаштування забудови (водопостачання, каналізація, тепlopостачання та інше).

Оцінюються позитивні і негативні впливи планованої діяльності на соціальні умови життєдіяльності та задоволення потреб місцевого населення, в тому числі його зайнятості.

Оцінюються впливи планованої діяльності на зони рекреації та обґрунтовуються заходи щодо їх збереження і раціонального використання.

У випадках проектування особливо небезпечних промислових об'єктів, що можуть несприятливо впливати на навколишнє середовище (I та II класу небезпеки за санітарною класифікацією «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів». ДСП № 173-96), здійснюється оцінка прогнозного впливу проектного об'єкта на

стан здоров'я населення, яке мешкає на прилеглий території.

Обґрунтовуються заходи щодо запобігання погіршенню умов життєдіяльності місцевого населення та його здоров'я при реалізації проекту будівництва об'єкта, у тому числі розглядаються компенсаційні заходи.

### ***Оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє техногенне середовище***

Оцінюються впливи планованої діяльності на промислові, житлово-цивільні об'єкти, пам'ятки архітектури, історії і культури (як об'єкти забудови), наземні і підземні споруди та інші елементи техногенного середовища, що знаходяться в зоні впливів планованої діяльності. Обґрунтовуються заходи щодо забезпечення їх експлуатаційної надійності і збереженості.

Визначаються об'єкти навколишнього техногенного середовища, що можуть негативно впливати на проектувану діяльність, види цих впливів, способи і засоби їх ліквідації.

### ***Комплексні заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та його безпеки***

Підрозділ містить результати узагальнення заходів щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища, розглянутих у пунктах 2.12; 2.14; 2.15-2.17; 2.20; 2.22; 2.24; 2.27-2.37 ДБН А.2.2-1-2003, а також дані щодо поводження з усіма відходами, що утворюються при здійсненні планованої діяльності.

Наводиться перелік і стисла характеристика проектних рішень, комплекс яких включає:

- ресурсозберігаючі заходи – збереження і раціональне використання земельних, водних, енергетичних, паливних ресурсів, повторне їх використання та ін.;
- захисні заходи – влаштування захисних споруд (дренажі, екрани, завіси та ін.), включаючи технологічні заходи (використання екологічно чистих і безвідхідних технологій, очищення, екологічно безпечне поводження з відходами та ін.), планувальні заходи (функціональне зонування, організація санітарно-захисних зон, озеленення та ін.), усунення наднормативних впливів;
- відновлювальні заходи – технічна і біологічна рекультивация, нормалізація стану окремих компонентів навколишнього середовища тощо;
- компенсаційні заходи – компенсація незворотного збитку від планованої діяльності шляхом проведення заходів щодо рівноцінного поліпшення стану природного, соціального і техногенного середовища в іншому місці і/або в інший час, грошове відшкодування збитків;
- охоронні заходи – моніторинг території зон впливів планованої діяльності, система оповіщення населення.

Наводяться, за можливості, результати розрахунків визначення економічної ефективності здійснення природоохоронних заходів.

Оцінюються обмеження будівництва об'єктів планованої діяльності за умовами навколишнього природного, соціального, техногенного середовища та обсяг інженерної підготовки території, необхідний для дотримання умов безпеки навколишнього середовища.

До матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище відходів виробництва планованої діяльності відносяться:

- проектні дані про обсяги усіх видів газоподібних, рідких і твердих відходів виробництва і твердих побутових відходів;
- відомості про запроєктовані технологічні рішення щодо зменшення обсягів відходів, які утворюються;
- відомості про заходи щодо утилізації відходів безпосередньо на підприємстві;
- дані щодо поводження з відходами, які вивозяться за межі підприємства.

Виконується комплексна оцінка впливів планованої діяльності на навколишнє середовище за умови реалізації комплексу заходів щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища, з урахуванням попередніх оцінок, наведених у інших підрозділах.

Визначається ступінь екологічного ризику планованої діяльності та впливу на умови життєдіяльності людини.

Оцінка ризику впливу планованої діяльності на навколишнє середовище виконується для об'єктів, що входять до складу додатка Е ДБН А.2.2-1-2003 та включає:

- оцінку ризику впливу планованої діяльності на здоров'я населення (додаток Ж ДБН А.2.2-1-2003);
- оцінку соціального ризику впливу планованої діяльності (додаток И ДБН А.2.2-1-2003);
- ідентифікацію потенційно небезпечних об'єктів за Методикою ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів (наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 23 лютого 2006 р. №98. зареєстровано в Міністерстві юстиції України 20 березня 2006 р. за №286/12160);
- опис технічних рішень із запобігання розвитку аварій та локалізації викидів небезпечних речовин, забезпечення пожежної та вибухобезпеки;
- опис систем контролю й автоматичного регулювання, блокування, сигналізації та інших засобів запобігання аваріям;
- наведення рекомендацій зі зниження ризиків.

Обґрунтовується оптимальність прийнятого комплексу проектних рішень виходячи із вимог екологічного та санітарного законодавства і

забезпечення експлуатаційної надійності об'єктів навколишнього техногенного середовища.

Наводиться перелік і характеристика залишкових впливів і обґрунтовується їх допустимість при будівництві і експлуатації об'єктів проектованої діяльності.

Якщо неможливо досягнути гігієнічних та екологічних нормативів якості навколишнього середовища на територіях з підвищеним рівнем його забруднення, то проектування об'єктів будівництва, що є джерелами додаткового забруднення, не дозволяється.

#### ***Оцінка впливів на навколишнє середовище при будівництві***

Виконується в складі матеріалів розділу проекту організації будівництва (ПОБ) і включає заходи щодо:

- захисту повітряного середовища та боротьби з шумом і іншими негативними фізичними впливами;
- охорони поверхневих і підземних вод;
- охорони ґрунту;
- охорони рослинного і тваринного світу, заповідних об'єктів;
- охорони умов життєдіяльності людини;
- охорони пам'яток історії і культури;
- охорони оточуючих об'єктів техногенного середовища.

Виконується комплексний аналіз стану будівельного майданчика (траси) і встановлюються вимоги до:

- розміщення під'їзних доріг та стоянок автотранспорту;
- підйомно-транспортних механізмів, будівельного обладнання, електроприладів, інструментів тощо;
- інженерного облаштування побутових приміщень та складських об'єктів;
- вивозу або утилізації будівельних відходів та рекультивації земель після завершення будівельної діяльності;
- вибору оптимальних технологічних рішень, що знижують негативний вплив будівництва на навколишнє середовище до нормативного рівня.

В матеріалах розділу ПОБ відображають оцінку впливу об'єкта будівництва на природні об'єкти, на середовище життєдіяльності людини й оточуючі будівлі та споруди, а також намічені санітарні заходи щодо створення сприятливих умов життєдіяльності населення, що проживає в зоні будівництва.

#### ***Заява про екологічні наслідки діяльності***

Заява про екологічні наслідки діяльності є юридичним документом щодо суті цих наслідків і гарантій виконання природоохоронних заходів із забезпечення безпеки навколишнього середовища на весь період здійснення планованої діяльності, складається замовником і генпроектувальником або за їх дорученням виконавцем ОВНС і являє

собою резюме матеріалів ОВНС, де повинні бути відображені:

- дані про плановану діяльність, мету і шляхи її здійснення;
- суттєві фактори, що впливають чи можуть впливати на стан навколишнього природного середовища з урахуванням можливості виникнення надзвичайних екологічних ситуацій;
- кількісні та якісні показники оцінки рівнів екологічного ризику та безпеки для життєдіяльності населення планованої діяльності, а також заходи, що гарантують здійснення діяльності відповідно до екологічних стандартів і нормативів;
- перелік залишкових впливів;
- вжиті заходи щодо інформування громадськості про плановану діяльність, мету і шляхи її здійснення;
- зобов'язання замовника щодо здійснення проектних рішень відповідно до норм і правил охорони навколишнього середовища і вимог екологічної безпеки на всіх етапах будівництва та експлуатації об'єкта планованої діяльності.

Заява про екологічні наслідки діяльності складається в стислій формі, містить тільки підсумкові результати ОВНС і необхідні коментарі.

Заява про екологічні наслідки діяльності підписується замовником і генеральним проектувальником, копії, у тому числі на магнітних носіях, подаються для подальшого контролю в місцеві органи влади.

#### ***Вимоги до ОВНС у схемі інвестиційного процесу будівництва***

Основний обсяг робіт з ОВНС, як правило, виконується на стадії техніко-економічного обґрунтування інвестицій (ТЕО інвестицій) або ескізного проекту (ЕП) і уточнюється у випадку зміни прийнятих рішень у проекті (робочому проекті), зокрема, при зміні технологічного процесу, потужності підприємства (об'єкта), а також виділенні нових пускових комплексів та ін. Відсутність змін у проекті (робочому проекті) у порівнянні з ТЕО інвестицій або ЕП засвідчується підписом замовника і головного інженера проекту.

На стадії проект (робочий проект) підготовка матеріалів ОВНС у повному обсязі виконується тільки у тих випадках, коли ці матеріали не готувалися на попередніх стадіях.

Після вводу об'єкта проектування в експлуатацію та досягнення проектної потужності виконується, за необхідності, оцінка ефективності прийнятого комплексу охоронних і захисних заходів та коригування матеріалів ОВНС. В подальшому після-проектний аналіз виконується з ініціативи адміністрації об'єкта експлуатації або органів державного нагляду.

1.2.6 Аналіз впливу пріоритетних і специфічних забруднювальних речовин, що містяться у викидах об'єктів планованої діяльності з урахуванням фонових концентрацій у границях зон впливу цих об'єктів

### **Показники нормування забруднювальних речовин в повітрі**

Згідно з законом України «Про охорону атмосферного повітря», для обмеження забруднення та можливості контролю стану повітряного середовища Міністерством охорони здоров'я (МОЗ) встановлюються гранично допустимі концентрації забруднюючих атмосфери речовин.

**Гранично допустима концентрація** – така маса шкідливої речовини в одиниці об'єму (в мг на 1м<sup>3</sup> повітря, 1 л рідини чи 1 кг твердої речовини) окремих компонентів біосфери, періодичний чи постійний, цілодобовий вплив якої на організм людини, тварин і рослин не викликає відхилень у нормальному їх функціонуванні протягом усього життя нинішнього та майбутніх поколінь.

Нормативами забруднення повітря визначені граничні межі вмісту шкідливих речовин як у **виробничій зоні** (призначена для розташування промислових підприємств, дослідних виробництв, науково-дослідних інститутів тощо), так і у **селітебній зоні** (призначена для розташування житлового фонду, громадських будівель і споруд тощо) населених пунктів.

**Фонова концентрація** – концентрація наявних у повітрі, воді чи ґрунті шкідливих домішок на певний час на певній території.

Контроль за якістю біосфери здійснюється зіставленням фонові концентрації з гранично допустимою:  $C_{\text{ф}} / \text{ГДК} \leq 1$ .

Загальна кількість хімічних речовин, що надходить у середовище проживання людини перевищила 4 млн найменувань. Із них понад 40 тис. мають шкідливі для людини властивості. Нормативи ГДК, що затверджуються Міністерством охорони здоров'я України, встановлені для 600 речовин у повітряному середовищі, 200 – у водному та 100 – у ґрунті.

Усі шкідливі речовини за ступенем небезпечної дії на людину поділяються на чотири класи:

- I – надзвичайно небезпечні (нікель, ртуть);
- II – високо небезпечні (сірководень, діоксид азоту);
- III – помірно небезпечні (сажа, цемент);
- IV – мало небезпечні (бензин, фенол).

Чим шкідливішою є речовина, тим складніше здійснити захист атмосферного повітря і то нижчий його ГДК.

Для кожної речовини встановлюються максимально разова і середньодобова концентрації.

**Максимально разова концентрація** – це найвище значення забруднювальних речовин у повітрі, отримане завдяки аналізу багаторазово відібраних проб. Поняття ГДК<sub>мр</sub> використовується при

встановленні науково-технічних нормативів гранично допустимих викидів забруднювальних речовин. Максимальна разова ГДК встановлюється для відвернення рефлекторних реакцій у людини через подразнення органів дихання за короткочасного впливу (до 20 хв.) атмосферних забруднень. Оскільки концентрація забруднень в атмосферному повітрі не є постійною в часі та змінюється залежно від метеорологічних умов, рельєфу місцевості, характеру викиду, разові проби повітря слід відбирати кілька разів на добу впродовж 20-30 хв. В результаті розсіювання шкідливих домішок у повітрі на межі санітарно-захисної зони підприємства концентрація шкідливої речовини в будь-який момент часу не повинна перевищувати  $ГДК_{\text{мр}}$ .

**Середньодобова концентрація** – це середньоарифметичне значення разових концентрацій у пробах атмосферного повітря впродовж 24 годин безперервно або з рівними інтервалами між виборами. Середньодобова ГДК ( $ГДК_{\text{сд}}$ ) встановлюється для запобігання негативного впливу на людський організм протягом цілодобового використання повітря.  $ГДК_{\text{сд}}$  розрахована на всі групи населення і на невизначено довготривалий період впливу, а отже, як наслідок, є найжорсткішим санітарно-гігієнічним нормативом, який встановлює концентрацію шкідливої речовини у повітряному середовищі. Саме величина  $ГДК_{\text{сд}}$  може слугувати за «еталон» для оцінки стану повітряного середовища в селітебній зоні. Середньодобова концентрація визначається протягом доби: проби беруться 4 рази або щогодини.

Для різних умов величина ГДК різна. Тому здійснюється роз'єднане нормування забруднювальних речовин в атмосферному повітрі:

- для населених пунктів встановлюються  $ГДК_{\text{ап}}$ ,  $ГДК_{\text{нп}}$ ,
- для робочої зони встановлюється  $ГДК_{\text{рз}}$ ,  $ГДК_{\text{тп}}$ .

Ці нормативи розроблено для недопущення викиду в атмосферу понаднормативних об'ємів шкідливих твердих речовин і їх концентрацій у атмосфері населених пунктів.

$ГДК_{\text{ап}}$  – це максимальна концентрація домішки, віднесена до періоду усереднення, яка при періодичному впливі або протягом всього життя людини не здійснює на неї шкідливого впливу, включаючи віддалені наслідки.

$ГДК_{\text{нп}}$  – це гранично допустима концентрація в атмосферному повітрі найближчого населеного пункту враховує перебування людей цілодобово.  $ГДК_{\text{рз}}$  – це концентрація, яка за щоденного 8-годинного перебування на роботі (не більш як 41 година на тиждень) протягом усього робочого стану не може спричинити захворювань чи відхилень у стані здоров'я людей для нинішнього та наступного поколінь.  $ГДК_{\text{тп}}$  – гранично допустима концентрація для територій підприємств – береться рівною

$0,3 \cdot \text{ГДК}_{\text{рз}}$ , тобто на території підприємства необхідна більш висока кількість повітря в порівнянні з повітрям робочої зони. Всі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони порівнюються з максимально разовими (протягом 30 хв.), а в повітрі населеного пункту – із середньодобовими за 24 години.

$\text{ГДК}_{\text{ап}} < \text{ГДК}_{\text{рз}}$ , тобто йдеться про обмежене перебування людини в забрудненій зоні, тоді як  $\text{ГДК}_{\text{ап}}$  визначає безпечне перебування людини при необмеженому в часі вдиханні забруднювальної речовини. Наприклад, для діоксиду сірки  $\text{ГДК}_{\text{рз}} = 10 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ГДК}_{\text{ап}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{ГДК}_{\text{тп}}$  відповідно  $3 \text{ мг/м}^3$ . В умовах великих міст (з населенням більше 200 тис. чол.) та курортів  $\text{ГДК}_{\text{мр}} = 0,8 \text{ ГДК}_{\text{ап}}$ .

Для деяких видів забруднювальних речовин величини ГДК не визначені, що пояснюється багато чисельними труднощами експериментального характеру. При забрудненні атмосфери речовинами, для яких ГДК не визначені, МОЗ встановлює орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ).

**ОБРВ** – орієнтовно безпечні рівні впливу, які визначаються розрахунковим шляхом.

#### ***Нормування впливу техногенних об'єктів на природне середовище***

Нормування впливу техногенних об'єктів на природне середовище регламентується законом «Про охорону атмосферного повітря», законом України про відходи, Тимчасовими правилами охорони оточуючого середовища від відходів виробництва і споживання, правовими основами СН №3209 «Предельное количество накопления токсических промышленных отходов на территории предприятия», «Санитарными правилами устройства и содержания полигонов для твердых бытовых отходов» СанПин №2811, СанПин №1746-7, СНИП №2.01.28, СНИП №2.04.02, СНИП №2.04.03, СНИП №11-9, СНИП №11-35 СН №3209, СН №339, СН №245, ГОСТ 17.2.3.02, ГОСТ 17.2.3.02, ГОСТ 17.9.01, ГОСТ 17.9.02, ГОСТ 17.9.03, ГОСТ 17.9.04, ГОСТ 17.9.05 та ін., що встановлюють нормативи для кожного джерела забруднення атмосфери і для кожного інгредієнту, який надходить до атмосфери з цього джерела, гранично допустимі концентрації, проводиться лімітування розташування твердих промислових відходів: граничної кількості відходів на території підприємства, гранично допустимого вмісту токсичних сполук у промислових відходах, гранично допустимої концентрації забруднювачів у повітрі робочої зони.

***Нормування викидів в атмосферне повітря.*** Відповідно до Закону «Про охорону атмосферного повітря», з метою обмеження техногенної дії на атмосферу, в якості охоронного заходу, поряд з ГДК, передбачають регулювання і кількісне обмеження викидів в атмосферу. Реалізація цього положення Закону здійснюється нормуванням гранично допустимих



викидів забруднювальних речовин стаціонарними і пересувними джерелами забруднення.

**Гранично допустимий викид (ГДВ)** – це маса шкідливої речовини, яка не повинна перевищуватися під час викиду в атмосферу за одиницю часу. ГДВ встановлюється для кожного джерела забруднення атмосфери (і для кожного інгредієнту, який надходить до атмосфери з цього джерела), таким чином, що викиди шкідливих речовин від даного джерела та від сукупності джерел усього населеного пункту, з урахуванням перспектив розвитку інфраструктури промислових підприємств і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, не створюють приземну концентрацію, яка перевищувала б їх ГДК<sub>мр</sub> (гранично допустиму максимальну разову концентрацію).

Основні значення ГДВ<sub>мр</sub> (гранично допустимий викид максимально разовий), встановлюються за умови повного навантаження як технологічного, так і газоочисного обладнання та їх нормальної роботи, і не повинні перевищуватись в будь-який довільний 20-хвилинний період часу.

Поряд з максимальними разовими (контрольними) значеннями ГДВ (г/с) встановлюють похідні від них значення:

- ГДВ<sub>р</sub> (річний гранично допустимий викид) у т/рік для окремих джерел і для підприємства в цілому з урахуванням нерівномірності викидів у часі, а також з огляду на планові ремонти технологічного та газоочисного обладнання.

- ГДВ<sub>д</sub> (гранично допустимий викид для кожного стаціонарного джерела) встановлюється відповідно до ГОСТ 17.23.02 за умов, що викиди шкідливих речовин від такого джерела сумісно з фоновим забрудненням не будуть створювати в приземному шарі атмосфери концентрацію, яка перевищує ГДК, тобто необхідним є виконання умови:  $C_m + C_f < ГДК$ , де  $C_m$ ,  $C_f$  – концентрація в приземному шарі атмосфери забруднювачів від цього джерела (за несприятливих для розсіювання умов) та фонова концентрація.

**Фонове забруднення** – це забруднення, яке створюється у певній місцевості всіма існуючими джерелами викидів, за винятком того, що розглядається. Якщо значення ГДВ з об'єктивних причин не можуть бути досягнуті, то для таких підприємств встановлюють значення тимчасово узгоджених викидів (ТУВ) шкідливих речовин і вводиться поетапне зниження показників викидів шкідливих речовин до значень, які забезпечували б дотримання ГДВ. ТУВ (тимчасово узгоджені викиди) – це викиди шкідливих речовин на рівні викидів підприємств з найкращою досягнутою технологією виробництва, аналогічних по потужності та технологічним процесам.

Громадський екологічний моніторинг має право вирішувати задачі

оцінки відповідності діяльності підприємства встановленим значенням ГДВ або ТУВ шляхом визначення концентрацій забруднювальних речовин у приземному шарі повітря (наприклад, на границі санітарно-захисної зони).

**Загальний принцип встановлення ГДВ.** Розрахунок гранично допустимих викидів проводиться в залежності від одночасної роботи кількох джерел викидів (група джерел та одиночне джерело), температури газоповітряної суміші, що виходить з джерела викиду (холодний чи гарячий викид), а також в залежності від форми отвору джерела викидів (круглий чи прямокутний отвір, аераційний ліхтар):

- **ГДВ для гарячих викидів з групи або одиночного джерела з круглим отвором**, які близько розташовані один біля одного одиночних джерел у випадках, коли фонові концентрації сумішей  $C_{\text{ф}}$  встановлена як незалежна від швидкості та напрямку вітру і постійна на території, що розглядається, визначається за формулою

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК}_{\text{мр}} - C_{\text{ф}})H^2\sqrt[3]{V_1\Delta T}}{AFm\eta}, \quad (1.1)$$

де  $A$  – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери та визначає умови горизонтального розсіювання атмосферних домішок;

$F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері;

$m$ ,  $n$  – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з отвору джерела викиду;

$H$  – висота джерела викиду над рівнем землі, м;

$\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається, та температурою навколишнього повітря;

$V_1$  – об'єм газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/с;

$\eta$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіювання домішок.

У випадках, коли значення фонові концентрації деталізовані за швидкістю та напрямком вітру або за територією, врахування  $C_{\text{ф}}$  проводиться відповідно до «Тимчасових вказівок з визначення фонових концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі для нормування викидів та встановлення ГДВ», а також встановлюється за даними спостережень. В інших випадках фон розраховується шляхом використання даних інвентаризації викидів всіх існуючих джерел шкідливої речовини, що розглядається, та інших речовин, що мають з нею ефект сумачії за шкідливою дією.

- **ГДВ для холодної газоповітряної суміші** за умов, однакових з розглянутими вище, визначається за формулою

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК}_{\text{мр}} - C_{\phi}) H \bar{S}^{\frac{4}{3}}}{AFm\eta} \cdot \frac{8V_1}{D}, \quad (1.2)$$

- **ГДВ для викидів з джерела з прямокутним устям** визначається за формулами для гарячих газоповітряних сумішей, але при  $D = D_{\text{в}}$  та  $V_1 = V_{\text{в}}$ . При цьому ефективний діаметр устя джерела  $D_{\hat{a}}$ , визначається за формулою

$$D_{\text{в}} = \frac{2Lb}{L + b}, \quad (1.3)$$

де  $L$  – довжина устя, м;

$b$  – ширина устя, м.

Ефективний об'єм газоповітряної суміші  $V_{\text{в}}$ , що викидається в атмосферу, визначається за формулою

$$V_{\text{в}} = \frac{\pi L^2 b^2 \omega_0}{(L + b)^2}, \quad (1.4)$$

Для джерела з квадратним устям  $L = b$  ефективний діаметр  $D_{\text{в}}$ , дорівнює довжині сторони квадрата.

- **ГДВ для викидів з одиночного аераційного ліхтаря** визначається за формулою

$$\text{ГДВ} = \frac{\text{ГДВ}_0}{S_3}, \quad (1.5)$$

де  $\text{ГДВ}_0$  – значення ГДВ, розраховане за рівнянням для гарячих або холодних газоповітряних сумішей при  $D = D_{\text{в}}$  та  $V_1 = V_{\text{в}}$ . Значення  $D_{\text{в}}$  для випадку аераційного ліхтаря визначається за залежністю

$$D_{\text{в}} = \frac{2LV_1}{L^2 \omega_0 + V_1}, \quad (1.6)$$

де  $L$  – довжина аераційного ліхтаря, м;

$\omega_0$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з аераційного ліхтаря, м/с.

Значення  $V_B$  визначається за формулою

$$V_B = \frac{\pi D_B^2}{4} \omega_0, \quad (1.7)$$

Безрозмірний коефіцієнт  $S_3$  визначається

$$S_3 = \frac{1 + 0,45L/x_M}{1 + 0,45L/x_M + 0,1(L/x_M)^2}, \quad (1.8)$$

де  $x_M$  – це відстань від одиночного точкового джерела з  $D = D_B$  та  $V_1 = V_B$ , на якій при несприятливих метеорологічних умовах досягається максимальна концентрація. Для одиночного джерела, з якого викидається суміш постійного складу шкідливих речовин з сумарною шкідливою дією, спочатку визначається допоміжна величина – сумарний ГДВ = ГДВ<sub>0</sub>, що відповідає одній з речовин. Для цього у вказаних виразах потрібно використати ГДК цієї шкідливої речовини та сумарний фон  $C_\phi$ , що відповідає цій шкідливій речовині. Після цього з врахуванням складу викидів визначаються ГДВ окремих шкідливих речовин.

- **Визначення сумарного ГДВ для груп  $N$  одинарних джерел різної висоти, розташованих поряд** проводиться за вище наведеними рівняннями, якщо  $V_1 = V/N$ , де  $V$  – загальний об'єм газоповітряної суміші, що викидається з усіх джерел.

Загалом розрахунок ГДВ для близько розташованих одне від одного джерел (однакових точкових) не відрізняється від розрахунку ГДВ для одиночних джерел.

- **ГДВ для викидів з багатоствольної труби** розраховується для всіх стволів за формулою

$$\text{ГДВ} = \frac{\text{ГДК} - C_\phi}{q_M'' + d(q_M' - q'')}, \quad (1.9)$$

де  $q_M'$  – приземна концентрація шкідливих речовин, мг/м<sup>3</sup> при значеннях параметрів викиду для одного ствола та викиді речовини  $M = 1$ ;

$q_M''$  – приземна максимальна концентрація шкідливих речовин, мг/м<sup>3</sup>, при викиді шкідливих речовин  $M = 1$  та діаметрі устя джерела  $D$ , що відповідає його ефективному діаметру  $D_B$ , який визначається за виразом

$$D_B = \left( \frac{2 + N}{3} \right) D, \quad (1.10)$$

Безрозмірний коефіцієнт  $d$  визначається залежністю

$$d = \frac{l - D}{d_2 H - D}, \quad (1.11)$$

де  $l$  – середня відстань між центрами устів стволів, м;

$D$  – діаметр устя окремого ствола, м;

$d_2$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається за рівнянням

$$d_2 = 0,2 \left[ 0,3 \left( \frac{V'_M}{u'_M} \right) \sqrt[3]{f} + 0,17 \left( \frac{V'_M}{u'_M} \right) \right]^3, \quad (1.12)$$

При  $l$ , що більше або менше  $d_2 H$ , ГДВ для багатоствольної труби повинні визначатися за параметрами викидів, характерними для кожного ствола.

Відповідно до вимог ДСП 173-96 *санітарно-захисну зону* слід встановлювати від джерел шкідливості до межі житлової забудови, ділянок громадських установ, будинків і споруд, в тому числі дитячих, навчальних, лікувально-профілактичних установ, закладів соціального забезпечення, спортивних споруд тощо, а також територій парків, садів, скверів та інших об'єктів зеленого будівництва загального користування, ділянок оздоровлювальних та фізкультурно-спортивних установ, місць відпочинку, садівницьких товариств та інших, прирівняних до них об'єктів, в тому числі:

- для підприємств з технологічними процесами, які є джерелами забруднення атмосферного повітря шкідливими, із неприємним запахом хімічними речовинами та біологічними факторами, безпосередньо від джерел забруднення атмосфери організованими викидами (через труби, шахти) або неорганізованими викидами (через ліхтарі будівель, поверхні технологічних установок, які димлять чи парують, та інших споруд), а також від місць розвантаження сировини, промпродуктів або відкритих складів;

- для підприємств з технологічними процесами, які є джерелами шуму, ультразвуку, вібрації, статичної електрики, електромагнітних та іонізуючих випромінювань та інших шкідливих факторів – від будівель, споруд та майданчиків, де встановлено обладнання (агрегати, механізми), що створює ці шкідливості;

- для теплових електростанцій, промислових та опалювальних котелень – від димарів та місць зберігання і підготовки палива, джерел шуму;

- для санітарно-технічних споруд та установок комунального призначення, а також сільськогосподарських підприємств та об'єктів – від межі об'єкта.

На зовнішній межі санітарно-захисної зони, зверненої до житлової забудови, концентрації та рівні шкідливих факторів не повинні перевищувати їх гігієнічні нормативи (ГДК, ГДР), на межі курортно-рекреаційної зони – 0,8 від значення нормативу. Територія санітарно-захисної зони не повинна розглядатись як резерв розширення підприємств, селітебної території та прирівняних до них об'єктів.

Розміри санітарно-захисних зон для промислових підприємств та інших об'єктів, що є джерелами виробничих шкідливостей, слід встановлювати відповідно до діючих санітарних норм їх розміщення при підтвердженні достатності розмірів цих зон за «Методикою расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» ОНД-86, розрахунками рівнів шуму та електромагнітних випромінювань з урахуванням реальної санітарної ситуації (фонового забруднення, особливостей рельєфу, метеоумов, рози вітрів тощо), а також даних лабораторних досліджень щодо аналогічних діючих підприємств та об'єктів.

У тих випадках, коли розрахунками не підтверджується розмір нормативної санітарно-захисної зони або неможлива її організація в конкретних умовах, необхідно приймати рішення про зміну технології виробництва, що передбачає зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, його перепрофілювання або закриття.

Всі підприємства залежно від їх потужності, умов здійснення технологічного процесу, характеру і кількості шкідливих та таких, що неприємно пахнуть речовин, які викидаються в навколишнє середовище, а також інших шкідливих факторів поділяються на шість класів. Відповідно з санітарною класифікацією підприємств, виробництв і об'єктів встановлені такі (табл. 1.3).

При наявності несприятливих аерологічних умов (часті штилі, тумани) для розсіювання виробничих викидів в атмосфері при відсутності ефективних способів їх очищення та ряду інших факторів санітарно-захисна зона може бути збільшена, але не більше як в 3 рази, при відповідних техніко-економічних і гігієнічних обґрунтуваннях і наявності спільного рішення Міністерства охорони здоров'я і Держбуду України. В кожному конкретному випадку розміри санітарно-захисних зон і можливі відхилення від цих розмірів повинні підтверджуватися розрахунком відповідно до вимог ОНД-86.

Таблиця 1.3 – Розміри санітарно-захисних зон для підприємств

Клас об'єктів	СЗЗ, м	Промислові об'єкти
1А	3000	Особливо небезпечні об'єкти (АЕС та ін.)
1Б	1000	Хімічні, нафтопереробні, паперово-целюлозні та металургійні заводи. Підприємства, що займаються спалюванням коксу, видобутком нафти, природного газу та кам'яного вугілля.
2	500	Цементові, гіпсові, вапнякові та азбестові заводи. Підприємства, що виробляють свинцеві акумулятори, видобувають горючі сланці та буре вугілля.
3	300	Підприємства з виробництва скловати, керамзиту, руберойду, вугільних виробів та електропромисловості, різних лаків та олифи. Заводи залізобетонних виробів, асфальтобетоні, кабельні заводи та ін.
4	100	Підприємства металообробної промисловості, машинобудівельні заводи, електропромисловість, виробництво неізолюваного кабелю, котлів, цегли.
5	50	Підприємства легкої промисловості, металообробної промисловості без ливарних цехів, друкарні, виробництва харчової промисловості тощо

На рис. 1.1 наведений приклад побудови санітарно-захисної зони з корекцією на асиметричну розу вітрів для одиночного (чи зосереджених) джерела викидів забруднювальних речовин. Для розосереджених джерел границя санітарно-захисної зони буде залежати від кількості та класу небезпеки викидів кожного джерела.

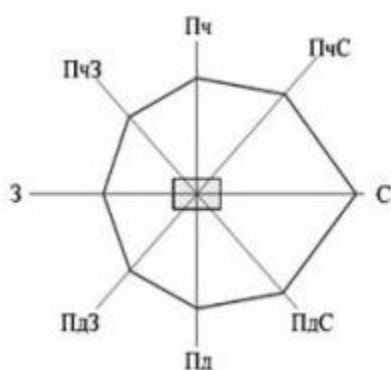


Рис. 1.1 – Схема санітарно-захисної зони з розмірами, що уточнені в залежності від середньорічної повторюваності вітрів:

Повторюваність Р, %							
12	14	18	14	12	10	10	10
Напрямок вітру							
Пч	ПчС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПчЗ

Одержаний за розрахунком розмір санітарно-захисної зони 1 м, повинен уточнюватися як в сторону збільшення, так і в сторону зменшення залежно від рози вітрів району розташування підприємства за формулою

$$L = L_0 \frac{P}{P_0}, \quad (1.13)$$

де  $L_0$  – величина санітарно-захисної зони відповідно ДСП 173-96, чи одержана розрахунком без урахування поправки на розу вітрів, м;

$P$  – середньорічна повторюваність напрямку вітрів румба, що розглядається, %;

$P_0$  – повторюваність напрямків вітрів одного румбу при круговій розі вітрів (при восьмирумбовій розі вітрів  $P_0 = 100/8 = 12,5\%$ ).

Основою для встановлення санітарно-захисних зон є санітарна класифікація підприємств, виробництв та об'єктів.

Розміри санітарно-захисних зон та санітарних розривів від сільськогосподарських підприємств і виробничих комплексів слід приймати відповідно до «Санитарных правил для животноводческих предприятий» № 4542-87, «Санитарных правил и норм размещения, устройства и эксплуатации малых ферм для содержания животных (скота, птицы, зверей) в населенных пунктах Украинской ССР» № 5.02-12/Н, ДБН Б.2.4-3-95 «Генеральні плани сільськогосподарських підприємств».

Санітарно-захисна зона для підприємств та об'єктів, що проектується з впровадженням нової технології або реконструюються, може бути збільшена при необхідності та належному технікоекономічному й гігієнічному обґрунтуванні, але не більше, ніж в 3 рази у випадках:

- відсутності способів очищення викидів;
- неможливості знизити надходження в навколишнє середовище хімічних речовин, електромагнітних та іонізуючих випромінювань та інших шкідливих факторів до меж, встановлених нормативами;
- при розташуванні житлової забудови, оздоровлювальних та інших прирівняних до них об'єктів з підвітряного боку відносно підприємств у зоні можливого забруднення атмосфери.

Якщо трикратне збільшення санітарно-захисної зони не забезпечує припинення впливу підприємства на стан навколишнього середовища та здоров'я населення, необхідно приймати рішення про зміну технології виробництва, що передбачає зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, його перепрофілювання або закриття.

Розміри санітарно-захисної зони можуть бути зменшені, коли в результаті розрахунків та лабораторних досліджень, проведених для району розташування підприємства або іншого виробничого об'єкта, буде встановлено, що на межі житлової забудови та прирівняних до неї об'єктів концентрації шкідливих речовин у атмосферному повітрі, рівні шуму, вібрації, ультразвуку, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, статичної електрики не перевищуватимуть гігієнічні нормативи.



У разі організації нових, не вивчених у санітарно-гігієнічному відношенні виробництв та технологічних процесів, а також будівництва (реконструкції) великих підприємств I та II класів небезпеки та їх комплексів, що можуть несприятливо впливати на навколишнє середовище та здоров'я населення, розміри санітарно-захисних зон слід встановлювати у кожному конкретному випадку з урахуванням даних про ступінь впливу на навколишнє середовище аналогічних об'єктів, які функціонують у державі та за її кордоном і відповідних розрахунків.

Розміри санітарно-захисних зон для нових видів виробництв, підприємств та інших виробничих об'єктів з новими технологіями, а також зміни цих зон (збільшення чи зменшення) затверджуються при належному обґрунтуванні Головним державним санітарним лікарем України.

У санітарно-захисних зонах не можна допускати розміщення:

- житлових будинків з придомовими територіями, гуртожитків, готелів, будинків для приїжджих, аварійних селищ;
- дитячих дошкільних закладів, загальноосвітніх шкіл, лікувально-профілактичних та оздоровлювальних установ загального і спеціального призначення зі стаціонарами, наркологічних диспансерів;
- спортивних споруд, садів, парків, садівницьких товариств;
- охоронних зон джерел водопостачання, водозабірних споруд та споруд водопровідної розподільної мережі.

Не допускається використання для вирощування сільськогосподарських культур, пасовищ для худоби земель санітарно-захисної зони підприємств, які забруднюють навколишнє середовище високотоксичними речовинами та речовинами, що мають віддалену дію (солі важких металів, канцерогенні речовини, діоксини, радіоактивні речовини тощо). Можливість сільськогосподарського використання земель санітарно-захисних зон, що не забруднюються вищепереліченими речовинами, необхідно визначати за погодженням з територіальними органами Мінсільгосппроду і Міністерства охорони здоров'я України.

У промислові райони, відділені від селітебної території санітарно-захисною зоною шириною 1000 м і більше не слід включати підприємства харчової, медичної, легкої та інших видів промисловості, на продукцію яких і умови праці робітників можуть негативно впливати викиди виробництв високого класу шкідливості.

У санітарно-захисній зоні допускається розташовувати:

- пожежні депо, лазні, пральні, гаражі, склади (крім громадських та спеціалізованих продовольчих);
- будівлі управлінь, конструкторських бюро, навчальних закладів;
- виробничо-технічні училища без гуртожитків, магазини, підприємства громадського харчування, поліклініки, науково-дослідні лабораторії, пов'язані з обслуговуванням даного та прилеглих

підприємств;

- приміщення для чергового аварійного персоналу та добової охорони підприємств за встановленим списочним складом;
- стоянки для громадського та індивідуального транспорту;
- місцеві та транзитні комунікації, ЛЕП, електростанції, нафто- і газопроводи;
- свердловини для технічного водопостачання, водоохолоджувальні споруди, споруди для підготовки технічної води;
- каналізаційні насосні станції, споруди оборотного водопостачання;
- розсадники рослин для озеленення підприємств та санітарно-захисної зони.

Територія санітарно-захисної зони має бути розпланованою та упорядкованою. Мінімальна площа озеленення санітарно-захисної зони залежно від ширини зони повинна складати: до 300 м – 60%, від 300 до 1000 м – 50%, понад 1000 м – 40%.

З боку селітебної території необхідно передбачати смугу дерево-чагарникових насаджень шириною не менше 50 м, а при ширині зони до 100 м – не менше 20 м.

Проект організації санітарно-захисної зони слід розробляти в комплексі з проектом будівництва (реконструкції) підприємства з першочерговою реалізацією заходів, передбачених у зоні.

#### *1.2.7 Розробка обґрунтовуючих документів для отримання дозволів на викиди*

При виробничій діяльності підприємство здійснює викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами:

- від котельні (котлоагрегату, водогрійного котла, побутового котла, конвектору);
- коптильні (установок для копчення риби, м'яса, ковбаси);
- хімчистки та пральні (установки хімічного чищення одягу, пральні машини);
- неорганізованих джерел, в т.ч. транспортування та збереження сипучих матеріалів, заточних верстатів, зварювальних постів, деревообробних верстатів та ін.), а також пересувними джерелами (автомобілів).

Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами здійснюються на підставі отриманого для підприємства дозволу.

Дозвіл на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами – це офіційний документ, який дає право

підприємствам, установам, організаціям та громадянам-підприємцям експлуатувати об'єкти, з яких надходять в атмосферне повітря забруднювальні речовини або їх суміші, за умови дотримання встановлених відповідних нормативів гранично допустимих викидів та вимог до технологічних процесів у частині обмеження викидів забруднювальних речовин протягом визначеного в дозволі терміну.

Необхідність розробки Документів встановлена ст. 11 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», Постановою Кабінету Міністрів України №302 від 13 березня 2002 року «Про затвердження порядку проведення та оплати робіт, пов'язаних з видачею дозволів на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, обліку підприємств, установ, організацій та громадян-суб'єктів підприємницької діяльності, які отримали такі дозволи».

Ці документи розробляються у відповідності із Інструкцією про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-суб'єктів підприємницької діяльності (Наказ Міністерства ОНПС України від 09.03.2006 р., зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29 березня 2006 року за №34/12215).

Термін дії Документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, становить десять років.

У разі зміни якісних та кількісних показників викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря Документи, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, підлягають коригуванню.

Розробка Документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами проводиться спеціалізованими підприємствами, які мають відповідні дозволи. Обґрунтовуючи документи для отримання дозволів на викиди готуються відповідно до Методичних рекомендацій щодо оформлення дозволу на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для суб'єктів господарювання з урахування технологічних нормативів допустимих викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, затверджених Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 17.09.2010 №407.

***Урахування технологічних нормативів при видачі дозволів на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря.*** Технологічний норматив допустимого викиду забруднювальної речовини – гранична масова концентрація забруднювальної речовини у місці виходу відхідних газів з установки, устаткування або після газоочисного устаткування, яке встановлене безпосередньо за технологічним обладнанням. Цей норматив виражається в міліграмах на кубічний метр ( $\text{мг/м}^3$ ) за стандартних умов у відхідних газах. Технологічні нормативи стосуються стаціонарних сталих

режимів роботи устаткування, передбачених технологічним регламентом виробництва, і не поширюються на пускозупинні та перехідні режими і експлуатаційне обслуговування.

Дозвіл на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами суб'єкта господарювання (далі – Дозвіл на викиди) видається на підставі розділу «Пропозиції на отримання Дозволу на викиди» документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання Дозволу на викиди, який відповідає вимогам п. 2.17 Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців, затвердженої наказом Мінприроди від 09.03.2006 №108 (далі – Інструкція).

Пропозиції на отримання Дозволу на викиди повинні містити інформацію щодо гранично допустимих (дозволенних) обсягів викидів, та ґрунтуватися на прийнятих рішеннях, відповідно до вимог п. 2.12 Інструкції.

При прийнятті рішень про встановлення гранично допустимих (дозволенних) обсягів викидів необхідно враховувати комбінований підхід регулювання викидів забруднювальних речовин стаціонарними джерелами, а саме:

- з урахуванням оцінки впливу викидів забруднювальних речовин на стан атмосферного повітря;
- аналіз відповідності фактичних викидів забруднювальних речовин встановленим нормативам на викиди, в тому числі технологічним нормативам, затвердженим в установленому порядку.

За результатами оцінки впливу викидів забруднювальних речовин на стан атмосферного повітря по кожній забруднювальній речовині з урахуванням викидів від сукупності джерел викидів, з яких надходять забруднювальні речовини в атмосферне повітря, на межі санітарно-захисної зони не повинно бути перевищення гігієнічних нормативів.

По кожній забруднювальній речовині для кожного джерела викиду не повинно бути перевищення нормативів гранично допустимих викидів (наказ Мінприроди від 27.06.2006 №309), у разі встановлення технологічних нормативів – перевищення технологічного нормативу.

Для стаціонарних джерел, з яких надходять в атмосферне повітря забруднювальні речовини від окремих типів обладнання, на яких встановлюються технологічні нормативи, гранично допустимі викиди на джерелі викиду не встановлюються, за винятком забруднювальних речовин, які, відповідно до технологічних нормативів, не регламентуються. В цьому випадку для цих забруднювальних речовин встановлюється норматив ГДВ у (г/с) на джерелі викиду.

***Приклад оформлення умов у складі дозволу на викиди до***

**технологічного процесу та виробничого контролю:**

**Умови до технологічного процесу.** Відповідно до наказу Мінприроди від 22.10.2008 №541 «Про затвердження технологічних нормативів допустимого викиду забруднювальних речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт» масова концентрація забруднювальних речовин у газах, що відводяться від окремого типу обладнання (котли) у місці їх виходу з устаткування (або газоочисного обладнання, яке встановлене безпосередньо за джерелом утворення викидів), не повинні перевищувати технологічних нормативів.

Пропозиції щодо дозволених обсягів викидів забруднювальних речовин, що відводяться від окремих типів обладнання (Джерело №1), надаються за формою, яка наведена у табл. 1.4.

**Умови до виробничого контролю.** Перелік заходів щодо здійснення контролю за дотриманням встановлених технологічних нормативів викидів забруднювальних речовин у газах, що відводяться від окремого типу обладнання (котли) у місці їх виходу з обладнання (або газоочисної установки) наведений у табл. 1.5.

Надалі у Департамент з питань нафтогазового комплексу, промисловості, екології та природних ресурсів обласної державної адміністрації подається Заява відповідно до статті 7 Закону України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності» та ст. 11 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» та Лист-клопотання про видачу Дозволу на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами.

Заява та документи, що додаються до неї, подаються державному адміністратору особисто суб'єктом господарювання (керівником юридичної особи, фізичною особою – підприємцем) або уповноваженою ним особою. Уповноважена особа повинна мати документ, який підтверджує її повноваження. Державний адміністратор перевіряє документи, що посвідчують особу заявника та реєструє заяву і документи.

**Перелік документів:**

1. Заява (за формою, затвердженою постановою КМУ від 07.12.05 №1176);
2. Лист-клопотання про видачу дозволу (за формою, затвердженою наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 30.05.06 №266);
3. Документи, у яких обґрунтовуються обсяги викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря (відповідно наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 09.03.08 №108, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 29.03.06 за №341/12215 «Про затвердження Інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для

отримання дозволу на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців»);

Таблиця 1.4 – Пропозиції щодо дозволених обсягів викидів забруднювальних речовин

Джерело утворення		Забруднювальна речовина		Максимальна масова концентрація забруднювальних речовин, мг/м <sup>3</sup>	Технологічний норматив допустимих викидів відповідно до законодавства, мг/м <sup>3</sup>		Затверджений гранично допустимий викид, мг/м <sup>3</sup>	Термін досягнення затвердженого значення гранично допустимого викиду
Найменування, марка, вид палива	Номер	Код	Найменування		Поточний	Перспективний		
1	2		3	4	5	6	7	8
Котел на твердому паливі	1	2902	Суспендовані тверді частинки, недиференційовані за складом	241	1300	100	241 100	01.01.2010 01.01.2016
		301	Оксиди азоту (в перерахунку на діоксид азоту)	100	5100	850	100	01.01.2010
		330	Діоксид сірки	600	700	600	600	01.01.2010
		337	Вуглецю оксид	200	250	250	200	01.01.2010
Котел на газоподібному паливі	2	301	Оксиди азоту (в перерахунку на діоксид азоту)	700	500	150	700 500 150	01.01.2010 01.12.2010 01.01.2018
		337	Вуглецю оксид	200	250	250	200	01.01.2010

4. Оцінка впливу викидів забруднювальних речовин на стан атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони;

5. План заходів щодо:

- досягнення встановлених нормативів гранично допустимих викидів для найбільш поширених і небезпечних забруднювальних речовин;
- охорони атмосферного повітря на випадок виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- ліквідації причин і наслідків забруднення атмосферного повітря, остаточного припинення діяльності, пов'язаної з викидами забруднювальних речовин в атмосферне повітря, та приведення місця

діяльності у задовільний стан;

- запобігання перевищенню встановлених нормативів гранично допустимих викидів у процесі виробництва, здійснення контролю за дотриманням встановлених нормативів гранично допустимих викидів забруднювальних речовин та умов дозволу на викиди;

Таблиця 1.5 – Перелік заходів щодо здійснення контролю за дотриманням встановлених технологічних нормативів викидів забруднювальних речовин у газах

№/№ джерела викиду	Найменування джерела утворення, марка, вид палива	Номер джерела утворення	Назва забруднювальної речовини	Затверджений гранично допустимий викид, мг/м <sup>3</sup>	Періодичність вимірювання	Методика виконання вимірювань	Місце відбору проб
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Котел на твердому паливі	1	Суспендовані тверді частинки, недиференційовані за складом	241 з 01.01.2016 100	1 раз на квартал	МВВ № 081/12-01661-05	ділянка газоходу вертикальна, після димососу, D=500мм
			Оксиди азоту (в перерахунку на діоксид азоту)	100	1 раз на квартал	МВ Х 08.316-2001	ділянка газоходу вертикальна, після димососу, D=500мм
			Діоксид сірки	600	1 раз на квартал	Визначення сірчаного ангідриду (33), с.79	ділянка газоходу вертикальна, після димососу, D=500мм
			Вуглецю оксид	200	1 раз на квартал	Методика визначення концентрації оксиду вуглецю методом газової хроматографії з використанням приладу «Газохром-3101» (1). с.54	ділянка газоходу вертикальна, після димососу, D=500мм

Продовження табл. 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8
1	Котел на газоподібному паливі	2	Оксиди азоту (в перерахунку на діоксид азоту)	700 з 01.12.2010 500 з 01.01.2018 150	1 раз на квартал	МВ Х 08.316-2001	ділянка газоходу горизонтальна, після димососу, D=500мм
			Вуглецю оксид	200	1 раз на квартал	Визначення сірчаного ангідриду (33), с.79	ділянка газоходу горизонтальна, після димососу, D=500мм

6. Обґрунтування розміру нормативної санітарно-захисної зони, оцінка витрат, пов'язаних з реалізацією заходів щодо їх створення;

7. Звіт з інвентаризації стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря, видів та обсягів викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, пилогазоочисного обладнання (відповідно до наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України від 10.02.95 №7, зареєстрованого Міністерство юстиції України 15.03.95 за №61/597 «Про затвердження Інструкції про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднювальних речовин на підприємстві»);

8. Оцінка та аналіз витрат, пов'язаних з реалізацією запланованих заходів щодо запобігання забрудненню атмосферного повітря;

9. Копія публікації у ЗМІ з інформацією про отримання дозволу для ознайомлення з нею громадськості;

10. Інформація про отримання дозволу для ознайомлення з нею громадськості відповідно до законодавства.

11. Повідомлення місцевої державної адміністрації щодо проведення обговорення чи розгляду зауважень громадських організацій з питань видачі дозволу;

12. Погодження (висновок) санітарно-епідеміологічної служби щодо видачі дозволу;

**Строк дії документа дозвільного характеру:**

дозвіл видається не менше як на п'ять років

**Платність видачі документа дозвільного характеру:** Безоплатно

**Строк, протягом якого видається документ дозвільного**



**характеру:**

30 календарних днів

**Нормативно-правові акти, якими регламентується видача документа дозвільного характеру:**

**Закони України:**

1. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (ст. 10, ст. 11);
2. Закон України «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності» від 06.09.05 №2806-IV;

**Акти Кабінету Міністрів України:**

1. Постанова КМУ від 13.03.02 №302 «Про затвердження порядку проведення та оплати робіт, пов'язаних з видачею дозволів на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, обліку підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців, які отримали такі дозволи»

**Акти центральних органів виконавчої влади:**

1. Наказ Мінприроди України від 09.03.06 №108 «Про затвердження інструкції про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян підприємців»

**Вичерпний перелік підстав для відмови у наданні документа дозвільного характеру:**

1. Подання суб'єктом господарювання неповного пакета документів, необхідних для одержання документа дозвільного характеру, згідно із встановленим вичерпним переліком;
2. Виявлення в документах, поданих суб'єктом господарювання, недостовірних відомостей;
3. Негативний висновок за результатами проведених експертиз та обстежень або інших наукових і технічних оцінок, необхідних для видачі документа дозвільного характеру.

*1.2.8 Оцінка забруднення атмосферного повітря підприємствами галузі за несприятливих метеорологічних умов (НМУ)*

В низці випадків здійснення радикальних заходів для захисту повітряного басейну буває утрудненим, розрахованим на тривалий період, і вимагає значних капітальних вкладень. В зв'язку з цим великого значення набуває розроблення і здійснення заходів для тимчасового скорочення шкідливих викидів в атмосферу в періоди несприятливих метеорологічних умов.

Забруднення приземного шару повітря, створюване викидами промислових підприємств, теплових електростанцій, транспорту та інших

об'єктів, значно залежить від метеорологічних умов. В окремі періоди, коли метеорологічні умови сприяють накопиченню шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери, концентрації домішок в повітрі можуть різко зростати. Щоб в ці періоди не допускати виникнення високого рівня забруднень, необхідне завчасне прогнозування таких умов і вчасне скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу. В сучасний період в системі Держкомгідромету розроблені методи прогнозування забруднення повітря. Оперативне прогнозування здійснюється в ряді міст країни, прогнози високих рівнів забруднення повітря є підставою для регулювання викидів.

Під регулюванням викидів шкідливих речовин в атмосферу мається на увазі їх короткочасне скорочення в періоди несприятливих метеорологічних умов (НМУ), які призводять до формування високого рівня забруднення повітря. Регулювання викидів здійснюється з урахуванням прогнозу НМУ на основі попереджень про можливий шкідливий ріст концентрацій домішок в повітрі з метою його відвернення.

Прогноз забруднення атмосфери і регулювання викидів є важливою складовою частиною всього комплексу заходів для забезпечення чистоти повітряного басейну. Ці роботи дуже важливі в містах з відносно високим середнім рівнем забруднення повітря.

Заходи для скорочення викидів забруднювальних речовин в атмосферу в періоди НМУ розробляють підприємства, організації, заклади, розташовані в населених пунктах, де органами Держкомгідромету проводиться чи планується проведення прогнозування НМУ.

При розробленні заходів для регулювання викидів необхідно враховувати внесок різних джерел в створення приземних концентрацій домішок. В кожному конкретному випадку необхідно визначати, на яких джерелах належить скорочувати викиди в першу чергу, щоб одержати найбільший ефект. Концентрація значно зменшується зі збільшенням висоти труби, особливо у випадках гарячих викидів. Отже, в періоди НМУ при інших рівних умовах необхідно в першу чергу скорочувати низькі викиди.

Концентрація домішок залежить від числа труб, через які поступають в атмосферу шкідливі речовини. Ця залежність особливо значна для випадку холодних викидів, для яких концентрація прямо пропорціональна числу труб. В зв'язку в цим при настанні НМУ необхідно в першу чергу знижувати викиди, які надходять а великої кількості дрібних джерел. Значення концентрації зменшується зі збільшенням перегрівання відпрацьованих газів відносно до навколишнього повітря. Чим холодніші викиди, тим більш ефективним для зменшення приземних концентрацій є їх короткочасне скорочення.

Для ефективного попередження підвищення рівня забруднення повітря в періоди НМУ необхідно в першу чергу скорочувати низькі,

розосереджені, холодні викиди.

При розробленні заходів для короткочасного скорочення викидів в періоди НМУ необхідно враховувати:

1) заходи повинні бути достатньо ефективними і практично виконуваними;

2) заходи повинні враховувати специфіку конкретних виробництв. В зв'язку з цим їх необхідно розробляти, головним чином, безпосередньо на підприємствах і в галузевих інститутах;

3) здійснення розроблених заходів, за можливості, не повинно супроводжуватися скороченням виробництва. Таке скорочення в зв'язку з виконанням додаткових заходів допускається тільки в рідких випадках, коли загроза інтенсивного накопичення домішок в приземному шарі атмосфери особливо велика.

Попередження про підвищення рівня забруднення повітря в зв'язку з очікуваними несприятливими метеорологічними умовами складають в прогностичних підрозділах Держкомгідромету. Застосовують два види попереджень про можливе формування підвищеного рівня забруднення повітря: від окремих джерел і по місту в цілому. В першому випадку попередження пов'язані зі зростанням концентрацій домішок в повітрі, що створюються викидами одного чи групи джерел; в другому – із зростанням загальноміського забруднення повітря.

Залежно від очікуваного рівня забруднення атмосфери складаються попередження трьох ступенів, яким відповідають *три режими роботи* підприємств в періоди НМУ.

**Заходи для скорочення викидів при першому режимі роботи підприємства.** При першому режимі роботи підприємства заходи повинні забезпечити скорочення концентрації забруднювальних речовин в приземному шарі атмосфери приблизно на 15...20%. Ці заходи носять організаційно-технічний характер, їх можна швидко здійснювати, вони не потребують значних витрат і не призводять до зниження продуктивності підприємства.

При розробленні заходів для скорочення викидів при першому режимі доцільно враховувати такі заходи загального характеру:

- посилити контроль за точним дотриманням технологічного регламенту виробництва;
- заборонити роботу обладнання на форсованому режимі;
- розосередити в часі роботу технологічних агрегатів, які не беруть участі в єдиному технологічному процесі, при роботі яких викиди шкідливих речовин в атмосферу досягають максимальних значень;
- посилити контроль за роботою контрольно-вимірювальних приладів і автоматичних систем управління технологічними процесами;
- заборонити продувку і чистку обладнання, газоходів, ємностей, в яких зберігалися забруднювальні речовини;

- припинити ремонтні роботи, зв'язані з підвищенням виділенням шкідливих речовин в атмосферу;
- посилити контроль за герметичністю газохідних систем і агрегатів, місць пересипання курних матеріалів та інших джерел пилогазорозподілення;
- посилити контроль за технічним станом і експлуатацією всіх газоочисних установок;
- забезпечити безперебійну роботу всіх пилоочисних систем і споруд та їх окремих елементів, не допускати зниження їх продуктивності, а також відключення на профілактичні огляди, ревізії та ремонти;
- забезпечити максимально ефективне зрошення апаратів пилогазовловлювачів;
- перевірити відповідність регламенту виробництва концентрацій поглинальних розчинів, які застосовуються в газоочисних установках;
- обмежити вантажно-розвантажувальні роботи, зв'язані зі значними виділеннями в атмосферу забруднювальних речовин;
- використати запас високоякісної сировини, при роботі на якій забезпечується зниження викидів забруднювальних речовин;
- інтенсифікувати вологе прибирання виробничих приміщень підприємства, де це допускається правилами техніки безпеки;
- припинити випробовування обладнання, зв'язаного зі зміною технологічного режиму і збільшенням викидів забруднювальних речовин в атмосферу;
- забезпечити контроль ступеню очищення газів в пилогазоочисних установках, викидів шкідливих речовин в атмосферу безпосередньо на джерелах і на межі санітарно-захисної зони.

**Заходи для скорочення викидів при другому режимі роботи підприємства.** При другому режимі роботи підприємства заходи повинні забезпечити скорочення концентрації забруднювальних речовин в приземному шарі атмосфери приблизно на 20...40%. Ці заходи включають в себе всі заходи, розроблені для першого режиму, а також заходи, які впливають на технологічні процеси з незначним зниженням продуктивності підприємства.

При розробленні заходів для скорочення викидів при другому режимі доцільно враховувати такі заходи загального характеру:

- знизити продуктивність окремих апаратів і технологічних ліній, робота яких зв'язана зі значним виділенням в атмосферу шкідливих речовин;
- у випадку, якщо терміни початку планово-попереджувальних робіт з ремонту технологічного обладнання і настання НМУ достатньо близькі, необхідно провести зупинку обладнання;
- зменшити інтенсивність технологічного процесу, зв'язаного з

підвищеними викидами шкідливих речовин в атмосферу на тих підприємствах, де за рахунок інтенсифікації та використання якіснішої сировини можлива компенсація відставання в періоди НМУ;

- перевести котельні та ТЕЦ, де це можливо, на природний газ чи малосірчане і малозольне паливо, при роботі з якими забезпечується зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- обмежити використання автотранспорту та інших пересувних джерел викидів на території підприємства і міста згідно з раніше розробленими схемами маршрутів;
- припинити обкатку двигунів на випробувальних стендах;
- прийняти заходи для попередження випаровування палива;
- заборонити спалювання відходів виробництва і сміття, якщо воно здійснюється без використання спеціальних установок, оснащених пилогазовловлювальними апаратами;
- заборонити роботу на холодильних та інших установках, зв'язаних з витоком забруднювальних речовин.

**Заходи для скорочення викидів при третьому режимі роботи підприємства.** Заходи повинні забезпечити скорочення концентрацій забруднювальних речовин в приземному шарі атмосфери приблизно на 40...60%, а в деяких особливо небезпечних випадках підприємствам необхідно повністю припинити викиди. Заходи третього режиму включають в себе всі заходи, розроблені для першого і другого режиму, а також заходи, здійснення яких дозволяє понизити викиди забруднювальних речовин за рахунок тимчасового скорочення продуктивності підприємства.

При розробленні заходів для скорочення викидів при третьому режимі доцільно враховувати такі заходи загального характеру:

- знизити навантаження чи зупинити виробництва, які супроводжуються значними виділеннями забруднювальних речовин;
- відключити апарати і обладнання, робота яких зв'язана зі значним забрудненням повітря;
- зупинити технологічне обладнання у випадку виходу із строю газоочисних пристроїв;
- заборонити проведення вантажно-розвантажувальних робіт, відвантаження готової продукції, сипучої початкової сировини і реагентів, які є джерелом забруднення;
- перерозподілити навантаження виробництв і технологічних ліній на ефективніше обладнання;
- зупинити пускові роботи на апаратах і технологічних лініях, які супроводжуються викидами в атмосферу;
- заборонити виїзд на лінію автотранспортних засобів (включаючи особистий транспорт) з не відрегульованими двигунами. Склад відпрацьованих газів не повинен перевищувати гранично допустимі

викиди шкідливих речовин, наведені в ГОСТ 17.2.2.02-98;

- знизити навантаження чи зупинити виробництва, які не мають газоочисних споруд;

- провести поетапне зниження навантаження паралельно працюючих однотипових технологічних агрегатів і установок (аж до відключення одного, двох, трьох і т. д. агрегатів).

*1.2.9 Аналіз характеристики шуму від об'єкта планованої діяльності: розрахункові рівні; обґрунтування заходів щодо зменшення шуму; обґрунтування вимог до шумозахисних заходів*

**Шум** – одна з форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього середовища. **Шум** – це всі неприємні та небажані звуки чи їх сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати інформаційні звукові сигнали, відпочивати.

Захист людини від шкідливого впливу шуму є однією з найважливіших соціально-економічних проблем сучасності, від вирішення якої залежить здоров'я працівників підприємств, установ, організацій, мешканців промислових центрів, міст тощо. Основною метою боротьби з шумом є його повне усунення, а за неможливості цього - зниження інтенсивності шуму до допустимих меж, які визначені відповідними нормами.

Джерелом шумів є всі види транспорту, промислові об'єкти, гучномовні пристрої, ліфти, телевізори, радіоприймачі, музичні інструменти, юрби людей і окремі особи. За інтенсивністю шуму різні джерела шумів характеризуються потужністю, дБ:

зимовий ліс за тихої погоди	0	важкий самоскид	100
шепіт, шелест листя	20	концерт поп-музики	110
сільська місцевість	30	блискавка	130
читальня	40	реактивний літак на віддалі 25 м	140
салон автомобіля	70	старт космічної ракети	150
відбійний молоток	90		

Нормування шуму здійснюється за санітарними й технічними нормами та регламентується нормативними документами: ДСТУ 2867, ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.1.012, ДСН 3.3.6.037, ДСН 3.3.6.039, ДНАОП 0.003-3.14, що регламентують гранично допустимі рівні шумових характеристик та санітарні норми цих показників.

**Санітарне нормування шуму.** Санітарні норми встановлюють максимально допустимі значення (рівні) інтенсивності шуму з метою захисту людей від його шкідливого впливу, приклади яких наведено в табл. 1.6. В основу санітарно-гігієнічного нормування шуму закладено запобігання виникненню функціональних розладів або захворювань, надмірного стомлення і зниження працездатності як при короткочасних,

так і повторній дії несприятливих чинників виробничого середовища.

Таблиця 1.6 – Рекомендовані діапазони шуму для приміщень різного функціонального призначення

Призначення приміщень	Рівень шуму, дБ
Для лікарень і санаторіїв	35
Для навчальних приміщень	37
Для квартири: відпочинок, сон	40-47
Для роботи: лабораторії, контори, обчислювальні центри, маломеханізовані підприємства.	52-61
Для стадіонів, вокзалів	60
Для мовного спілкування: магазини, гаражі і т. п.	56-66
Для робочих місць з відсутністю ризику втрати слуху	66-80

**Технічне нормування** встановлює граничні значення характеристик шуму для різних типів обладнання з урахуванням технічних можливостей. Отже, якщо санітарні норми визначають необхідні величини зниження шуму для здоров'я, то технічні норми встановлюють граничні норми шуму для окремих видів машин і механізмів.

Основною шумовою характеристикою машини є рівні її звукової потужності в октавних смугах з середньгеометричними частотами 63-8000 Гц, на основі яких машини порівнюються за шумовими властивостями. Значення гранично допустимих рівнів шумових характеристик (ГДШХ) машин встановлюється з урахуванням вимог забезпечення на робочих місцях допустимих рівнів шуму у відповідності з головним призначенням машини.

Значення ГДШХ ( $L_{Wi}$ ), яка встановлюється в октавних смугах частот рівнів звукового тиску, визначається для кожної октавної смуги за формулою

$$L_{Wi} = L_{di} + 10 \lg \frac{S_n}{S_0} - \Delta L, \quad (1.14)$$

де  $L_{di}$  – гранично допустимий рівень звукового тиску в октаві, рівень звуку або еквівалентний рівень звуку на робочих місцях за ГОСТ 12.1.003 або в місцях знаходження людини згідно з відповідними нормативами, дБ (за табл. 1.7);

Таблиця 1.7 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот на робочих місцях у виробничих приміщеннях

Рівні звукового тиску в дБ, в октавних смугах частот, Гц								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
107	95	87	82	78	75	73	71	69

$\Delta L$  – поправка на групове встановлення машин в типових умовах експлуатації,  $\Delta L$  береться 10; 6 і 3 дБ для машин з габаритними розмірами відповідно до 1,5; 3,5 і 5 м. Для одиночного встановлення машин з габаритними розмірами понад 5 м – 0 дБ,  $S_0 = 1 \text{ м}^2$ ;

$S_n$  – площа вимірювальної поверхні, яка знаходиться на відстані 1 м від зовнішнього контуру машини, визначають за формулою:  $S_n = 2\pi R^2$ ,  $\text{м}^2$ , де  $R$  – відстань від робочого місця до центру проекції машини, м. Якщо фактичні значення октавних рівнів звукового тиску на робочих місцях за типових умов експлуатації машин менші за встановлені стандартом, то вони підставляються у формулу як  $L_{ді}$ .

Захист людини від шкідливого впливу шуму є однією з найважливіших соціально-економічних проблем сучасності, від вирішення якої залежить здоров'я працівників підприємств, установ, організацій, мешканців промислових центрів, міст тощо. Основною метою боротьби з шумом є його повне усунення, а за неможливості цього – зниження інтенсивності шуму до допустимих меж, які визначені відповідними нормами. Нормування шумових та вібраційних забруднень докільля регламентується нормативними документами: ДСТУ 2867, ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.1.012, ДСН 3.3.6.037, ДСН 3.3.6.039, ДНАОП 0.003-3.14, що розробляють ГДШХ – гранично допустимих рівнів шумових характеристик та санітарні норми показників вібраційного навантаження.

Заходи з боротьби із шумом підрозділяються на організаційні, медико-профілактичні, архітектурно-планувальні, технічні.

**Організаційні й архітектурно – планувальні заходи:**

- угруповання приміщень з підвищеним рівнем шуму в одній зоні будинку, відділення їх коридорами, підсобними, допоміжними, складськими приміщеннями;
- застосування результатів математичного прогнозування рівня шуму на етапі проектування будівництва або реконструкції;
- проектування по можливості більшої кількості виробничих приміщень витягнутої форми, висотою 6...7 м. При цьому забезпечується зменшення числа відбиття звукових хвиль;
- заборонено діючим стандартом перебування працюючих у зонах з рівнями звукового тиску  $L > 135$  дБ у будь-якій октавній смузі.

**Медико-профілактичні:**



- проведення попередніх та періодичних медичних оглядів, диспансерне спостереження за здоров'ям працюючих в умовах підвищеного рівня шуму протягом першого року роботи (через індивідуальну чутливість людини відносно дії шуму);

- підвищення опірності організму працюючих до впливу шуму (щоденний прийом вітамінів В<sub>1</sub>, С протягом 2-х тижнів);

- використання кімнат психологічного розвантаження, санітарно-курортного лікування.

**Технічні засоби** захисту від шкідливої дії шуму передбачають використання трьох головних напрямків:

а) усунення причин виникнення шуму або зниження його рівня в джерелі;

б) ослаблення шуму на шляху його поширення;

в) індивідуальний захист працюючих.

Найбільш ефективним шляхом зниження шуму є заміна гучних технологічних операцій на малошумні, наприклад, штампування – пресуванням, заміна клепок – зварюванням і т.п.

Так як реалізація таких методів захисту не завжди реальна та доцільна з економічної точки зору, то застосовують зниження шуму в джерелі: застосування в механізмах матеріалів із звукобірними властивостями, своєчасне проведення профілактики й планово-попереджувальних ремонтів.

Одним з найбільш простих рішень щодо зниження шуму на шляху його поширення є застосування звукоізолюючих кожухів – звуковідбиваючих або звукопоглинаючих.

**Звуковідбиваючі кожухи** забезпечують зниження рівня звуку за рахунок високого коефіцієнта відбиття. Такі кожухи можуть знизити рівень звукового тиску на 20...25 дБ.

**Звукопоглинаючі кожухи** забезпечують зменшення звуку за рахунок перетворення кінетичної енергії звукових хвиль у теплову при коливанні малих об'ємів повітря в порах звукопоглинаючого матеріалу. Такі кожухи можуть знизити рівень звукового тиску на 20...30 дБ.

Ослаблення аеродинамічного шуму, створюваного компресорами, системами пневмотранспорту і т.п. здійснюють глушителями різних типів.

При великих габаритах машин, устаткування передбачають спеціальні кабіни для операторів.

Значний ефект зниження шуму від устаткування дає застосування акустичних екранів, які обгороджують джерело шуму від робочого місця або зони обслуговування. Дія такого екрана може бути заснована на ефекті створення акустичної тіні, за рахунок поглинання або відбиття звукової енергії. При цьому слід пам'ятати, що ефект екранного захисту виявляється найбільш помітно лише в області високих та середніх частот і менш ефективний в області низьких частот через дифракцію хвиль, яка

може призводити до огинання захисного екрана звуковим полем через невідповідність довжини хвилі і розміру екрана.

Одним з розповсюджених заходів зниження шуму є акустична обробка приміщень. Застосування такого технічного рішення дозволяє знизити шум у результаті дії механізму поглинання. Ефективність захисту в цьому разі також залежить від співвідношення розміру пор в облицювальному матеріалі й довжини звукової хвилі і, природно, характеризується найбільшим коефіцієнтом на високих і середніх частотах.

У багатоповерхових промислових будинках важливий захист приміщень і від структурного шуму, який виникає при закріпленні устаткування, що характеризується підвищеним шумом, на елементах конструкції будинку. Ослаблення передачі такого шуму по будинку здійснюється шумоізоляцією і шумопоглинанням, а також влаштуванням так званих «плаваючих підлог» – підлог виробничих приміщень, які не зв'язані жорстко з конструктивними елементами будинку.

Як індивідуальні засоби захисту від шуму застосовують спеціальні вкладиші у вушну раковину – беруші, а також шумозахисні навушники.

### *1.2.10 Аналіз впливу теплового забруднення, електромагнітних і іонізуючих випромінювань, а також обґрунтування заходів щодо їх попередження або зменшення*

Останнім часом дедалі актуальнішою постає проблема теплового забруднення довкілля, яке пов'язане з нагріванням атмосфери, гідросфери, і що призводить до змін флори і фауни в окремих регіонах і суттєво впливає на глобальне потепління на Землі в цілому. Теплове (термальне) забруднення довкілля нерозривно пов'язане з явищем парникового ефекту. Антропогенний вплив (домінуючим серед якого є промисловий) на довкілля призводить до «підігрівання» атмосфери внаслідок спалювання великої кількості вугілля, нафти, газу шляхом прямого викидання тепла у довкілля і при охолодженні технологічних нагрітих вод, а також нагрівання природних водойм внаслідок скидання підігрітих вод з промислових підприємств і теплових електростанцій в річки й озера.

Серед найбільших техногенних джерел теплового забруднення довкілля слід відзначити об'єкти теплоелектроенергетики та тепlopостачання, металургійні підприємства, транспорт, підприємства, де використовується нагріта вода чи водяна пара, випаровувальні або охолоджувальні башти (градирні) тощо. Так, викиди підприємств чорної металургії мають температуру 300-400°C, а іноді й близько 800°C. У деяких промислових районах концентрація теплової енергії за рахунок промисловості значно зросла, над промисловими центрами, де теплові аномалії вже на кілька градусів перевищують норму, з'явилися теплові

ореоли. Їх добре помітно на космічних знімках земної поверхні.

Найбільші проблеми термального забруднення пов'язані з теплоелектроенергетикою. Незважаючи на низку недоліків, притаманних електростанціям, де для вироблення електроенергії використовується водяна пара, зокрема низька ефективність використання потенційної енергії вугілля (37-39%) і ядерної енергії (31%), вони продовжують існувати. Викиди теплоти є одним з основних чинників взаємодії теплоенергетичних об'єктів з навколишнім середовищем, частково з атмосферою і гідросферою. Виділення тепла відбувається на всіх стадіях перетворення хімічної енергії органічної речовини чи ядерного палива для вироблення теплової енергії. Велика частина теплоти, яку отримує охолоджувальна вода в конденсаторах парових турбін, передається у охолоджувальні споруди, водойми, водостоки, а звідти в атмосферу (температура в місці скидання нагрітої води підвищується, що призводить до підвищення середньої температури поверхні водойми, і відповідно температура атмосферного повітря над теплоенергетичною установкою підвищується завдяки енергії, виділеній цією установкою в атмосферу).

Так, для електростанції потужністю 1000 МВт потрібно озеро площею 810 га, глибиною близько 8,7 м. Електростанції можуть підвищувати температуру води в порівнянні з навколишньою на 5-15°C. Якщо температура води у водоймі становить 16°C, то температура відпрацьованої на станції води буде від 22 до 28°C. У літній період вона може досягати 30-36°C. Підвищення температури води здатне порушити структуру рослинного світу водойм. Характерні для холодної води водорості замінюються більш теплолюбними і, зрештою, за високих температур цілком ними витісняються. Усі перелічені вище наслідки теплового забруднення водойм та атмосфери наносять величезну шкоду природним екосистемам і призводять до згубних змін середовища існування людини. Збитки, що утворилися в результаті теплового забруднення, можна розділити на:

- економічні (втрати внаслідок зниження продуктивності водойм, витрати на ліквідацію наслідків від забруднення тощо);
- соціальні (естетичні втрати від деградації ландшафтів, шкода рекреаційним ресурсам тощо);
- екологічні (необоротні руйнування унікальних екосистем, зникнення видів, генетичний збиток тощо).

На сучасному етапі проблема взаємодії промислових об'єктів – джерел теплових викидів у довкілля, і навколишнього середовища набула нових ознак, поширюючи свій вплив на значні території, велику кількість річок і озер, величезні об'єми атмосфери і гідросфери. Вирішенню цієї проблеми повинен сприяти науково-технічний прогрес за умови його екологізації, що сприятиме розробці нових технологій охолодження або більш економічних методів та обладнання з усунення теплового

забруднення.

Іонізуючі випромінювання поділяються на електромагнітні (фотонні) –  $\gamma$  та рентгенівські випромінювання, а також на корпускулярні (складаються із потоку частинок, маса спокою яких відмінна від нуля) – потоки  $\alpha$ -,  $\beta$ -частинок, протонів, нейтронів та ін.

З точки зору впливу на організм людини і ссавців найбільш важливими є три типи іонізуючих випромінювань – іонізуючі випромінювання  $\alpha$ ,  $\beta$ , і  $\gamma$ ,  $\alpha$ -випромінювання – це потік ядер гелію, що являють собою позитивно заряджені частинки, які складаються з двох нейтронів і двох протонів. Ці промені мають найменшу проникну здатність, а тому як зовнішній випромінювач вони мало небезпечні. Проте, завдяки високій іонізуючій здатності  $\alpha$ -частинок дуже небезпечно внутрішнє опромінення організму, оскільки у цьому випадку відбувається локальне опромінювання тих чи інших органів.  $\beta$  – це потік заряджених негативно (електрони) або позитивно (позитрони) частинок.  $\gamma$ -випромінювання – це короткохвильове електромагнітне випромінювання, яке за своїми властивостями подібне до рентгенівського, проте має значно вищу швидкість поширення та енергію, що забезпечує дуже високу проникну здатність  $\gamma$ -променів.

Енергія частинок іонізуючого випромінювання оцінюється у позасистемних одиницях – електрон-вольтах (eV):  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

Нормування електромагнітного забруднення регламентується нормативно-правовими документами: «Основні санітарні правила роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань ОСП-72/87», ГОСТ 12.1.006. На їх базі розробляються і встановлюються гранично допустимі значення (ГДЗ), гранично допустимі дози (ГДД), границі дози (ГД), гранично допустимі рівні (ГДР) електростатичного поля в житлових та не житлових приміщеннях.

***Допустимі рівні електромагнітних полів на робочих місцях.***  
Електромагнітні поля характеризуються певною енергією, яка поширюється у просторі у вигляді електромагнітних хвиль; оцінюються кількістю енергії (потужності), що переноситься хвилею у напрямку свого поширення. Простір навколо джерела ЕМП умовно поділяють на ближню зону (зону індукції) та дальню зону (зону випромінювання). Для оцінки ЕМП у цих зонах використовують різні підходи. Ближня зона охоплює простір навколо джерела ЕМП, що має радіус, який приблизно дорівнює  $0,17$  довжини хвилі. В цій зоні електромагнітна хвиля ще не сформована, тому інтенсивність ЕМП оцінюється окремо напруженістю магнітної та електричної складової поля. У ближній зоні, зазвичай, знаходяться робочі місця, на яких присутні джерела електромагнітних випромінювань з довжиною хвилі меншою ніж  $1 \text{ м}$ . Інші – знаходяться практично завжди у дальній зоні, у якій електромагнітна хвиля вже сформувалася.

У цій зоні ЕМП оцінюється за кількістю енергії (потужністю), що

переноситься хвилею у напрямку свого поширення. Для кількісної оцінки цієї енергії застосовують значення поверхневої густини потоку енергії, що визначається у Вт/м<sup>2</sup>.

Допустимі рівні напруженості ЕМП радіочастотного діапазону на робочих місцях та в місцях знаходження персоналу, в яких є джерело ЕМП, регламентуються за ГОСТ 12.1.006. Напруженість ЕМП в діапазоні частот 60 кГц-300 мГц на робочих місцях персоналу протягом однієї доби не повинна перевищувати встановлених гранично допустимих рівнів (табл. 1.8). Допустима поверхнева густина потоку енергії ЕМП в діапазоні частот 300 мГц-300ГГц на робочих місцях персоналу потрібно визначати, виходячи з допустимого енергетичного навантаження на організм людини з урахуванням часу впливу за формулою:

Таблиця 1.8 – Гранично допустимі рівні ЕМП

Діапазон частот, мГц	ГДР напруженості ЕМП	
	за електричною складовою, Вт/м <sup>2</sup>	за магнітною складовою, Вт/м <sup>2</sup>
0,06-3	50	5
3-30	20	-
30-50	10	0,3
50-300	5	-
300-300 000	-	-

$$ГДЗ_{гдр} = \frac{ЕН_{гдр}}{T}, \quad (1.15)$$

де ГДЗ<sub>гдр</sub> – гранично допустиме значення щільності потоку енергії, Вт/м<sup>2</sup>;

ЕН<sub>гдр</sub> – нормативна величина енергетичного навантаження за робочу добу 2-20 Вт/м<sup>2</sup> за годину;

T – час впливу, год.

Максимальне значення ГДЗ<sub>гдр</sub> не повинно перевищувати 10 Вт/м<sup>2</sup> за годину.

Для захисту населення від впливу ЕМП влаштовують при необхідності санітарно-захисні зони і зони обмеження забудови в яких ГДР електромагнітного поля не перевищує норми. Межі санітарно-захисних зон вздовж траси високовольтної лінії (ВЛ) у населеній місцевості наведені в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Межі санітарно-захисних зон вздовж траси високовольтної лінії

Напруга ВЛ, кВт	Відстань від проекції на землю крайніх фаз проводів, м	Напруга ВЛ, кВт	Відстань від проекції на землю крайніх фаз проводів, м
1150	300 (55*)	220	25
750	250 (40*)	110	20
500	150 (30)	35	15
330	75 (20)	До 20	10

\*Значення, наведені в дужках, допускаються за винятком для сільської місцевості. Забезпечення обмеження тривалості робіт і заземлення машин, проведення інструктажу населення

Для захисту від електричних полів промислової частоти необхідно збільшувати висоту підвішування фазових проводів ВЛ, зменшувати відстань між ними. При правильному доборі геометричних параметрів можна в 1,6-1,8 разів знизити напруженість поля поблизу ВЛ. Напруженість ЕМП може бути зменшена віддаленням житлової забудови від ВЛ, застосуванням екранувальних пристроїв та інших засобів зниження напруженості електричного поля.

Основним джерелом опромінення населення є природне випромінювання навколишнього середовища. Таким навколишнім середовищем, у якому людина проводить 80% усього часу, є будівлі, житлові будинки і виробничі приміщення. Якщо порівняти повітря в наших квартирах із забрудненим міським, то в приміщенні воно виявиться в 4-6 разів бруднішим і у 8-10 разів токсичнішим.

Компонентом природного випромінювання є:

- будівельні матеріали, виготовлені з природної сировини, що мають у своєму складі природні РН –  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ , які є джерелом зовнішнього гамма-випромінювання всередині приміщень;
- радіоактивний газ радон, який утворюється при розкладанні  $^{226}\text{Ra}$  і  $^{232}\text{Th}$  та надходить у повітря приміщень зі стін, ґрунту з водопроводу, побутового газу. Сумарно ці джерела вносять до 70% у загальну дозу випромінювання населення.

Нормування радіаційного забруднення регламентується нормативно-правовими документами: законом України «Про радіаційну безпеку населення», «Про правовий режим території, яка піддається радіоактивному забрудненню внаслідок чорнобильської катастрофи», «Нормами радіаційної безпеки України – НРБУ-97», що нормують допустимі рівні впливу радіації на людину, державним нормативом ДР-97, який регламентує вміст  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування на території України, основним діючим документом є «Основні санітарні правила

роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань ОСП-72/87», ГОСТ 12.1.006.

На їх базі розробляються і встановлюються гранично допустимі значення (ГДЗ), гранично допустимі дози (ГДД), границі дози (ГД), гранично допустимі концентрації (ГДК) найбільш поширених радіонуклідів у воді відкритих водойм, тимчасово аварійно допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування та питній воді (ТДР), потужності поглиненої дози (допустимі рівні) гамма випромінювання в повітрі будинків та приміщень (ППД).

Діюча система нормування в галузі радіаційної безпеки побудована на понятті дозового навантаження. В системі нормування використовуються такі основні поняття: поглинена доза ( $D_{\text{погл}}$ ), еквівалентна доза ( $D_{\text{екв}}$ ), іонізуючої спроможності еквівалентної дози.

Для розрахунку еквівалентної дози  $D_{\text{екв}}$  поглинену дозу  $D_{\text{погл}}$  множать на коефіцієнт якості  $IB$  ( $Q_i$ ), який відображає здатність даного виду випромінювання ушкоджувати тканини організму:

$$D_{\text{екв}} = D_{\text{погл}} \cdot Q_i, \quad (1.16)$$

Значення коефіцієнта  $Q_i$  наведені в табл. 1.10.

Таблиця 1.10 – Значення коефіцієнта  $Q_i$  для різних видів випромінювання

Види випромінювання	$Q_i$
Фотони і бета-випромінювання незалежно від енергії випромінювання)	1
Протони з енергією більше 2 МеВ	5
Нейтрони з енергією менше 10 кеВ	5
■ з енергією 10-100 кеВ	10
■ з енергією 0,1-2 МеВ	20
■ з енергією 2-20 МеВ	10
■ з енергією більше 20 МеВ	5
Альфа випромінювання	20

Одиницею еквівалентної дози є зіверт – тобто доза будь-якого виду випромінювання, поглинена в 1кг біологічної тканини і така, яка створює такий же біологічний ефект, як і поглинена доза в 1 Гр фотонного випромінювання. 1 зіверт = 100 бер. Альфа випромінювання вважається у 20 разів небезпечнішим за інші види випромінювання. Допустимі рівні потужності поглиненої дози (ППД) гамма випромінювання в повітрі

будинків та приміщень (поширюються на гамма випромінювання, сформоване за рахунок активності природних радіонуклідів):

- потужність поглиненої дози (ППД) всередині приміщень, будівель та споруд, які проектується, будуються та реконструюються для експлуатації з постійним перебуванням людей, не повинна перевищувати  $0,27 \text{ мкГр/год}^{-1}$  ( $30 \text{ мкР/год}^{-1}$ ). До приміщень з постійним перебуванням людей відносяться житлові приміщення, а також приміщення дитячих закладів, санітарно-курортних лікувально-оздоровчих закладів;

- ППД всередині приміщень, будівель і споруд, які експлуатуються з постійним перебуванням людей, не повинна перевищувати  $0,45 \text{ мкГр/год}^{-1}$  ( $50 \text{ мкР/год}^{-1}$ ), за винятком дитячих, санітарно-курортних і лікувально-оздоровчих закладів.

Для повітря приміщень встановлені допустимі рівні середньої квадратичної еквівалентної рівноважної концентрації (ЕРК) ізотопів радону:

- для повітря приміщень, що проектується і будуються та при реконструкції будинків і споруджень з постійним перебуванням людей ЕРК  $^{222}\text{Rn}$  не повинна перевищувати  $50 \text{ Бк/м}^{-3}$ , а для  $^{220}\text{Rn}$  –  $3 \text{ Бк/м}^{-3}$ ;

- ЕРК  $^{222}\text{Rn}$  у повітрі будинків, що експлуатуються з постійним перебуванням людей не повинна перевищувати  $100 \text{ Бк/м}^{-3}$ , а для  $^{220}\text{Rn}$  –  $6 \text{ Бк/м}^{-3}$ .

### **1.3 Методологія проведення випробувань новітніх технічних засобів й технологій захисту довкілля**

#### *1.3.1 Методологія проведення випробувань новітнього обладнання*

Всі випробування (ДСТУ 3021-95) розділяються на вісім груп:

- За методами, умовами і місцем проведення;
- За призначенням;
- За стадіями життєвого циклу;
- За тривалістю;
- За рівнем проведення;
- За видом впливу;
- За результатами впливу;
- За обумовленими характеристиками.

**За методами, умовами і місцем** проведення випробування підрозділяють на дві великі підгрупи:

- фізичні випробування реальних виробів або їхніх макетів;
- випробування з використанням моделей.

**Фізичні випробування** можуть проводитися

- на випробувальних стендах (**стендові випробування**), коли



зовнішні фактори, що впливають (ЗВФ) створюються штучним шляхом. **Випробувальний стенд** – технічний пристрій для установки виробу в заданих положеннях, створення впливів, знімання інформації й керування процесом випробувань. Випробувальні стенди можуть випускатися серійно або створюватися в одиничному екземплярі.

- у лабораторних умовах (**лабораторні випробування**), коли ЗВФ створюються за допомогою спеціальних методів і засобів;

- на полігонах (**полігонні випробування**). **Полігон** – місце, призначене для проведення випробувань в умовах, близьких до умов експлуатації й забезпечене необхідними засобами випробувань. Полігонні випробування проводяться разом з тим об'єктом, на якому вони перебувають при експлуатації.

- при проведенні **натурних випробувань**, коли випробовуються вироби, а не їхні моделі або складові частини; коли умови випробувань відповідають умовам експлуатації виробу за прямим призначенням статистичної обробки експериментальних даних;

- при **експлуатаційних випробуваннях**.

**Випробування з використанням моделей** проводять методами фізичного, математичного моделювання й статистичних випробувань.

**Фізичне (математичне) моделювання** полягає в тому, що об'єкт випробувань замінюється простою фізичною (математичною) моделлю, здатною імітувати зміни параметрів об'єкта.

**Статистичні випробування** полягають у тому, що шляхом багаторазових випадкових випробувань визначають ймовірність появи деякої випадкової події (наприклад, відмови). Метод статистичних випробувань дозволяє визначити характеристики надійності.

**За призначенням** випробування підрозділяються на:

- дослідницькі – проводяться для вивчення певних характеристик і параметрів об'єкта при тому або іншому впливі. Проводяться по встановлених методиках і на атестованому устаткуванні.

- означальні – для визначення кількісних показників надійності об'єкта;

- порівняльні – при яких випробовуються два або більше аналогічних або однакових об'єктів в однакових умовах для порівняння характеристик їхньої якості;

- контрольні випробування, проводять для встановлення відповідності характеристик виробу заданим.

**За стадіями життєвого циклу.**

На стадії РОЗРОБКИ випробування розділяються на наступні види:

- доводочні;
- попередні;
- приймальні.

**Доводочні випробування** – дослідницькі, і проводять їх з метою

оцінки впливу внесених змін для досягнення заданих значень показників якості (точність, надійність і т. д).

**Попередні випробування** проводяться для встановлення відповідності дослідних зразків вимогам технічних завдань (ТЗ) та умов (ТУ).

**Приймальні випробування** вирішують питання про постановку виробу на виробництво.

На стадії ВИРОБНИЦТВА випробування розділяються на:

- **кваліфікаційні** – випробування настановної серії або першої промислової партії, проведені з метою виявлення готовності підприємства випускати продукцію в заданому обсязі;

- **пред'явницькі** проводяться службою технічного контролю підприємства-виготовлювача перед пред'явленням виробу для приймання представником замовника або споживачем;

- **приймально-здавальні випробування** (ПЗВ) проводяться за участю представника замовника;

- **періодичні** проводяться в обсягах, а також в строки, встановлені НТД, контролюють стабільність якості продукції, що випускається, і можливість продовження випуску;

- **типові випробування** – це контрольні або перевірочні випробування, які проводяться після внесення змін у конструкцію або технологію виготовлення з метою оцінки ефективності й доцільності внесених змін;

- **інспекційні** – проводяться у вибіркового порядку з метою контролю стабільності якості, проведені спеціальною вповноваженою організацією;

- **атестаційні** – для оцінки якості продукції при її атестації по категоріях якості;

- **сертифікаційні** – проводяться незалежно від виробника й уповноваженою організацією з метою визначення відповідності якості продукції вимогам національного або міжнародного стандартів.

На стадії ЕКСПЛУАТАЦІЇ випробування розділяються на:

- **підконтрольні** – проводяться для підтвердження відповідності продукції вимогам НТД в умовах застосування продукції, а також для одержання інформації про надійність продукції, пропонування рекомендацій з усунення недоліків; для проведення виконавцем виділяються спеціальні зразки, які попередньо проходять кваліфікаційні й періодичні випробування.

- **експлуатаційні** – проводяться для визначення доцільності подальшої експлуатації, коли зміни показників якості можуть привести до зниження ефективності. Вони проводяться через інтервали часу або при досягненні наробітку.

- **інспекційні** – ті ж, що й на стадії виробництва.

Для скорочення обсягів робіт, вартості й строків випробувань їх об'єднують, наприклад: попередні + доводочні; періодичні + типові.

**За тривалістю** випробування підрозділяються на:

- **Нормальні** – випробування, методи й умови проведення яких забезпечують одержання необхідної інформації за такий же час, що й при експлуатації;

- **Прискорені** – методи й умови проведення яких забезпечують одержання необхідного обсягу інформації в більш короткий строк, ніж у передбачених технічною документацією умовах і режимах експлуатації;

- **Скорочені** – проводяться по скороченій програмі (наприклад, не при всіх видах впливів).

**За рівнем проведення** випробування підрозділяються на:

- **відомчі**, проведені комісією із представників зацікавленого відомства або міністерства;

- **міжвідомчі** – це приймальні випробування, проведені декількома зацікавленими відомствами;

- **державні**, проведені державною комісією для видів продукції, установлених державою як найважливіша, у спеціальних випробувальних центрах.

**За видом зовнішніх впливів** випробування підрозділяються на наступні види:

- **кліматичні випробування** – при яких основним видом впливів на об'єкт випробувань (ОВ) є кліматичні фактори: температура й вологість повітря, атмосферний тиск;

- **механічні випробування** – при яких основним видом впливів на ОВ є механічні навантаження;

- **електричні випробування** – при яких основним видом впливів на ОВ є електричні навантаження;

- **електромагнітні випробування** – при яких основним видом впливів на ОВ є електромагнітні поля;

- **біологічні випробування** – при яких основним видом впливів на ОВ є життєдіяльність організмів;

- **хімічні випробування** – при яких основним видом впливів на ОВ є хімічні фактори й реакції різних речовин ;

- **радіаційні випробування** – при яких основним видом впливів на ОВ є іонізуюче випромінювання;

- **с комбінованими впливами** – кілька видів впливів одночасно.

**За результатом впливу** випробування підрозділяють на:

- **руйнуючі випробування**, якщо в процесі їхнього проведення застосовують руйнуючі методи контролю або в результаті впливу зовнішніх факторів ОВ стає непридатним для подальшого використання;

- **неруйнівні випробування**, коли використовують методи неруйнівного контролю;

- *випробування на стійкість;*
- *випробування на міцність.*

*За обумовленими характеристиками* об'єкта випробування розрізняють на:

- *надійнісні випробування;*
- *граничні випробування;*
- *технологічні випробування.*

Найбільш важливими з них є випробування на надійність. Надійність будь-якого виробу характеризується безвідмовністю, довговічністю й ремонтпридатністю.

**Програма випробувань** (ПВ) – це обов'язковий для виконання організаційно-методичний документ.

ПВ складається із шести розділів:

- Об'єкт випробувань (ОВ);
- Ціль випробувань;
- Обґрунтування необхідності проведення випробувань;
- Місце проведення й забезпечення випробувань;
- Обсяг і методика випробувань;
- Оформлення результатів випробувань.

Розділ 1 «**Об'єкт випробувань**». ОВ включає найменування, креслярський і заводський номери, дату виготовлення.

ОВ можуть бути:

- макети, моделі, експериментальні зразки, виготовлені при виконанні НДР;
- дослідні зразки, виготовлені при виконанні ДКР;
- зразки, виготовлені при освоєнні виробу у виробництві й виготовлені в ході серійного виробництва.

Випробовують ті вироби, які відповідають НТД за конструкцією, зовнішнім виглядом й параметрами, обумовленим при нормальних кліматичних умовах. Об'єктом випробувань може бути одиничний виріб або партія виробів, що піддається суцільному або вибірковому контролю.

Розділ 2 «**Ціль випробувань**» містить конкретну мету (або цілі) випробувань. Вона визначається як видом випробувань, так й етапом ЖЦ виробу.

Мета випробувань розкриває їхнє призначення, що повинне бути відбите в назві. Тому, щоб сформулювати назву випробувань, необхідно встановити їхнє призначення, тобто визначити до якої із чотирьох груп (дослідницькі, контрольні, порівняльні, означальні) їх можна віднести.

Аналогічно, у назві випробувань можуть бути враховані інші ознаки виду випробувань (ТРИВАЛІСТЬ, РІВЕНЬ ПРОВЕДЕННЯ, ВИД ВПЛИВУ й ін.).

Розділ 3 «**Обґрунтування необхідності проведення випробувань**» – вказуються планові документи, у яких регламентується проведення випро-

бувань (наприклад, програма забезпечення якості).

Розділ 4 «**Місце проведення й забезпечення випробувань**» містить найменування підрозділу, у якому проводяться випробування, а також план робіт з їхньої підготовки й проведення із вказівкою обсягу, строку виконання й відповідних виконавців робіт.

Розділ 5 «**Обсяг і методика випробувань**» складається із двох підрозділів:

- Умови випробувань (число зразків, розподіл їх на групи, послідовність проходження випробувань різними групами за видами впливів з описом кількісної характеристики кожного впливу) і номера креслень оснащення, необхідного для їхнього проведення.

- Відомості про контрольовані параметри виробу із вказівкою документації, по якій потрібно виміряти ці параметри.

Розділ 6 «**Оформлення результатів випробувань**» визначає форму подання результатів випробувань: протокол, звіт, технічна довідка.

Одним із завдань, розв'язуючих при підготовці випробувань, є розробка й випуск методики випробувань. **Методика випробувань** – це організаційно-методичний документ, обов'язковий до виконання.

У ньому містяться:

- метод випробувань;
- засоби й умови випробувань;
- порядок відбору проб;
- алгоритми виконання операцій по визначенню характеристик

ОВ;

- форми подання й оцінка точності результатів;
- вимоги техніки безпеки й охорони навколишнього середовища.

Методика випробувань визначає процес їхнього проведення. Вона може бути викладена в самостійному документі або в ПВ. Методика є також складовою частиною нормативно-технічної документації (стандарти, ТУ) на вироби, що виготовляються.

**Метод випробувань** – сукупність правил застосування певних принципів і засобів для реалізації випробувань, що дозволяють забезпечити перевірку виробів на відповідність вимогам нормативно-технічної документації (НТД).

У методах випробувань повинен бути передбачений вплив на вироби об'єктивних зовнішніх збурюючих факторів (ЗЗФ) за нормами, встановленими НТД. Для більшості випробувань ЗЗФ розбивають за ступенем твердості, що відповідають різним умовам експлуатації виробу.

Пристрої для проведення випробувань повинні бути виконані відповідно до вимог єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД) і вчасно атестовані. Атестація передбачає визначення нормованих точних характеристик, перевірку й відповідності НТД і встановлення придатності до роботи.

У методиці випробувань описуються такі етапи процесу випробувань:

- перевірка пристроїв для випробувань (періодичне калібрування);
- підготовка виробів до випробувань;
- спільна перевірка пристроїв для випробувань й ОВ;
- реєстрація результатів випробувань і даних про умови їхнього проведення.

Спільна перевірка пристроїв для випробувань й ОВ повинна показати, чи не ушкоджуються пристрої для випробувань й ОВ через неузгодженість між собою їхніх сигналів.

Реєстрація результатів випробувань повинна містити :

- Параметри навколишніх умов (температура, вологість, запиленість);
- Дату реєстрації;
- Відомості про персонал, що проводить випробування;
- Опис точної конфігурації ОВ;
- Відомості про критерії приймання/бракування у випадку приймально-здавальних випробувань.

На практиці застосовуються наступні *способи проведення* випробувань:

- Послідовний;
- Паралельний;
- Послідовно-паралельний;
- Комбінований.

*При послідовному способі* ОВ послідовно піддаються всім передбаченим видам випробувань. Послідовність випробувань передбачає виявлення найбільш грубих дефектів виробів, наприклад помилок маркування, коротких замикань й обривів при здатних до прийому випробуваннях.

Важлива умова проведення послідовних випробувань – виконання певного порядку впливу зовнішніх факторів. В одних випадках становлять послідовність випробувань (ПВ) так, що спочатку на ОВ діють найнебезпечніші зовнішні фактори. Так швидше виявляються ненадійні зразки й скорочується час випробувань. Однак при цьому губиться більша частина інформації про вплив інших факторів. Тому в інших випадках становлять послідовність таким чином, що випробування починають із впливу найменш твердих зовнішніх факторів. Це дозволяє точніше визначити причини спостережуваних відмов. Однак, якщо найнебезпечніші для ОВ ЗЗФ впливають наприкінці випробувань, то значно збільшується час їхнього проведення й, нарешті, вартість випробувань.

Оскільки ОВ мають різне призначення й умови експлуатації, немає

сенсу у встановленні єдиної послідовності проведення випробувань. Для конкретних ОВ оптимальна послідовність проведення випробувань указується в ТУ або ПВ.

Недолік послідовного способу проведення випробувань – у міру переходу від одного ЗЗФ до іншого в ОВ накопичуються деградаційні зміни у фізичній структурі. Це прискорює зношування ОВ.

**При паралельному способі** проведення випробувань вироби піддаються впливу різних ЗЗФ одночасно (паралельно) на декількох вибірках. Такий спосіб дозволяє одержати великий обсяг інформації за більш короткий проміжок часу, чим при послідовному способі. Однак паралельний спосіб вимагає більшого числа випробовуваних виробів, ніж послідовний.

**При послідовно-паралельному способі** всі вироби розбивають на групи, які випробовують паралельно. У кожній групі випробування проводять послідовним способом.

Всі види випробувань також розбиваються на групи, число яких дорівнює числу груп випробовуваних виробів. Групи випробувань формуються по видах випробувань так, щоб з однієї сторони тривалість випробувань у всіх групах була приблизно однаковою, а з іншого боку – умови проведення об'єднаних в одну групу випробувань були близькі до реального.

Приклад групування видів випробувань і послідовності їхнього проведення в кожній групі:

**Група I:** вібростійкість при тривалому впливі вібрації, ударна міцність, ударна стійкість, стійкість до впливу відцентрового прискорення, циклічний вплив температури, вплив сонячної радіації, вплив пилу.

**Група II:** теплотривкість при тривалому впливі підвищеної температури, вплив морського туману.

**Група III:** вологостійкість при тривалому впливі вологи, холодостійкість, вплив інею й роси.

**Група IV:** грибостійкість.

**При комбінованому способі** випробувань на ОВ одночасно впливають кілька зовнішніх факторів. Мета – наближення лабораторних умов випробувань до реальних умов експлуатації.

Широке застосування комбінованого способу випробувань обмежено відсутністю необхідного встаткування, складністю й високою вартістю таких випробувань.

Сучасне випробувальне обладнання в залежності від мети використання може вироблятися серійно або створюватися у одиничному екземплярі. Таке обладнання дозволяє проводити комбіновані випробування.

Найбільш розповсюдженим є наступне випробувальне обладнання:

- Одновісні поворотні стенди;

- Двовісні поворотні стенди;
- Тривісні поворотні стенди;
- Центрифуги;
- Вібростенди;
- Віброфуги;
- Кліматичні лабораторії;
- Ударні стенди;
- Кільця Гельмгольца;
- Стенд Скорсбі.

### 1.3.2 Методи підвищення ефективності роботи технічних засобів

Виділяються чотири групи заходів щодо підвищення надійності технічних засобів при їхньому проектуванні:

- системні;
- структурні (схемні);
- конструктивні;
- експлуатаційні.

*До системних методів* належать організаційно-економічні заходи щодо стимулювання підвищення надійності і ряд технічних заходів.

Одним із шляхів стимулювання підвищення надійності є включення у вартість технічних засобів витрат на гарантійні ремонт і обслуговування. При цьому розроблювач враховує, що при підвищенні надійності зменшуються витрати на гарантійний ремонт і обслуговування, тобто прибуток стає найбільшим при певному значенні показника надійності, який перевищує максимально допустимий рівень. У цьому випадку розробники та виготовлювачі технічних засобів прагнуть дізнатись цей рівень і досягти його. Отже, стимулюються точні оцінки надійності та її підвищення. Іншим шляхом стимулювання підвищення надійності є планування витрат на весь термін служби проектного технічного засобу.

Технічні заходи щодо оформлення показників надійності проектних технічних засобів необхідні при будь-якій системі взаємин замовника і розробника. До технічних заходів належать облік зовнішніх впливів на проектні технічні засоби:

- а) робочі (важкий ударно-вібраційний режим, температурний режим, агресивне хімічне середовище, ядерна реакція);
- б) кліматичні (температура, вологість, домішки в повітрі);
- в) біологічні (грибок або цвіль, комахи, гризуни).

*Структурні (схемні) методи* поєднують заходи щодо підвищення надійності ТЗ шляхом вдосконалювання принципів їхньої будови.

Ці методи відрізняються великою розмаїтістю й інтенсивно розвиваються. До них належать, наприклад, варіанти будови технічних засобів, нечутливих до появи відмов, за рахунок введення надлишкових



апаратних і програмних засобів. При цьому можуть використовуватися і апаратні (наприклад, резервування) і програмні (наприклад, порівняння результатів надлишкових обчислень) засоби. У низці випадків також можуть застосовуватися й апаратно-програмні засоби виявлення відмов елементів і відновлення технічних засобів.

**До конструктивних методів** належать заходи щодо створення та вибору елементів, вузлів або блоків технічних засобів, створення сприятливих режимів роботи, вживання заходів щодо полегшення ремонтів та ін. При цьому зазвичай виявляються більш надійними ті елементи, вузли або блоки технічних засобів, що не мають деталей, тонких обмоток, ниток розжарення тощо.

Час усунення відмови можна істотно зменшити шляхом побудови технічних засобів за блоко-вузловим способом. При цьому всі технічні засоби розбиваються на окремі функціонально закінчені блоки, що в електронних системах сполучаються між собою кабелями, а в механічних – зв'язуються кінематично. Блоки у свою чергу розбиваються на функціонально закінчені вузли, виконувані у вигляді легкознімних конструкцій. При такій будові технічного засобу відновлення полягає в заміні несправних блоків або вузлів, що значно прискорює процес його введення у роботу. Здійснення блочно-вузлових конструкцій тісно пов'язано з уніфікацією елементів і систем, що виконується на основі відбору найбільш надійних варіантів. При цьому не тільки підвищується надійність технічних засобів, але і знижується їх вартість, і спрощується виготовлення. У низці випадків вдається створити дуже складні технічні засоби з елементів двох-трьох типів.

Планування **експлуатаційних заходів** на стадії проектування технічних засобів полягає в розробці системи експлуатаційного забезпечення. Проектування технічних засобів при цьому повинно здійснюватися відповідно до номенклатури робіт з технічного обслуговування. Наприклад, для планування періодичного регулювання визначних параметрів технічних засобів необхідно передбачити можливість контролю і прогнозування значень цих параметрів.

Як уже згадувалось, **структурні (схемні) і конструктивні методи підвищення надійності безумовно є основними для забезпечення відповідного рівня надійності розроблюваних технічних засобів.**

Розглядаючи ці методи необхідно підкреслити таке.

У першу чергу надійність технічних засобів досягається **за рахунок використання високонадійних елементів.** Впровадження напівпровідникових приладів замість електровакуумних дозволило підвищити надійність технічних засобів більш ніж на порядок за рахунок того, що фізичні процеси в напівпровідникових приладах забезпечують їх функціонування при менших живильних напругах, розсіювальних потужностях і, відповідно, температурах.

Подальший розвиток елементної бази полягав в створенні інтегральних мікросхем (ІМС). За останні 20-30 років ІМС розвивалися бурхливими темпами і послідовно були створені інтегральні схеми малого, середнього і великого (ВІС) ступеня інтеграції. В даний час створюються дуже великі ІМС, що містять тисячі, десятки тисяч навіть сотні тисяч елементів. Технологія ІМС безупинно вдосконалювалася, і це призвело до того, що, незважаючи на різке збільшення числа елементів на одному кристалі, надійність окремого кристала залишалася такою ж, причому інтенсивність відмов схеми, розміщеної на кристалі, складала приблизно  $10^{-6}$ - $10^{-8}$  год<sup>-1</sup>.

Подальший розвиток елементів автоматики і обчислювальної техніки буде спрямований шляхом підвищення ступеня інтеграції в ІМС, використання оптичних елементів, а також впровадження нових типів друкованих плат, у тому числі багат шарових плат, контактних з'єднань тощо.

При проектуванні технічних засобів необхідно особливу увагу приділяти підбору стандартизованих і уніфікованих елементів, використання яких значно підвищує надійність, тому що ці елементи відпрацьовані найкращим чином в схемному, конструктивному і технологічному відношенні.

Другим шляхом підвищення надійності є **забезпечення оптимальних режимів роботи елементів** і, насамперед, електричних режимів. Досвід експлуатації елементів показує, що оптимальне значення коефіцієнта навантаження, при яких інтенсивність раптових відмов найменша, перебуває в межах 0,2-0,4. Крім того, встановлено, що при цих же значеннях коефіцієнта навантаження параметри елементів повільніше відхиляються від номінальних значень. При цьому велике значення має вибір коефіцієнта навантаження за тепловим, механічним і радіаційним режимом. Зазначені режими значною мірою залежать від конструкції пристроїв, а також від прийнятих технічних рішень. Природно, що це повинно враховуватися в процесі проектування.

Одним з найбільш ефективних засобів підвищення надійності є **резервування**, тобто введення надлишку. Досвід використання різних методів резервування в технічних засобах показує, що постійне резервування може використовуватися до окремих елементів або схем. Для складних технічних засобів зазвичай застосовується резервування заміщенням, що також використовується і для окремих пристроїв. Часто, наприклад, у системах автоматичного управління використовуються **мажоритарне резервування і самокоригувальні коди**.

**Тимчасове резервування** широко використовується в засобах обчислювальної техніки. Його конкретна реалізація, наприклад, здійснюється способом подвійного-потрійного підрахунку. Наприклад, певна задача розв'язується двічі, і порівнюються отримані результати. Збіг

результатів означає, що відмова і збої відсутні і можна переходити до розв'язання наступних задач. У випадку розбіжності результатів, що означає відмову або збій у роботі пристрою, потрібно розв'язання повторити.

Тимчасове резервування використовується також при тестовому контролі, тобто періодичному розв'язанні спеціальних задач з відомими відповідями. Очевидно, що в цьому випадку на підставі порівняння отриманого результату з відомим можна судити про роботоздатність пристрою. Причому, чим більше часу виділяється на тестовий контроль і чим частіше він проводиться, тим з більшою вірогідністю можна судити про роботоздатність контрольованого пристрою.

Одним із спеціальних методів підвищення надійності є використання **самонастроюваних і самоорганізуючих систем**.

Особливо важливим є принцип самоорганізації. Для його реалізації створюються, наприклад, такі системи автоматичного керування, що здатні змінювати свою структуру в процесі функціонування.

Як уже згадувалось, ефективним методом підвищення надійності є **відновлення** несправних технічних засобів. Тут основним питанням є виявлення факту відмови і пошук елементів, що відмовили. Така задача може бути вирішена за допомогою діагностування технічних засобів, наприклад, при використанні автоматизованих систем контролю, де як основна центральна ланка застосовується ЕОМ, що забезпечує перевірку великого числа контрольних точок протягом невеликого проміжку часу.

Свої особливості при цьому має діагностування засобів обчислювальної техніки. Тут широке застосування знаходять методи **діагностування**, засновані на використанні різних логічних співвідношень, інформаційного та алгоритмічного резерву.

В даний час у засобах обчислювальної техніки все ширше використовується **сигнатурний аналіз**, що заснований на стиску інформації і поданні її масивів у вигляді їхніх спеціальних образів – **сигнатур**.

Аналіз сигнатур при обробці різних масивів інформації дозволяє зробити висновки про працездатність засобів.

Крім того, час відновлення значно скорочується за рахунок забезпечення доступності всіх вузлів технічних засобів для огляду, тобто визначається ремонтпридатність розроблювальних конструкцій.

Зокрема, наприклад, у засобах обчислювальної техніки прийнято **чотири конструктивних рівні**:

- ІМС і радіоелементи;
- типові елементи заміни (ТЕЗ), що являють собою друковані плати з розміщеними на них ІМС;
- рами, у яких розміщуються ТЕЗ;
- шафи, у яких кріпляться рами.

При такій конструкції засобів заміна елементів, що відмовили, здійснюється шляхом заміни ТЕЗ, а несправні ТЕЗ надходять у ремонт.

Велике значення для забезпечення надійності, як уже неодноразово згадувалося, має **якість виготовлення** технічних засобів, що визначається технологічною дисципліною, організацією контролю на всіх стадіях проектування, виробництва, проведення випробувань та якістю комплектуючих і матеріалів. Тут також має велике значення якість експлуатації, прийнята система технічного обслуговування, підготовленість обслуговуючого персоналу і ряд інших факторів.

Аналіз надійності технічних засобів показує, що приблизно 40-45% усіх відмов виникає в апаратурі через помилки на етапі проектування, 20% – від помилок, допущених при виробництві, 30% – від неправильної експлуатації, 5-10% – від природного зносу і старіння.

Таким чином, як видно з викладеного матеріалу, існує досить велика кількість напрямків підвищення надійності технічних засобів і їхніх складових частин.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Порівняти міжнародне законодавство Європейського Союзу та України у сфері охорони атмосферного повітря, водних ресурсів і земель.
2. У чому полягають мета та основні задачі ОВНС? Із яких показників складається характеристика планованої діяльності об'єктами проектування?
3. Структура і склад розділу ОВНС.
4. Особливості врахування вимог ДБН щодо розробки розділів оцінки впливу на клімат і атмосферне повітря.
5. Які питання і характеристики розглядають при оцінці впливу об'єкта проектування на водне середовище?
6. Особливості врахування вимог ДБН щодо оцінки впливів планованої діяльності на стан ґрунтів.
7. Показники нормування забруднювальних речовин в повітрі, нормування викидів в атмосферне повітря. Розміри санітарно-захисних зон.
8. Перелік обґрунтовуючих документів для отримання дозволів на викиди.
9. Заходи для скорочення викидів забруднювальних речовин в атмосферу в періоди несприятливих метеорологічних умов.
10. Поділ методів проведення випробувань новітнього обладнання.
11. Методи підвищення ефективності роботи технічних засобів.

## 2. СУЧАСНІ ПІДХОДИ, НОВІТНІ МЕТОДИ Й ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ

### 2.1 Теоретичні та технологічні аспекти впливу виробничої діяльності на стан забруднення атмосфери

#### 2.1.1 Особливості утворення забруднювальних речовин в галузевих технологічних процесах і пристроях

У результаті антропогенної діяльності відбувається забруднення атмосфери, що призводить до зміни хімічного складу атмосферного повітря. Під забрудненням атмосфери розуміють рідкі й тверді часточки та газуваті речовини, що надходять в атмосферу внаслідок побутової та промислової діяльності людей, а також фізіологічного життя людей і тварин у понаднормовій кількості. І взагалі, **забрудненістю атмосфери** називають несприятливі зміни стану атмосферного повітря, цілком або частково зумовлені діяльністю людини, які безпосередньо чи опосередковано впливають на розподіл енергії, що надходить, рівні радіації, фізико-хімічні властивості атмосфери та умови існування живих організмів.

Забруднення атмосфери відбувається також і природним шляхом: вулканічні гази, природний пил, мікроорганізми, пилок рослин тощо. Різні джерела забруднення природного та антропогенного походження наведені в табл. 2.1. Щороку в атмосферу внаслідок спалювання палива та з інших джерел потрапляє до 25 млрд т оксиду карбону (IV), понад 200 млн т оксиду карбону (II), близько 200 млн т оксиду сульфуру (IV), понад 50 млрд т різних вуглеводнів. До 2050 р. вміст вуглекислого газу в атмосфері може подвоїтись порівняно з 1978 р. У 1988 р. в колишньому СРСР викиди в атмосферу від стаціонарних джерел становили 64 млн т, а викиди транспорту досягали 37 млн т. У багатьох містах України концентрації забруднювальних речовин у кілька разів перевищували ГДК (табл. 2.2).

Основними джерелами забруднення є енергетика (теплові та електричні станції), промислові підприємства, транспорт (у першу чергу автомобільний), комунальне й сільське господарство та військово-промисловий комплекс. При цьому частка різних джерел дуже різниться. Так, у США на транспорт припадає 42 %, спалювання палива в стаціонарних установках – 21%, промисловість – 14%, спалювання деревного палива – 8%, спалювання сміття – 8%, на інші джерела – 10 %. Внаслідок спалювання палива утворюється 15% вуглеводнів, 60% – оксидів нітрогену, 80% – сірчастого ангідриду і 26% – пилу; від автотранспорту – 50% вуглеводнів, 15% – оксидів нітрогену, 21% – пилу і 1% – вуглекислого газу. У містах багато пилу утворюється внаслідок

стирання автопокришок об поверхню покриття, а також органічних речовин і бактерій з побутових відходів та сміття.

Таблиця 2.1 – Види забруднень і джерела забруднення атмосфери (Франсуа Рамад, 1981)

Забруднювальна речовина		Джерела забруднення
Гази	Вуглекислий газ	Вулканічна діяльність, дихання живих організмів, спалювання викопного
	Оксид карбону (II)	Вулканічна діяльність, двигуни внутрішнього згоряння
	Вуглеводні	Рослини, бактерії, двигуни
	Органічні сполуки	Хімічна промисловість, спалювання відходів, різне паливо
	Сірчистий газ та інші похідні сірки	Вулканічна діяльність, морські бризи, бактерії, спалювання викопного палива
	Похідні азоту	Бактерії, горіння
	Радіоактивні речовини	Атомні електростанції, ядерні вибухи
Тверді часточки	Важкі метали і мінеральні сполуки	Вулканічна діяльність, метеорити, вітрова ерозія, водяний пил, промисловість, двигуни внутрішнього згоряння
	Органічні речовини, природні й синтетичні	Лісові пожежі, хімічна промисловість, різне паливо, спалювання відходів, сільське господарство (пестициди)
	Радіоактивні речовини	Ядерні вибухи, аварії на атомних електростанціях

Вихлопні гази автомобільного транспорту містять у середньому 4-5% оксиду карбону (II), а також ненасичені вуглеводні й альдегіди з неприємним запахом, сірковмісні сполуки та сполуки плюмбуму в разі застосування етильованого бензину. До їх складу входять також канцерогенні сполуки. Легковий автомобіль під час руху викидає до 3 м<sup>3</sup> за годину оксиду карбону (II) CO, а вантажний – 6 м<sup>3</sup> і більше. Щороку понад 200 млн автомобілів викидають в атмосферу близько 200 млн т оксиду карбону (II), 40 млн т вуглеводнів, 20 млн т оксидів нітрогену та значну кількість свинцю.

Значною мірою забруднюють атмосферу літаки. Так, викиди чотиримоторного реактивного літака на злеті з повним навантаженням еквівалентні вихлопу 6850 автомобілів марки «фольксваген». У цих вихлопах міститься багато бензпірену. В портових містах джерелом забруднення є суднові дизельні двигуни, які споживають до 2 т палива за

годину.

Таблиця 2.2 – Викиди шкідливих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел (за даними Держкомстату СРСР)

Місто	У тому числі					
	Усього	Викиди, тис. т				
		Твердих	Газоподібних і рідких	З них		
сірчистий ангідрид	оксиди нітрогену			оксид карбону (II)		
Донецьк	178	22	156	31	7	110
Запоріжжя	267	70	197	25	14	147
Київ	70	12	58	19	22	5
Маріуполь	777	113	664	54	30	573
Одеса	88	19	69	15	5	27
Москва (Росія)	312	30	282	70	99	28

Одним із головних забрудників повітря є спалювання палива в теплоенергетиці. Під час спалювання 1 т вугілля в трубу викидається до 23 кг попелу, 15 кг оксиду сульфуру (IV) і значна кількість сажі. Теплові електростанції світу щороку викидають 120 млн т попелу і приблизно 60 млн т оксиду сульфуру SO<sub>2</sub>.

Кожне з наведених джерел пов'язане з викидами специфічних домішок, склад яких не завжди піддається ідентифікації. Найпоширенішими забрудниками, що надходять з промисловими викидами, є попіл, сажа, оксид цинку, силікати, хлорид плюмбуму, сірчистий і сірчаний ангідриди, гідрогенсульфід, меркаптани, альдегіди, вуглеводні, смоли, оксиди нітрогену, аміак, озон, оксиди карбону, фторид і хлорид гідрогену, силікофторид натрію, радіоактивні гази та аерозолі.

Теплові електростанції викидають в атмосферу гази, що містять азот, кисень, оксиди сульфуру і нітрогену, оксиди карбону й металів, попіл та радіонукліди. Підприємства чорної металургії викидають гази, що містять пил і оксиди карбону, сульфуру, нітрогену та металів. На 1 т виплавленого чавуну припадає 4,5 кг пилу; 2,7 кг SO<sub>2</sub>; 0,1-0,5 кг мангану, а також сполуки арсену, фосфору, стибію, плюмбуму, меркурію, рідкісних металів та смолистих речовин.

Агломераційні фабрики викидають гази з великим вмістом пилу та оксиду сульфуру (IV) (до 190 кг SO<sub>2</sub> на 1 т руди). Мартенівські і конверторні цехи викидають гази з великою кількістю пилу. На 1 т мартенівської сталі викидається 3000-4000 м<sup>3</sup> газів з пиловмістом 0,5 г/м<sup>3</sup>, 60 кг CO і 3 кг SO<sub>2</sub>. Коксохімічні виробництва забруднюють атмосферу

пилем і леткими сполуками.

Підприємства кольорові металургії викидають запилені гази, що містять флуориди, оксид сульфуру (IV) та оксиди кольорових і важких металів. З 1 т пилу, що викидається в атмосферу під час виплавляння мідних руд, можна вилучити до 100 кг міді й трохи менше свинцю та цинку. Хімічні виробництва забруднюють атмосферу пилем, що містить органічні та неорганічні сполуки, а також різними газами. Найхарактерніші газові викиди деяких хімічних виробництв наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Викиди в атмосферу деяких хімічних виробництв  
(за даними І.Є. Кузнецова і Т.М. Троїцького)

Виробництво	Компоненти викидів
Нітратної кислоти	NO, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>
Сульфатної кислоти	NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Гідрогенхлориду	HCl, Cl <sub>2</sub>
Оксалатної кислоти	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (пил)
Сульфамінової кислоти	NH <sub>3</sub> , NH(SO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Фосфору і фосфатної кислоти	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , HF, Ca <sub>5</sub> F(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (пил)
Оцтової кислоти	CH <sub>3</sub> CHO, CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H
Складних добрив	NO, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , HF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , HNO <sub>3</sub>
Карбаміду	NH <sub>3</sub> , CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (пил), CO
Аміачної селітри	CO, NH <sub>3</sub> , HNO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (пил)
Суперфосфату	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HF, пил суперфосфату
Аміачної води	NH <sub>3</sub>
Рідкого хлору	HCl, Cl <sub>2</sub> , Hg
Хлорного вапна	Cl <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> (пил)
Поліхлорвінілової смоли	Hg, HgCl <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>
Тетрахлоретилену	HCl, Cl <sub>2</sub>
Ацетону	CH <sub>3</sub> CHO, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
Аміаку	NH <sub>3</sub> , CO
Метанолу	CH <sub>3</sub> OH, CO
Капролактаму	NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CO
Оксиду титану (IV)	TiO <sub>2</sub> , FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeSO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (пил)
Ацетилену	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (сажа)
Карбофосу	SO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , H <sub>2</sub> S, пил карбофосу
Мінеральних пігментів	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeSO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Целюлози	H <sub>2</sub> S, Cl, SO <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> SH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S

Заводи промисловості будівельних матеріалів викидають пил, фториди, оксиди сульфуру (IV) та нітрогену (IV). У викидах



нафтодобувної та нафтопереробної промисловості містяться різні вуглеводні, гідрогенсульфід і гази з неприємним запахом (стирол, дивініл, толуол, ацетон, ізопрен та ін.).

Забруднення навколишнього середовища класифікуються наступним чином (табл. 2.4).

Всі перераховані види забруднень взаємопов'язані, і кожен з них може виявитися поштовхом для виникнення інших видів забруднення. Зокрема, хімічне забруднення атмосфери може сприяти підвищенню вірусної активності, а отже, біологічного забруднення.

Під впливом атмосферних опадів, сонячної радіації, перенесення повітряних мас, взаємодії з гідросферою й літосферою та діяльності мікроорганізмів атмосферне повітря позбавляється від сторонніх домішок. Цей процес називають *самоочищенням атмосфери*. Проте в результаті антропогенної діяльності утворюється така велика кількість забруднень, що атмосфера вже не здатна самоочищатися і відбувається значне накопичення забруднювальних речовин у повітрі.

За останні десятиріччя масштаби техногенних викидів в атмосферу істотно зросли і за розмірами наближаються до їх природних надходжень або за деякими інгредієнтами перевищують їх. В атмосферу викидається все більше ксенобіотиків, від яких вона не встигає очищатися.

За агрегатним станом забруднювальні речовини поділяють на газуваті, рідкі, тверді та змішані. Промислові викиди в атмосферу також поділяють:

- за організацією відведення й контролю – на організовані і неорганізовані;
- за температурою викидних газів – нагріті, температура яких вища від температури атмосферного повітря, та холодні;
- за локалізацією – в основному, допоміжному та підсобному виробництвах;
- за ознаками очищення – викиди без очищення (організовані і неорганізовані) та після очищення (організовані). Під очищенням газу розуміють відокремлення від газового потоку або переведення в нешкідливий стан забруднювальних речовин.

**Організований промисловий викид** – це викид, який надходить в атмосферу через спеціально споруджені газоходи. **Неорганізованим** називають промисловий викид, що надходить в атмосферу у вигляді неспрямованих потоків газу внаслідок порушення герметичності обладнання, відсутності або незадовільної роботи обладнання для відсмоктування газу в місцях завантаження, вивантаження та зберігання продукту, а також через повітряні ліхтарі цехових приміщень.

Промислові викиди в атмосферу поділяють на первинні й вторинні. **Первинні** – це викиди, що надходять в атмосферу безпосередньо від джерела, **вторинні** є продуктами первинних, але можуть бути

Таблиця 2.4 – Класифікація видів забруднень навколишнього середовища

Забруднення	Визначення
1. Механічне	Засмічення середовища агентами, що надають лише механічний вплив без хіміко-фізичних наслідків (наприклад, сміттям)
2. Хімічне	Зміна хімічних властивостей середовища, що спричиняє негативний вплив на екосистеми і технологічні пристрої
3. Фізичне	Зміна фізичних параметрів середовища: температурно-енергетичних (теплове або термальне), хвильових (світлове, шумове, електромагнітне), радіаційних (радіаційне, радіоактивне) і т.п.
3.1. Теплове (термальне)	Підвищення температури середовища, головним чином у зв'язку з промисловими викидами нагрітого повітря, газів, що відходять і води; може виникати і як вторинний результат зміни хімічного складу середовища
3.2. Світлове	Порушення природної освітленості місцевості в результаті дії штучних джерел світла; може призводити до аномалій в житті рослин і тварин
3.3. Шумове	Збільшення інтенсивності шуму понад природного рівня; у людини призводить до підвищення стомлюваності, зниження розумової активності і при досягненні 90-100 дБ до поступової втрати слуху
3.4. Електромагнітне	Зміна електромагнітних властивостей середовища (від ліній електропередач, радіо і телебачення, роботи деяких промислових установок тощо), призводить до глобальних та місцевих географічних аномалій і змін у тонких біологічних структурах
4. Радіаційне	Перевищення природного рівня вмісту в середовищі радіоактивних речовин
5. Біологічне	Проникнення в екосистеми і технологічні установки видів тварин і рослин, чужих даним спільнотам і пристроям
5.1. Біотичне	Поширення певних, як правило, небажаних з точки зору людей, біогенних речовин (виділень, мертвих тіл та ін) на території, де вони раніше не спостерігалися
5.2. Мікробіологічне	а) Поява надзвичайно великої кількості мікроорганізмів, пов'язане з їх масовим розмноженням на антропогенних субстратах або в середовищах, змінених в ході господарської діяльності людини;
	б) Придбання раніше нешкідливою формою мікроорганізмів патогенних властивостей або здатності придушувати інші організми в спільнотах

токсичнішими й небезпечнішими, ніж первинні (наприклад, перетворення деяких речовин у результаті фотохімічного окиснення).

Усі джерела забруднення атмосферного повітря промисловими викидами можна класифікувати за такими ознаками:

1) за призначенням: **технологічні**, що складаються з хвостових газів після вловлювання на установках, продування апаратів та повітряних витяжок; **вентиляційні викиди** – місцеві відсмоктування від обладнання та загальнообмінна витяжка;

2) за місцем розташування: **незатінені**, або **високі**, що знаходяться в зоні недеформованого вітрового потоку (високі труби і точкові джерела, що видаляють забруднення на висоту, більшу від висоти будівлі в 2,5 рази); **затінені**, або **низькі**, розташовані на висоті, меншій у 2,5 рази від висоти будівлі; **наземні**, розміщені близько до земної поверхні (відкрито розташоване обладнання, каналізаційні колодязі, пролиті токсичні речовини і скиди відходів виробництва);

3) за геометричною формою: **точкові** (труби, шахти, дахові вентилятори), **лінійні** (аераційні ліхтарі, відкриті вікна, близько розташовані витяжні шахти й факели);

4) за режимом роботи: **безперервні** і **періодичної дії**, **залпові** та **миттєві**. Залпові викиди можливі під час аварій, спалювання швидкогорючих відходів виробництва на спеціальних площадках знищення. Миттєві викиди забруднення викидаються впродовж часток секунди інколи на значну висоту. Вони трапляються під час підривних робіт і аварій;

5) за місцем розташування: **внутрішньоплощеві**, коли викинуті в атмосферне повітря забруднення залишаються у високій концентрації на території промислової зони, тоді як у житлових районах забруднень не спостерігається; **позаплощеві**, коли вони можуть спричинювати значні забруднення повітря на території житлового району.

### 2.1.2 Концепція «джерела забруднення» атмосфери

«Джерело забруднення» атмосфери – це поняття, яке можна широко інтерпретувати, особливо внаслідок діяльності людини, а саме:

1) **конкретна точка**, в якій здійснюється викид шкідливих речовин у повітря (наприклад, димова труба або повітряний вихлоп), у тому значенні, що термін «джерело» застосовується для визначення кількості та типів забруднювальних речовин, для оцінки регіональних технічних проблем, таких як поширення забруднення і висота труби;

2) **технологічний підхід**, тобто врахування технологічного процесу, обладнання (бойлери, печі, коксові батареї, преси, лако-паливні машини, пульверизаційні кабіни, автоматизовані лінії тощо), для яких ця концепція застосовується при встановленні меж викидів, а також оцінці

рівня технічних засобів тощо;

3) **регіональний підхід** – ряд джерел у конкретному регіоні, що належать до категорій 1) і 2): контрольовані однією організацією, наприклад, хімічною, металургійною або цементною корпорацією, – ця концепція застосовується для диференціації джерел за величиною, для комплексної оцінки їх впливу на навколишнє середовище тощо.

Оскільки класифікація джерел на технологічні та регіональні блоки є надзвичайно складною, то найбільш вигідно застосовувати концепцію джерела як технологічного блоку.

На металургійних підприємствах, які є важливим джерелом забруднення атмосфери, проводяться численні операції на стадіях агломерації, в доменних печах, в електродугових печах, кисневих конвертерах, в ливарних, коксових та інших виробничих об'єктах, які вносять свій вклад у забруднення повітря. Цементні виробництва потребують близько 20 технологічних процесів (розмелювання, висушування, подрібнення, нагрівання в печах, охолодження в баштах, транспортування на стрічкових конвеєрах, транспортування готового продукту тощо), що супроводжуються забрудненням повітря, причому кожен з них має особливості і створює власні технічні проблеми. Найбільш складними технологічними блоками є хімічні підприємства. На одному заводі ряд виробничих процесів може спричинити викиди різних забруднювальних речовин, включно з газоподібними (наприклад, при виробництві азотної, сірчаної кислот, віскози та добрив, а також теплової). У табл. 2.5 дана загальна класифікація найпоширеніших промислових виробництв, які є значними забруднювачами атмосферного повітря.

Якщо як основний ідентифікаційний фактор розглядати ефект забруднення повітря, то не завжди можна класифікувати всі джерела на технологічні блоки або регіональні одиниці. Більш важливі й складні джерела доцільно класифікувати за типами виробництва на окремі технологічні процеси, причому менші за розміром і значенням виділяються відповідно до концепції регіональної одиниці.

Промислове виробництво та другі види господарської діяльності людей супроводжуються виділенням в повітря приміщень та в атмосферне повітря різних речовин, що забруднюють повітряне середовище. Шкідливі речовини надходять в повітря приміщень також в результаті життєдіяльності людей та тварин.

У повітря надходять аерозольні частинки (пил, дим, туман), гази, пара, а також мікроорганізми і радіоактивні речовини. Якість повітря погіршується також через присутність у повітрі носіїв неприємних запахів.

Забруднення повітря в результаті надходження в нього різного роду шкідливих речовин має ряд несприятливих наслідків.

**Санітарно-гігієнічні наслідки.** Оскільки повітря є середовищем, в якому людина знаходиться протягом всього життя і від якого залежить

Таблиця 2.5 – Перелік виробництв, що забруднюють атмосферне повітря

№ п/п	Виробництво	Забруднювальні речовини
1	2	3
<i>1. Паливна та енергетична промисловості</i>		
1.1	Добування твердого палива – шахтне	зола, пропан, пил, оксид сірки
1.2	Добування твердого палива – відкрите	зола, пил, оксид азоту
1.3	Буріння нафтових і газових свердловин	діоксид азоту, нафтопродукти
1.4	Сортування і переробка вугілля, виготовлення брикетів	оксид сірки, пил
1.5	Виробництво коксу	пропан, оксид і діоксид вуглецю
1.6	Виробництво газу	оксид сірки
1.7	Виробництво газогенераторного газу	колошниковий газ, природний газ, оксид вуглецю
1.8	Виробництво моторного палива, мастил та інших нафтопродуктів	пари мастил, органічні сполуки, пари нафтопродуктів
<i>2. Чорна металургія</i>		
2.1	Добування залізних руд	діоксид сірки, пил, оксид кремнію, оксид азоту
2.2	Переробка залізних руд	пил, окис кремнію, окис азоту, діоксид сірки
2.3	Виплавляння чавуну в доменних печах	діоксид сірки, пари фтору, окис вуглецю, діоксид вуглецю, колошниковий газ, пил
2.4	Переробка сталі (конвертори, мартенівські печі та ін.)	пил, діоксид сірки, діоксид азоту
2.5	Металургійне виробництво – механічна обробка (ковання, фрезерування)	пил, діоксид сірки, діоксид вуглецю
<i>3. Кольорова металургія</i>		
3.1	Добування руд кольорових металів	пил, сполуки фтору, гідрофторид, фторид алюмінію
3.2	Переробка руд кольорових металів	пил, сполуки фтору, гідрофторид, фторид алюмінію
3.3	Виробництво металів з низькою температурою плавлення	оксид свинцю, діоксид сірки, оксид вуглецю

Продовження табл. 2.5

1	2	3
3.4	Виробництво металів із середньою температурою плавлення та їх сплавів (марганець, кобальт, мідь, нікель)	діоксид сірки, оксид миш'яку, оксиди металів, оксид вуглецю
3.5	Виробництво металів із високою температурою плавлення та їх сплавів (хром, молібден, ванадій, вольфрам)	діоксид сірки, оксид миш'яку, оксиди металів, оксид вуглецю
3.6	Виробництво благородних металів та їх сплавів (срібло, золото, платина)	оксиди металів, діоксид сірки, діоксид вуглецю
3.7	Обробка кольорових металів та їх сплавів	оксиди металів, діоксид сірки, діоксид вуглецю
<i>4. Машинобудівна та металообробна промисловості</i>		
4.1	Машинобудівне виробництво	вагранний пил, оксид вуглецю, діоксид вуглецю, діоксид азоту
4.2	Травлення, гальванічне покриття (фосфатування, емалювання)	сірчана і соляна кислоти, аерозоль, оксид азоту, фтористий водень
4.3	Лакування, фарбування	пари толуолу, ксилолу, бензолу, ацетону, аерозоль, пил
<i>5. Хімічна, гумова та азбестова промисловості</i>		
5.1	Електролітичне виробництво хлору із хлоридів, виробництво гідрохлориду	хлор, гідрохлорид, пари соляної кислоти
5.2	Виробництво сірки	оксид сірки, сірководень, оксид вуглецю
5.3	Виробництво сірчаної кислоти, сульфатів і сульфідів	діоксид сірки, триоксид сірки оксид вуглецю
5.4	Виробництво аміаку та сечовини	аміак, пари азотної кислоти, оксид азоту
5.5	Виробництво азотної кислоти	оксид азоту, аміак, пари соляної кислоти
5.6	Виробництво фосфорної кислоти	діоксид азоту, пари фосфорної кислоти, гідрофторид
5.7	Виробництво азотних і калійних добрив	пари азотної кислоти, аміак, хлорид
5.8	Виробництво емалей, фарб	пари розчинників

Продовження табл. 2.5

1	2	3
5.9	Виробництво синтетичних спиртів	пари спиртів, оксид вуглецю, діоксид вуглецю
5.10	Виробництво кетонів, фенолформальдегідних смол	формальдегід, фенол, аміак, діоксид азоту, оксид азоту
5.11	Виробництво органічних барвників	пари розчинників, толуолу, ксилолу, бензолу
5.12	Виробництво вибухових речовин	діоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю
5.13	Виробництво полімерів та епоксидних смол	пил, альдегіди, оксид вуглецю, оксид азоту
5.14	Виробництво фармацевтичних матеріалів	пил, оксид вуглецю, пари кислот
5.15	Виробництво хлору та гідроксиду натрію	хлор, водень, пари соляної кислоти
5.16	Виробництво гуми, бутадієну, латексів	оксид сірки, оксид вуглецю, аміак, ацетон, бензин, сірководень
5.17	Виробництво текстилю та шкіри (електролізні ванни, дробарки, змішувачі)	пил, діоксид сірки, оксид вуглецю, оксиди азоту, етилацетат, бутилацетат, аміак, ацетон, бензол, сірководень
5.18	Виробництво азбесту і продукції з нього	пил, оксид вуглецю, діоксид вуглецю, оксид азоту
5.19	Виробництво суперфосфату	сполуки фтору і фосфору, аміак
5.20	Виробництво фосфорної кислоти	гідрофторид, оксиди азоту, аміак
<i>6. Виробництво будівельних матеріалів</i>		
6.1	Випалювання цегли в печах	сполуки фтору, оксид вуглецю, діоксид вуглецю
6.2	Виробництво цементу, вапна та кераміки	оксид азоту, оксид вуглецю, діоксид вуглецю, пил
<i>7. Скляна промисловість</i>		
7.1	Виробництво скла, його полірування	гідрофторид, пил, оксид вуглецю
7.2	Випалювання скла в печах	оксид азоту, діоксид азоту, оксид вуглецю, діоксид вуглеця
<i>8. Текстильна та шкіряно-взуттєва промисловості</i>		
8.1	Прядильне та ткацьке виробництво	пил, діоксид сірки, оксид сірки, оксид вуглецю
8.2	Виробництво повсті, об-ка льону	пил, оксид сірки, оксид вуглецю, аміак

Продовження табл. 2.5

1	2	3
8.3	Обробка і фарбування текстилю	пил, пари розчинників: етилацетату, бензолу, ацетону
<i>9. Харчова промисловість</i>		
9.1	Виробництво харчових жирів і масел	пари масел жирів, оксид вуглецю
9.2	М'ясна промисловість	оксид азоту, оксид вуглецю, оксид сірки, сірководень, пил
9.3	Виробництво цукру	пил, сполуки вуглеводнів
9.4	Виробництво спирту та алкогольних напоїв	пари етилового спирту, пари вуглеводнів
9.5	Виробництво молочних продуктів	сірководень, оксид вуглецю, оксид азоту
<i>10. Деревообробна, целюлозна та паперова промисловості</i>		
10.1	Лісопильне виробництво та виробництво столярно-будівельних виробів	деревний, абразивний пил, оксид вуглецю, діоксид вуглецю, діоксид сірки, скипидар
10.2	Меблеве виробництво	формальдегід, фенол, пари розчинників, розріджувачів, аміак, оксид азоту, уайт-спірит, абразивний пил
10.3	Виробництво клеєної фанери, лущеного і струганого шпону	формальдегід, фенол, аміак, оксид вуглецю, сірководень, деревний пил
10.4	Виробництво деревностружкових плит	формальдегід, фенол, аміак, оксид вуглецю, анілін, ціанистий калій, деревний пил
10.5	Виробництво деревноволокнистих плит і деревних шаруватих пластиків	формальдегід, фенол, пари бакелітових смол, оксид вуглецю, пари розчинників, деревний та абразивний пил
10.6	Виробництво сірників	фосфор, оксид вуглецю, оксид азоту, деревний пил
10.7	Просочування деревини	пари антипиренів, смол, оксид вуглецю, оксид азоту
10.8	Виробництво целюлози, паперу, картону	сірководень, скипидар, хлор, деревний пил, оксид азоту, оксид вуглецю, пари кислот



його здоров'я, самопочуття і працездатність, наявність у повітряному середовищі навіть невеликих концентрацій шкідливих речовин може несприятливо відобразитися на людині, привести до необоротних наслідків і навіть до смерті.

**Екологічні наслідки.** Повітря є найважливішим елементом навколишнього середовища, що знаходяться в безперервному контакті з усіма іншими елементами живої та мертвої природи. Погіршення якості повітря внаслідок наявності в ньому різних забруднювачів призводить до загибелі лісів, посівів сільськогосподарських культур, трав'яного покриву, тварин, до забруднення водойм, а також до пошкодження пам'яток культури, будівельних конструкцій, різного роду споруд и т. д.

**Економічні наслідки.** Забруднення повітря викликає значні економічні втрати. Запиленість та загазованість повітря у виробничих приміщеннях призводить до зниження продуктивності праці, втрати робочого часу через збільшення захворюваності. У багатьох виробництвах наявність пилу в повітряному середовищі погіршує якість продукції, прискорює зношування обладнання. У процесі виробництва, видобутку, транспортування багатьох видів матеріалів, сировини, готової продукції частина цих речовин переходить у пилоподібний стан та втрачається (вугілля, руда, цемент та ін), одночасно забруднюючи навколишнє середовище. Втрати на ряді виробництв становляться до 3-5%. Заходи щодо зменшення наслідків забруднення обходяться дорого.

Причинами значних викидів в атмосферу є: відсутність або неефективно локалізація джерел виділення газів и пилу; недостатня герметичність, конструктивні недоліки виробничого обладнання, його технічна несправність; неправильне ведення технологічних процесів та ін.

### *2.1.3 Основи формування твердих, рідких, паро- і газоподібних забруднень атмосфери*

Численні дослідження вчених-екологів засвідчують, що зі всієї кількості забруднювальних речовин, які викидаються в атмосферне повітря, близько 90% становлять газоподібні речовини і близько 10% – тверді та рідкі частинки.

За оцінками вчених, в атмосферу всього потрапляє близько  $3 \cdot 10^9$  т газоподібних, рідких і твердих забруднювальних речовин. Зараз на частку людської діяльності припадає близько 10% від цієї кількості.

В індустріально розвинених країнах, таких як США, Англія, Німеччина, Японія та ін. кількість викидів в атмосферу забруднювальних речовин у цей час становить від 350 до 1000 кг за рік на одну особу.

Демо характеристику викидам забруднювальних речовин, які належать лише до антропогенних джерел, зокрема, в промислових підприємствах.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу можна поділити на чотири групи: тверді, рідкі, теплові та парогазоподібні.

Причини утворення твердих речовин (виробничий пил) залежать від типу виробничого процесу та його характеру:

а) механічна обробка різних речовин (буріння, розрівнювання, заповнення, подрібнення, розмелювання, полірування тощо);

б) транспортування сипких матеріалів (навантажувально-розвантажувальні процеси, просіювання, змішування тощо). У табл. 2.6 наведені середні концентрації пилу в повітрі робочих зон виробничих приміщень промислових підприємств при відсутності витяжної вентиляції.

Таблиця 2.6 – Середні концентрації пилу в повітрі робочих зон виробничих приміщень

Найменування виробничих приміщень, технологічних процесів	Концентрація пилу, мг/м <sup>3</sup>
Ливарний цех	понад 15
Чавуноливарний цех	20-60
Лісопильний цех	15-20
Цех механічної обробки деревини	25-60
Цех деревостружкових плит	50-150
Фарфорова фабрика	120
Металополірувальний цех	25-450
Цементний завод	100-400
Борошномельний цех	45-50
Електросталеплавильний цех	200-300
Механоремонтний цех	20-25
Стрічкові конвеєри для подрібненої руди	100-200
Грануляційні печі	до 70
Дробарки та млини	понад 10
Кальцинація оксиду цинку	9-20
Барабанні сушарки для вапняку	20-100

Одним із значних джерел викидів твердих речовин в атмосферу є металургійна промисловість, зокрема виробництва сирого чавуну (агломерація і доменні печі), сталі (кисневі конвертори та тандем-печі або двополюсні печі), феросплавів, ливарні дільниці та вагранки, коксові установки або генератори.

Основним небезпечним виділенням з доменних печей є колошниковий газ і доменний шлак, в яких є значна кількість пилу.

Гранулометричний склад і концентрація та хімічний склад пилу в доменних газах суттєво відрізняється й залежить від фізичних і хімічних властивостей застосованої сировини. Кількість пилу, що утворюється в доменних печах, становить від 20 до 300 кг/т сирого чавуну або від 2 до 30% його виробництва. Концентрація пилу змінюється від 10 до 20 мг/м<sup>3</sup>. Хімічний склад пилу в процесі агломерації: 50% заліза, по 10% оксидів кремнію, кальцію та алюмінію, приблизно по 2% вуглецю, сірки та оксиду магнію. Найбільшим джерелом виділення пилу на металургійних підприємствах є електродугові печі. З джерел літератури відомо, що на 1 т виробленої сталі виділяється 5-9 кг пилу.

Виділення твердих і рідких забруднень переважно базується з аналогічними принципами, їх, як правило, об'єднують у групу забруднень у вигляді «частинок».

Рідкі забруднення (туман, краплі) утворюються: а) при конденсації випарів; б) при розпилюванні або розтіканні рідин; в) у результаті хімічних або фотохімічних реакцій.

Пари можуть конденсуватися внаслідок охолодження в суміші з повітрям або іншим неконденсованим газом. Залежно від точки плавлення конденсованих речовин утворюються рідкі або інколи тверді частинки. Рідина знаходиться в рівновазі з парою при певній температурі й тиску. Якщо парціальний тиск пари в газі перевищує зрівноважуючий парціальний тиск насиченої пари при однаковій температурі, то вважають, що пара перенасичена. При досягненні критичного ступеня перенасичення починається конденсація. Пари речовин в газах конденсуються в основному на дрібнодисперсних пилових частинках унаслідок дії іонів, що знаходяться в атмосфері.

Теплові викиди трапляються під час спалювання, обпалювання, сушіння, плавлення, конденсування, карбонізації, газифікації, дистиляції тощо.

Утворення паро- і газоподібних забруднень характерне для різних промислових підприємств, технологічні процеси яких відрізняються за характером, токсичністю, ступенем виділення шкідливих речовин в атмосферу. Переважна більшість технологічних процесів відзначається хімічними реакціями (окислення, відновлення, заміщення, розкладання), а також електрохімічними (електроліз) та фізичними (випарування, дистиляція, азеотропна дистиляція) процесами.

Найбільшу частину паро- і газоподібних викидів становлять продукти окислення, що утворюються переважно в процесах горіння, коли під час окислення вуглецю виділяється діоксид та оксид вуглецю, при окисленні сірки – діоксид сірки, а при високотемпературному окисленні азоту в печах – оксид і діоксид азоту. Однак, при неповному згорянні не відбувається повне окислення органічних речовин і можуть утворюватися альдегіди, кетони або органічні кислоти. Продукти горіння із печей при

взаємодії з атмосферою можуть утворювати гідросульфід.

Промислові відновлювальні процеси також бувають джерелами забруднювальних речовин – в основному гідросульфиду при виробництві коксу. Найбільшими джерелами забруднення в хімічній промисловості є процеси карбонізації вугілля і виробництва газового вугілля, сульфат целюлози та ін. Прикладами відновлювальних процесів є виробництво соляної кислоти з хлору і водню, а також виділення гідросульфіту під час розкладання ксатагенату целюлози при виробництві віскозних волокон.

Електрохімічні процеси є джерелом суттєвих забруднень як у металургії, так і в хімічній промисловості.

Значними джерелами забруднення атмосфери в хімічній промисловості є також фізичні процеси, зокрема випарування та дистиляція (наприклад, викид вуглеводнів, хлорпохідних вуглеводнів та інших розчинників, що випаровуються в процесі виробництва, та використання цих продуктів). Дистиляція різних хімічних речовин, включно з смолами, а також деякі нафтоочисні та нафтохімічні процеси – ще одне джерело значних викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Джерелом великої кількості забруднення може бути процес випаровування, якщо навіть випаровувати невелику кількість речовин із дуже неприємним запахом у повітрі.

#### *2.1.4 Властивості забруднювачів газових викидів у галузі*

Кожне промислове підприємство справляє певну дію на навколишнє середовище. В основному в атмосферу поступають газоподібні речовини, які можна розглядати як продукт обміну між виробництвом і повітряним басейном. В більшій чи меншій мірі такий обмін характерний для будь-якого промислового підприємства. Найбільш важливими компонентами з кількісної точки зору є газоподібні продукти згорання CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> і пиловидна летюча зола, яка складається в основному з неорганічних речовин, та незгорілого вуглецю.

Нарівні з газоподібним забрудненням велику проблему при очищенні газів і охороні повітряного басейну створюють дрібні частинки твердих речовин та краплини туману. Дими, які утворюються при виробництві та рафінуванні низькоплавких металів, таких як свинець, миш'як, берилій, кадмій і цинк, надзвичайно отруйні, тому їх очищення необхідно проводити особливо старанно. Вміст кислотних туманів, наприклад, що утворюються при виробництві сірчаної чи фосфорної кислоти, дуже часто обмежується законодавством. Звичайно в таких цехах встановлюється ефективне газоочисне обладнання.

Тверді частинки і рідкі краплини мають різні назви: зола (гріт), пил, дим, туман, кіптява, аерозоль чи смог. В табл. 2.7 наведена класифікація атмосферних забруднень та їх розподілення за різними категоріями

залежно від приблизних розмірів, основних методів визначення розмірів та візуального ефекту наявних частинок.

Таблиця 2.7 – Класифікація атмосферних забруднень за розмірами частинок

Назва атмосферних забруднень	Розміри
Зола	Великі частинки, розміром більше 75 мкм
Пил	Частинки розміром менше 75 мкм і більше 1 мкм
Туман	Рідкі частинки, звичайно менші 10 мкм
Дим	Тверді частинки, звичайно менші 1 мкм
Імла (фог)	Тумани деколи називають фогом (імлою), якщо вони досить густі та сильно погіршують видимість
Кіптява	Летюча зола, продукти неповного згорання у рідкому або твердому стані
Смог	Штучне слово, яке складається зі слів «смок» і «фог». Смог – їдучий туман у приземному шарі повітря, який складається з дуже дрібних крапель кислот та інших речовин
Сажа	Злиплі частинки вугілля, які утворюються при неповному згоранні
Аерозолі	Будь-які суспензії в повітрі (раніше так називали дрібнодисперсні суспензії, відносно стабільні в повітрі)

В процесах пилоуловлювання важливими є фізико-хімічні характеристики пилу, туманів, а саме: густина частинок, дисперсний (фракційний) стан тощо.

**Густина частинок.** Розрізняють декілька видів густини частинок:

- істинна;
- насипна (враховує повітряний прошарок між частинками пилу, при злежуванні насипна густина зростає в 1,2-1,5 рази);
- насипна густина шару;
- уявна (представляє собою відношення маси частинок до об'єму, який вони займають, з урахуванням пор, нерівностей, пустот).

Гладкі монолітні частинки мають уявну густина, що практично співпадає з істинною – найбільша різниця між різними видами густини спостерігається для пористих тіл.

**Дисперсність частинок.** Розмір частинки являється основним її параметром. Вибір пиловловлювача значною мірою залежить саме від розміру частинок пилу.

Частинки промислового пилу можуть мати різну форму (кульки, палички, пластинки, пластівці тощо), а також можуть коагулювати чи утворювати конгломерати.

В пиловловлюванні прийнято характеризувати розмір частинки величиною, яка визначає швидкість її осадження. Такою величиною служить седиментаційний діаметр – діаметр кулі, швидкість осадження і щільність якої дорівнюють швидкості осадження і щільності даної частини. При цьому сама частинка може мати довільну форму. Усі вирази розрахунку швидкості руху і осідання частинок описують рух кулькоподібних твердих частинок. Для урахування цього моменту вводять поняття «динамічний коефіцієнт форми» частки ( $t$ ) – це відношення опору середовища руху даної частки до опору середовища руху частинки, яка має такий самий об'єм, як і кулькоподібна частка. Тоді при розрахунку сили опору руху частинок, які відрізняються від кульки, у відповідні вирази вводиться поправка динамічного коефіцієнту форми.

Найбільший і найменший розміри частинок характеризують **діапазон дисперсності пилу**. Для характеристики дисперсного стану усю масу пилових частинок розбивають на фракції, які обмежуються частинками певного розміру із вказуванням, яку частку у відсотках по масі (або по кількості частинок) вони складають.

Сукупність фракцій частинок пилу за їх розмірами із вказуванням, яку частку у відсотках по масі (або кількості) займає та чи інша фракція, називається **дисперсним складом газопилової суміші**.

Дисперсний склад пилу представляють у вигляді інтегральних кривих. Розподілення частинок за розмірами на практиці часто узгоджується з логарифмічним нормальним законом розподілення (ЛНР) Гауса:

$M(d_4)$  – відносний вміст частинок менше даного розміру, %.

$\lg(G_4)$  – середньоквадратичне відхилення у функції даного розподілення.

$\lg(d_4/d_{50})$  – логарифм відношення поточного розміру  $d_4$  до медіанного для даного розподілення розміру  $d_{50}$ ;

$d_{50}$  – медіанний розмір частинок, для яких ефективність осадження складає 0,50. В табл. 2.8 наведені значення  $d_{50}$  і  $\lg \sigma$  для деякого пилу.

Для характеристики пилу і порівняння частинок між собою достатньо мати два параметри:  $d_{50}$  та  $\lg G_4$ . Значення  $d_{50}$  дає середній розмір частинок,  $\lg G_4$  – ступінь полідисперсності пилу.

За дисперсністю пил класифікують на 5 груп:

I – дуже крупно-дисперсний пил ( $d_{50} > 140$  мкм);

II – крупно-дисперсний пил ( $d_{50} = 40-140$  мкм);

III – середньо-дисперсний пил ( $d_{50} = 10-40$  мкм);

- IV – дрібнодисперсний пил ( $d_{50} = 1-10$  мкм);  
 V – дуже дрібнодисперсний пил ( $d_{50} < 1$  мкм).

Таблиця 2.8 – Дисперсний склад пилу, утворюваного при деяких технологічних процесах

Технологічний процес	Вид пилу	$d_{50}$ , мкм	$\lg \sigma$
Заточка інструменту	Метал, абразив	38	0,214
Розмелення в кульовому млині	Цемент	20	0,468
Сушіння вугілля в барабані	Кам'яне вугілля	15	0,334
Експериментальні дослідження	Кварцовий пил	3,7	0,405
Електролізер алюмінію	Окисли алюмінію	20	0,352
Обертova піч обпалювання	Магнезит	43	0,615
Розпилення у сушарці	Подвійний суперфосфат	80	0,210

Кварцевий пил –  $d_{50} = 3,7$  мкм, цемент – 20 мкм, абразив (заточування інструментів) –  $d_{50} \leq 38$  мкм.

**Адгезійні властивості частинок.** Ці властивості визначаються здатністю частинок до злипання. Підвищене злипання може привести до часткового і повного забивання апаратів. Чим менший розмір частинок, тим легше вони налипаються на поверхні апарату.

За злипанням пил розподіляється на 4 групи:

- 1) Пил, що не злипається: сухий шлаковий і кварцевий пил, суха глина;
- 2) Пил, що слабо злипається: коксовий, замоклий пил;
- 3) Пил, що має середнє злипання: торфовий пил, PbO, ZnO, летюча зола, сажа, сухе молоко, борошно, ошурки;
- 4) Пил, що сильно злипається: цементовий, гіпсовий, алебастровий пил, солі натрію, подвійного суперфосфату. Чим дрібніший пил, тим вище його здатність до злипання.

Увесь пил, що належить до IV і V груп дисперсії, належить до пилу, що сильно злипається, пил II і III груп – до пилу, що середньо злипається, а пил I групи – до пилу, що слабо злипається. При зволоженні здатність до злипання значно зростає.

**Абразивність частинок.** Абразивність пилу характеризує інтенсивність зносу матеріалу при однакових швидкостях газового потоку

і концентраціях пилу. Вона залежить від: - твердості; - форми; - розмірів; - густини. Абразивність враховують при розрахунках апаратури (вибір швидкості газу, товщини стінок).

**Змочуваність частинок.** Цей показник має важливе значення при мокрому способі очищення ГПС, особливо при роботі з рециркуляцією. Гладкі частинки змочуються краще, ніж частинки з нерівною поверхнею, оскільки на останніх, як правило більше абсорбована газова оболонка, яка ускладнює змочування.

За змочуваністю усі тверді тіла розподіляють на три основні групи:

- 1) гідрофільні матеріали – добре змочуються (силікати, окиси мінералів);
- 2) гідрофобні мінерали – погано змочуються (графіт, вугілля, сірка);
- 3) абсолютно гідрофобні (парафін, тефлон, бітуми).

**Гігроскопічність частинок.** Здатність вбирати вологу, залежить від хімічного складу, розміру, форми і ступеню шорсткості поверхні частинок. Гігроскопічність сприяє уловлюванню частинок в апаратах мокрого типу.

**Електрична провідність шару пилу.** Цей показник оцінюється за питомим електричним опором шару пилу  $\rho_{\text{шару}}$ , яке залежить від форми, розмірів частинок, внутрішньої електропровідності, а також від параметрів газового потоку. Ця властивість суттєво впливає на роботу електрофільтрів. В залежності від питомого електричного опору пил розподіляють на три групи:

- 1) низькоомний  $\rho_{\text{шару}} < 104 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  (при осадженні пил миттєво розряджається, що може привести до виносу з апарату);
- 2) середньоомний  $\rho_{\text{шару}} = 104\text{-}1010 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  – добре уловлюється в електрофільтрах, оскільки розрядка частинок відбувається не одразу, а протягом часу, що дає можливість накопичувати шар пилу на розрядних електродах;
- 3) високоомний  $\rho_{\text{шару}} > 1010\text{-}1013 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ . Уловлювання пилу цієї групи ускладнено, оскільки частинки пилу утворюють ізоляційний шар на електродах.

**Електрична зарядженість частинок.** Знак заряду частинок залежить від їх хімічного складу пилу, від властивостей речовин, з якими він стикається. Цей показник впливає на вибуховість та адгезійні властивості.

**Здатність частинок до самозаймання і утворення вибухонебезпечних сумішей з повітрям.** Горючий пил внаслідок сильно розвинутої поверхні контакту частинок (біля  $1 \text{ м}^2/\text{г}$ ) з киснем повітря здатний самозайматися та утворювати вибухоподібні суміші з повітрям. Інтенсивність вибуху залежить від хімічних і термічних властивостей пилу, концентрації та інше. Цю здатність має пил як органічного так і неорганічного походження: барвників, пластмас, пил металу (Mg, Al, Zn).



Мінімальні вибухоподібні значення концентрацій  $\approx 20-500 \text{ г/м}^3$ , максимальні  $700-800 \text{ г/м}^3$ . Чим більший вміст кисню в газовій суміші, тим більша ймовірність вибуху. При вмісті  $\text{O}_2 < 16\%$  пилова суміш не вибухає.

## **2.2 Новітні методи та технології очищення газопилових викидів промислових підприємств (за галузями)**

### *2.2.1 Основні напрями та методи захисту атмосфери*

Технологічний процес лежить в основі будь-якого виробництва, адже він є складовою виробничого процесу. Одночасно технологічний процес складається з окремих елементів (складових матеріальних частин) і стадій (складових часово-просторових частин).

За способом організації технологічні процеси поділяються на дискретні, безперервні і комбіновані. За кратністю обробки: циклічні (кругові), відкриті (із розімкнутим технологічним ланцюгом – екологічно небезпечні) і комбіновані. За агрегатним станом: гомогенні і гетерогенні (або однорідні і неоднорідні). За тепловим ефектом: екзо- і ендотермічні. За умовами впливу: високотемпературні, низькотемпературні, каталітичні, вакуумні, електрофізичні, електрохімічні, під високим тиском і т. д.

Важливе значення мають також параметри тиску, температури, концентрації тобто показники, що характеризують технологічний процес, а також характеристики: швидкість, зворотність, текучість, оброблюваність тощо. Сучасні технології, зокрема альтернативні, будуються на: радіаційно-хімічних процесах, ультразвукових, вони є лазерні, променеві, плазмові.

Усі природозберігаючі технології можна поділити на 5 видів:

1. Безвідходні (маловідходні) технології, яка дає мінімум об'єму твердих, рідких, газоподібних та теплових відходів та викидів (повна безвідходність нереальна, тому що тоді не працював би другий закон термодинаміки), тому частіше говоримо про такі технології, які дають теоретичний мінімум відходів на виробництві, які лише можливо досягти.

2. Реутилізаційні (рециркуляційні) технології – при цьому технологічний процес організований так, що відходи одного виробництва стають сировиною для іншого (технології замкнутих циклів).

3. Ресурсозберігаючі технології – виробництво і реалізація кінцевої продукції з мінімальним використанням речовини та енергії на всіх етапах виробничого циклу і з найменшим впливом на людину та природні екосистеми.

4. Біотехнології – сукупність методів і прийомів отримання корисних для людини продуктів та явищ з допомогою біологічних агентів (біофільтри, біореактори і т. д.).

5. Екологічні технології (геотехнології) – технології побудовані на основі процесів (за типами процесів) характерних для природи, інколи як їх пряме продовження (контурне землеробство або без відвальна обробка ґрунту і т.д.).

Отже, недосконалість саме технічних засобів та технологічних процесів призводить до головних видів забруднення навколишнього середовища: механічне (пил, попіл, шлак, будівельне сміття тощо), хімічне, радіоактивне, теплове, електромагнітне. Коли промислове підприємство, технічний засіб чи умови праці не задовольняють нормативи безпеки та екологічності, необхідно проводити комплекс заходів, спрямованих на поліпшення цих показників.

Під методами захисту НПС розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів спрямованих на зниження або повне виключення антропогенного забруднення біосфери. Універсальних методів звичайно не існує, тому радикально вирішити проблему забруднення НПС на сьогоднішній технічній стадії розвитку людства неможливо (пригадайте рівень споживання ресурсів і кількість відходів, масштаби впливу на НПС). Отже, лише поєднання декількох раціонально підібраних і науково обґрунтованих заходів в 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 (утилізаційні, зберігаючі, чисті і т. д.).

2) організаційно-технічні – зменшення концентрації та рівня забруднення на шляхах їх розповсюдження від виробництва до біосфери, тобто використання технічних засобів захисту та проведення організаційно-планувальних заходів.

Перша група методів вирішує проблему значно ефективніше, але є досить трудомісткою та значно дорожчою: відбувається реконструкція підприємств, закриття старих і будівництво нових з використанням альтернативних технологій, проводяться спеціальні науково дослідні роботи, вирішується цілий ряд завдань соціально-економічного плану, наприклад, перекваліфікація працюючих, автоматизація, комп'ютеризація виробництва.

Друга група методів є дещо вигіднішою, але вони мають локальний характер дії і не знищують причину, яка викликає забруднення.

Загальна класифікація методів захисту НПС від антропогенних забруднень приведена на рис. 2.1, з розгляду якої слідує, що при проведенні технологічних заходів по боротьбі з забруднювачами НПС використовують прямі та побічні методи.

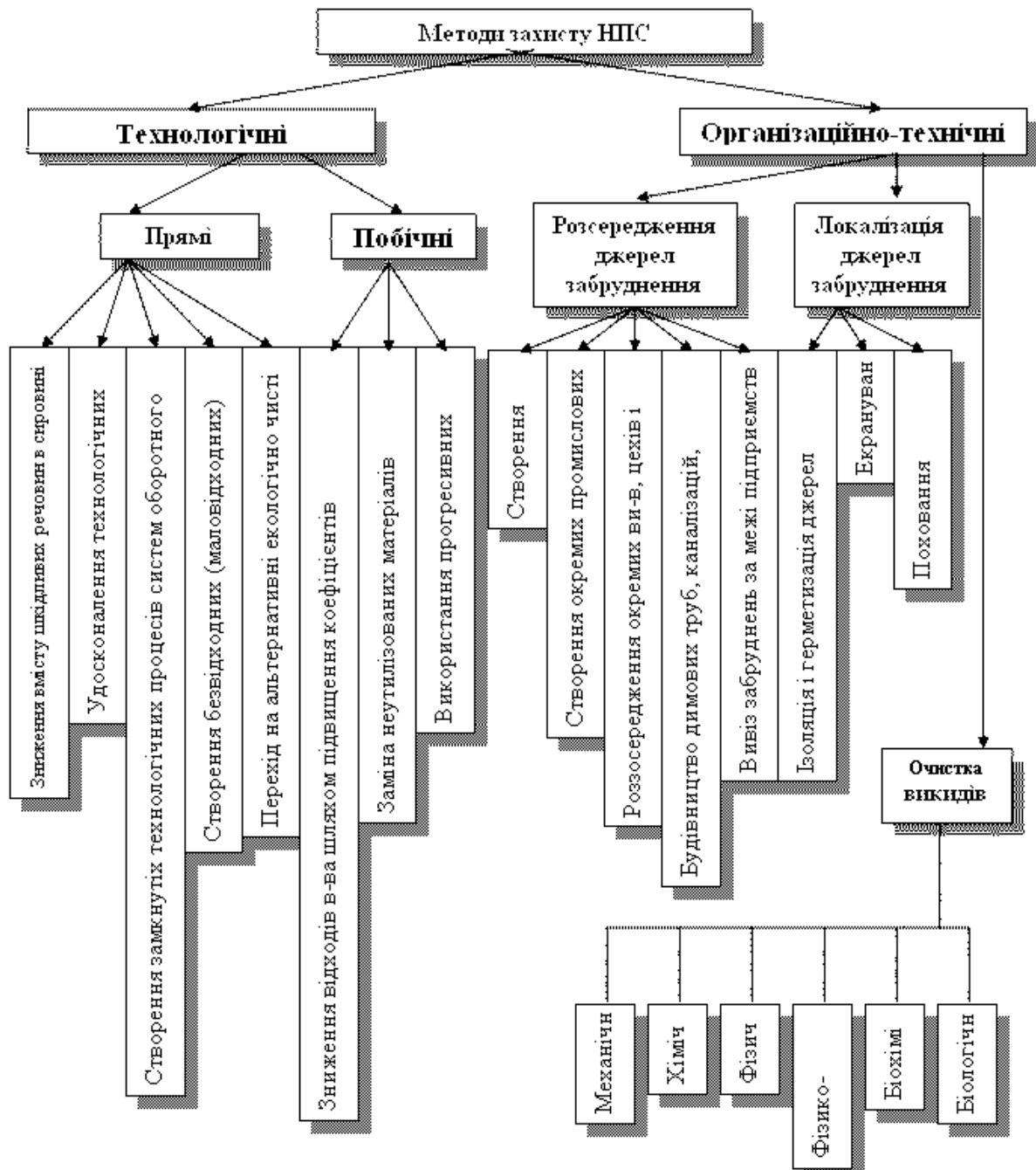


Рис. 2.1 – Загальна класифікація методів захисту НПС від антропогенних забруднень

**Прямі методи** дозволяють знизити масу, об’єм, концентрацію і рівень забруднення безпосередньо в джерелі їх утворення в технологічному процесі. Приклад: зменшення вмісту сірки в паливі; створення електромобілів і т.д.

**Побічні методи** не забезпечують безпосереднього зниження рівня забруднення в його джерелі, але мінімізують його або виключають утворення забруднювачів при проведенні наступних технологічних процесів. Приклад: використання прогресивних методів литва; заміна

газової зварки на електричну, а далі на лазерну і т.д.

Найвища форма удосконалення технології виробництва – створення замкнутих технологічних процесів, систем оборотного водопостачання і безвідходної технології, що можливо тільки при узгодженні прямих та побічних методів.

Майбутнє за технологічними методами захисту НПС як самими прогресивними і екологічними. Саме втілення на всіх етапах виробництва безвідходної технології дозволить повністю зняти проблему антропогенного забруднення біосфери.

Організаційно-технічні методи, використання яких не зв'язано з безпосереднім впливом на джерело забруднення, використовується для захисту НПС шляхом:

- розосередження джерел забруднення; воно не захищає безпосередньо НПС від забруднень, але дозволяє знизити локальне навантаження шкідливих речовин на біосферу до допустимих концентрацій і рівнів, з нейтралізацією яких природа справляється ще сама;

- локалізація джерел забруднення за рахунок ізоляції, герметизації, екранування, а також захоронення відходів, що дозволяє обмежити розповсюдження забруднювачів в біосфері;

- очищення (повної чи до допустимих концентрацій) викидів, які надходять в біосферу з допомогою спеціальних технічних устаткувань і апаратів, що використовують фізичні, хімічні, фізико-хімічні і біохімічні способи очищення і обеззараження забруднювачів.

На цьому рівні розвитку технології використання організаційно-технічних методів виступають основним способом боротьби з забруднювачами НПС.

Основні напрямки екологізації виробництва.

1. Розробка ефективних засобів очищення промислових, комунальних та тваринницьких стічних вод і промислових та транспортних викидів в атмосферу. Воно частково запобігає забрудненню довкілля, але повністю не ліквідує його, хоча ефективність окремих очисних технологій сягає 99%-99,9%, їм не може належати провідна роль, коли мова йде про гармонізацію взаємодії суспільства і природи (дуже висока ціна сучасних очисних технологій). Основні види очищення: механічні, хімічні, біологічні, електричні і т. п.

2. Значно перспективнішими є заходи спрямовані на зменшення або повну ліквідацію шкідливих відходів, що забруднюють довкілля. Головний напрям – це перехід до використання замкнутих технологій, для яких характерна відсутність обміну речовин із зовнішнім середовищем. Стосовно технологічної операції це можна розуміти як процес, у якому відсутні викиди твердих, рідких і газоподібних речовин – відходів. Важливе значення тут відводиться розробці нових альтернативних

технологій в енергетиці, нетрадиційних матеріалів, розробка технологій на основі природних (екологічних) процесів, саме тут важливе значення має використання останніх досягнень науки і техніки. Це найперспективніший шлях екологізації.

3. Важливим сучасним напрямком екологізації є утилізація, тобто повторне використання відходів.

Найбільш важливий захід це регенерація первинних відходів, тобто залишення їх у циклі виробництва з метою додаткової переробки і вилучення невикористаних елементів або сполук. Є три напрямки:

- повернення відходів у той самий виробничий процес, з якого його отримано;
- використання відходів в інших виробничих процесах;
- використання у вигляді сировини для інших виробництв.

Це вже дозволяє вирішити проблему мінімізації відходів, а у окремих випадках досягти їх повної ліквідації. Але й тут існує ряд проблем, в першу чергу фінансових, а також часто кількість відходів просто перевищує реальні можливості їх споживання. Тому найбільш перспективний напрям екологізації виробництва слід вважати розробку принципово нових екологічних (маловідходних) технологій і перехід виробництва до основ екологічно «чистого» виробництва. (див. статтю Т. Сербіна «Основні критерії чистого виробництва» (Грінпіс, UNEP)).

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря пилом та іншими шкідливими домішками потрібно на всіх промислових підприємствах організувати ефективне очищення відхідних газових викидів. Усі методи очищення можна розподілити на три групи: механічні, фізико-хімічні й хімічні (рис. 2.2).

Вибір методу очищення залежить від кількості відхідних газів та їхнього складу. Механічні методи застосовують для очищення вентиляційних та інших газових викидів від грубодисперсного пилу. В них пил відокремлюється під дією сили гравітації, інерції або відцентрової сили.

Вибираючи систему пиловловлювання, слід враховувати швидкість газового потоку, вміст пилу та його фізико-хімічні властивості, розмір часточок і наявність водяної пари. Існує два види пиловловлювання: сухе і мокре. З екологічного й економічного погляду досконалішими є сухі пиловловлювачі. Вони дають змогу повернути у виробництво вловлений пил, тоді як при мокрому утворюються водяні суспензії, переробка яких потребує більших матеріальних затрат. Недоліком сухого пилоочищення є те, що воно забезпечує високий ступінь очищення тільки у разі малої запиленості відхідних газів.

## Методи очищення відхідних газодимових викидів



Рис. 2.2 – Схема методів очищення відхідних газових викидів

### 2.2.2 Класифікація і властивості аерозолів, процеси, що протікають в них

З відхідними газами в атмосферу надходять тверді, рідкі, паро- і газоподібні речовини неорганічного і органічного походження. Відхідні гази промисловості, що містять завислі тверді або рідкі частинки, представляють собою двохфазну систему. Суцільною фазою в системі є гази, а дисперсною фазою – тверді частинки або крапельки рідини. Такі аеродисперсні системи називають **аерозолями**.

За агрегатним станом аерозолі класифікуються як:

- **тумани** – системи з рідкою дисперсною фазою (крапельки рідини розміром 0,3-5 мкм), утворюються в результаті конденсації парів або при розпилюванні рідини у газі;
- **дими** – системи з твердою фазою (розмір частинок 0,1-5 мкм);
- **пил** – (розмір частинок 5-50 мкм). Дими, які утворюються при згорянні палива і адсорбують вологу з атмосфери, є одночасно димами і

туманами. Такі системи існують над великими промисловими містами і називаються смогом. Вони є небезпечними для здоров'я.

За походженням аерозолі розділяють на диспергаційні і конденсаційні. Диспергаційні аерозолі одержують при подрібненні твердих тіл або розпилюванні рідин. Високодисперсні аерозолі можна отримувати конденсаційними методами, або в результаті хімічних реакцій.

**Молекулярно-кінетичні властивості.** Оскільки газове середовище має більш низьку в'язкість то броунівський рух в аерозолях є набагато інтенсивніший ніж в золях. Кінетичні властивості аерозолів проявляються і іншими явищами. Явище термофорезу полягає в рухові частинок аерозолу в напрямку зниження температури. Причиною цього є те, що на більш нагрітій бік частинки молекули газу ударяють з більшою швидкістю, ніж на менш нагрітій бік, тому і частинка рухається в напрямку зниження температури. Фотофорез – це рух частинок аерозолу в напрямку світлового променя. Термопреципітація – це осадження частинок на холодних поверхнях внаслідок термофорезу. Прикладом термопреципітації є осідання пилу на стінах поблизу радіаторів, ламп, печей та ін.

**Оптичні властивості.** Аерозолі відрізняються яскраво вираженою здатністю до світлорозсіяння, що пов'язано з великою різницею показників заломлення дисперсної фази і газового середовища. Тому аерозолі застосовують для створення димових завіс.

**Електричні властивості.** Аерозольні частинки не мають подвійних електричних шарів. Електричний заряд виникає при зіткненнях частинок між собою, або при адсорбції іонів, що утворюються при іонізації газів під дією космічних, ультрафіолетових та радіоактивних випромінювань. Отже, заряд частинок аерозолу випадковий. При осіданні заряджених частинок аерозолу виникає потенціал седиментації. Швидкість седиментації підсилюється конвекцією, в цих умовах досягається велика напруженість поля, яка відповідає блискавці.

**Стійкість аерозолів.** Аерозолі агрегативно дуже нестійкі, внаслідок відсутності електростатичного та адсорбційно-сольватного бар'єрів. Швидкість коагуляції зростає з підвищенням концентрації аерозолу, механічного перемішування, ультразвукових коливань. На стійкість туманів особливо впливає температура.

**Руйнування аерозолів.** Оскільки аерозолі забруднюють атмосферу, то виникає необхідність в їх руйнуванні. Для руйнування аерозолів використовують циклони, електрофільтри, паперові, азбестові, пористі керамічні фільтри і т.д. У циклонах частинки аерозолів осаджуються під дією відцентрової сили. У електрофільтрах частинки заряджаються і осідають на одному з електродів. Аерозолі руйнують також введенням речовин, що можуть бути центрами кристалізації, чи конденсації. Так, при розпиленні твердого  $\text{CO}_2$  або  $\text{AgI}$  відбувається конденсація пари води, яка випадає у вигляді дощу.

**Застосування аерозолів.** Аерозолі застосовують для фарбування поверхні, розпилення палива перед горінням, розпилення добрив та отрутохімікатів. У фармації широко використовують аерозольну лікарську форму, яка дозволяє об'єднувати кілька лікарських речовин та є простою в застосуванні. Обов'язковим компонентом аерозольних сумішей є пропеленти (фреони, зокрема фторхлорвуглеводні) чи такі гази, як пропан, бутан.

### 2.2.3 Методи очищення промислових газів від аерозолів

Для зниження аерозолів (пилу, туманів) використовують сухі, мокрі та електричні методи.

В основі роботи сухих апаратів лежать гравітаційні, відцентрові, інерційні механізми осадження та механізми фільтрації. В мокрих пиловловлювачах здійснюється контакт запилених газів із рідиною. При цьому осадження відбувається на краплі, на поверхні газових пухирців або на плівці рідини. В електрофільтрах відділення заряджених частинок відбувається на осаджувальних електродах.

Вибір методу і апарату для уловлювання аерозолів залежить від їх дисперсного стану (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Методи і апарати для уловлювання аерозолів

Розмір частинок, мкм	Апарати	Розмір частинок, мкм	Апарати
40-1000	Пилоосаджувальні камери	20-100	Скрубери
		0,9-100	Тканинні фільтри
20-1000	Циклони: $d = 1-2$ м	0,05-100	Волокнисті фільтри
5-1000	Циклони: $d = 1$ м	0,01-10	Електрофільтри

Для знешкодження відхідних газів від газоподібних і пароподібних токсичних речовин використовують методи: - абсорбції (фізичної, хемосорбції); - адсорбції; - каталітичні; - термічні; - конденсації.

**Абсорбційні методи** очищення газів використовують для видалення газо- та пароподібних домішок, базуються на поглинанні домішок рідинами-абсорбентами. Для фізичної абсорбції на практиці застосовують: воду, органічні розчинники, що не вступають в реакцію із забруднювальними речовинами. При хемосорбції застосовують водні розчини солей, органічні речовини, водні суспензії.

**Адсорбційні методи** очищення газів використовують для видалення газо- та пароподібних домішок, базуються на поглинанні домішок пароподібними тілами-адсорбентами.



**Каталітичні методи** засновані на хімічних перетвореннях токсичних компонентів у нетоксичні на поверхні твердих каталізаторів. Очищенню підлягають гази, які не містять пил та каталітичні гази ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{C}$ , органічні домішки).

**Термічні методи** (методи прямого спалювання) використовують для зниження вмісту токсичних речовин газів, що швидко окислюються та неприємно пахучих речовин. Спалювання проводять у топках печей або факельних горілках.

В основі **методу конденсації** полягає явище зменшення тиску насиченої пари розчинниками при зниженні температури. Суміш пари розчинника з повітрям попередньо охолоджують, а потім конденсують (суттєвий недолік методу – великі витрати охолоджувального компоненту).

Узагальнення: Більшість промислових викидів являють собою багатофазні системи різної температури. При виборі методу знешкодження викиду це обов'язково враховують. Крім того, важливим параметром при виборі методу є характеристика джерела викиду забруднювальної речовини.

#### *2.2.4 Сучасні методи та апарати очищення промислових викидів під дією сили гравітації, інерції, відцентрових сил, фільтрацією та електрофільтрацією*

**Фізичні основи процесів пилоуловлювання.** Робота будь-якого апарату заснована на використанні одного чи декількох механізмів осадження зважених у газах частинок:

- гравітаційне осадження (седиментація) – відбувається в результаті вертикального осідання частинок під впливом сили тяжіння при проходженні через газоочисний апарат;
- осадження під впливом відцентрової сили відбувається при криволінійному русі аеродинамічного потоку, коли розвиваються відцентрові сили, які відкидають частинки на поверхню осадження;
- інерційне осадження – відбувається, коли маса частинки або швидкість її руху на стільки значні, що вона не може рухатись із газовим потоком, який огинає перешкоду, а намагаючись по інерції продовжити свій шлях, стикається з перешкодою і осаджується на ній;
- зачеплення (ефект дотикання) відбувається, коли відстань частинки, що рухається із газовим потоком, від тіла, яке обтікається газовим потоком дорівнює або менше її радіуса;
- дифузійне осадження – відбувається, коли дрібні частинки підлягають безперервному впливу молекул газу, що знаходяться в постійному броунівському русі, в результаті чого можливе осадження на поверхні обтікаючих тіл або стінок апарату;

- електричне осадження – відбувається при іонізації газових молекул електричним розрядом, що спричиняє заряджування частинок. Під впливом електричного поля вони осаджуються на електродах.

Крім цих методів розвиваються такі як: - термофорез; - дифузіофорез; - вплив магнітного поля, тощо.

**Методи, що застосовуються для видалення дисперсних домішок з пилогазової суміші.**

**Гравітаційний метод** осадження використовується у пилоосаджувальних камерах.

Механічне **сухе пиловловлювання** здійснюють в осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних та електричних фільтрах.

В осаджувальних камерах очищають газ з грубодисперсними часточками пилу розміром від 50 до 500 мкм і більше (рис. 2.3, *а*). Ефективнішою є осаджувальна камера Говарда (рис. 2.3, *б*), в якій газовий потік розбивається горизонтальними пластинами на окремі секції. Незважаючи на незначний аеродинамічний опір і невисоку вартість, ці апарати застосовують інколи через труднощі їх очищення. З них відхідні газу направляють в інші, ефективніші апарати для подальшого очищення.

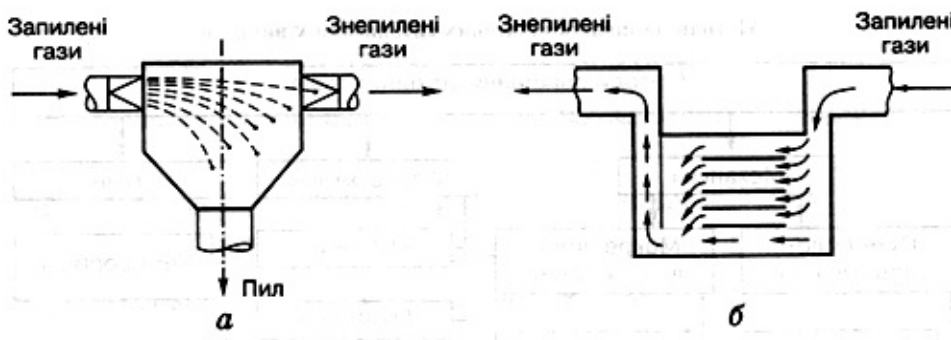


Рис. 2.3 – Пилоосаджувальна камера (*а*) та осаджувальна камера Говарда (*б*)

Осадження відбувається з горизонтально-спрямованого потоку. Переваги методу:

1. Простота виготовлення і експлуатації.
2. Низька вартість.

Недоліки методу: невелика ефективність уловлювання.

Основні параметри процесу:

- ефективність для часток розміром більше 30-50 мкм – 80-90%;
- гідравлічний опір – 50-130 Па;
- верхня межа температури газів – 350-500°C.

В основному використовується як перший етап очищення (попередня очищення). При проектуванні осаджувальних камер треба звертати увагу на рівномірне розподілення газового потоку по перетину камери, для чого

ставлять дифузори та газорозподільні решітки.

В інерційних пиловловлювачах використовують *ефект інерційного осідання*. Переваги:

1. Простота експлуатації.
2. Мала вартість.

Недоліки:

1. Недостатня ефективність.

Область застосування: На заводах гірничої і кольорової металургії (в основному за доменними печами) та в газоходах (з плавним поворотом газового потоку). Основні параметри: -  $Q_{\text{макс}} = 27500 \text{ м}^3/\text{год}$ ; - ефективність для 25 мкм-30 мкм – 65-85%; - гідравлічний опір 150-350 Па; -  $T_{\text{макс}}$  – до 400°C.

В цих апаратах також можливий вторинний винос, на що суттєво впливає глибина циліндричної частини камери, де гаситься турбулентний потік. Коефіцієнт ефективності інерційного осадження визначається часткою частинок вилучених з потоку при обтіканні. Іноді його називають «ефективністю мішені».

При потенційному обтіканні ефективність осадження залежить як від критерію Стокса, так і критерію Рейнольдса. Існують граничні значення критерію Стокса для перешкод різної форми. В цьому випадку інерції частинок достатньо, щоб подолати захоплення газового потоку і осісти на перешкоді. При ламінарній течії потоку критерієм  $K_c$  нехтують, оскільки при в'язкому обтіканні лінії потоку плавно огинають перешкоду на великій відстані.

В апаратах інерційного пиловловлювання різко змінюється напрямок потоку (рис. 2.4). Часточки пилу за інерцією вдаряються об поверхню, осаджуються і через розвантажувальний пристрій видаляються з апарата. У середині апаратів розміщені пластини або кільця, об які вдаряється газ.

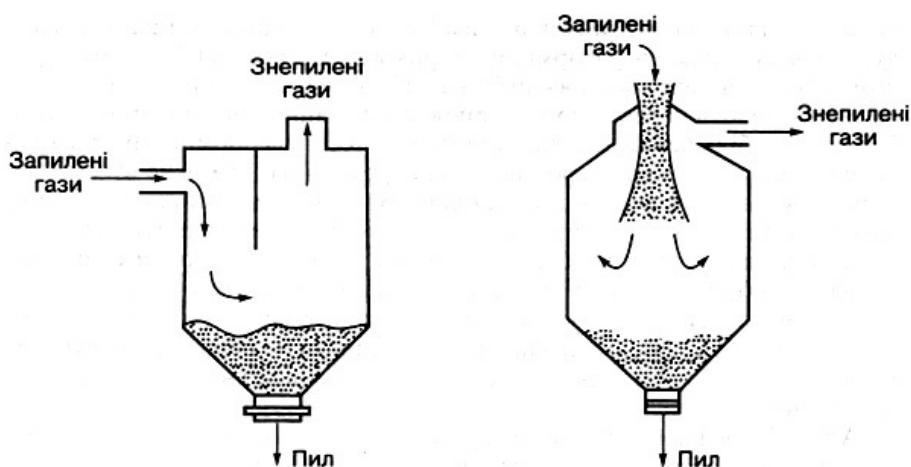
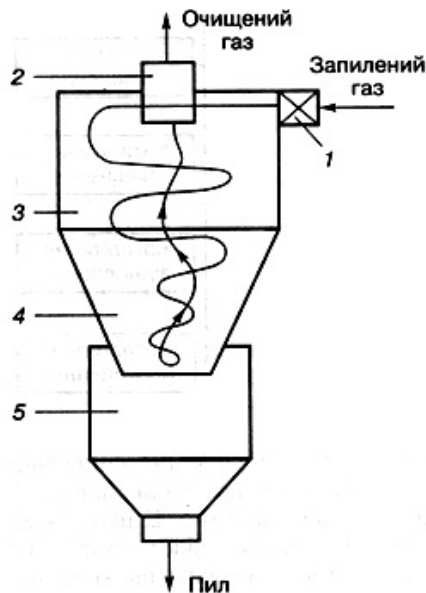


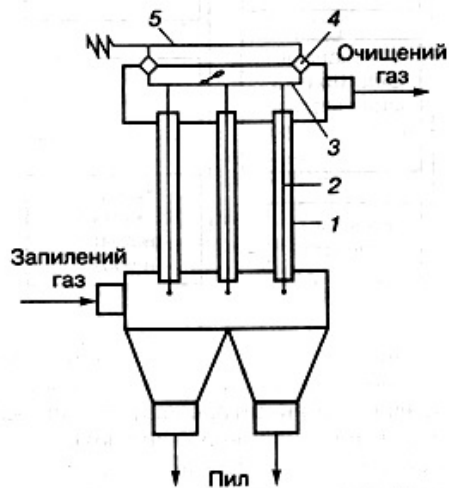
Рис. 2.4 – Інерційні пиловловлювачі

Значно поширеніші циклонні сепаратори (рис. 2.5). У них запилений газ, обертаючись по спіралі, відкидає часточки пилю на стінки апарата 3, 4, звідки вони потрапляють у пилоосаджувальну камеру 5. Циклонні сепаратори ефективно очищають гази, що містять часточки розміром не менш як 25 мкм. Коефіцієнт корисної дії циклонів залежить від концентрації пилю і розмірів його часточок. Середня ефективність знепилення газів у циклонах становить 78-86% для пилю розміром 30-40 мкм. Основний недолік циклонів – значне абразивне спрацювання частин апарата пилом. Тому ці частини вкривають синтетичними матеріалами або зносостійкими сплавами, що здорожує конструкцію апарата. Циклони використовують для очищення запилених газів і повітря з великими часточками в різних галузях промисловості.



1 — вхідний патрубок; 2 — вихлопна труба;  
3 — циліндрична камера; 4 — конічна камера;  
5 — пилоосаджувальна камера

Рис. 2.5 – Циклон



1 — осаджувальний електрод; 2 — коронувальний електрод; 3 — рама; 4 — ізолятор; 5 — струшувальний пристрій

Рис. 2.6 – Трубчастий електрофільтр

**Циклонні апарати** найбільш поширені в промисловості. Вони мають наступні переваги:

- 1) відсутність в апараті частин, що рухаються;
- 2) надійність роботи при температурах до 500°C (для роботи при більш високих температурах циклона виготовляють із спеціальних матеріалів);
- 3) можливість уловлювання абразивних матеріалів при захисті внутрішніх поверхонь циклонів спеціальним покриттям;

- 4) уловлювання пилу в сухому виді;
- 5) майже постійний гідравлічний опір апарату;
- 6) успішна робота при високих тисках газу;
- 7) простота виготовлення;
- 8) зберігання високої фракційної ефективності очищення при збільшенні запиленості газів.

Недоліки: високий гідравлічний опір (1250-1500 Па), погане вловлювання частинок розміром менше 5 мкм, неможливість використання для очищення липких забруднень.

Принцип роботи: газовий потік вводиться в циклон через патрубок по дотичній до корпусу і здійснює обертально-поступальні рухи вздовж корпусу до бункеру. Пил осідає на стінках. Пиловий шар опускається у бункер. У бункері відбувається поворот газу на 180°, потім вихровий газовий потік виходить через вихідну трубу. Для нормальної роботи циклону обов'язкова герметичність бункеру. Підсос наружного повітря спричиняє виніс пилу з потоком через вихідну трубу. Ефективність уловлювання частинок  $\eta$  прямо-пропорційна швидкості газів і зворотно-пропорційна діаметру апарату. Тому процес доцільно вести при великих швидкостях  $V_p$  і невеликих діаметрах циклону  $d_{ц}$ . Проте, збільшення  $V_p$  може викликати виніс газу і різко збільшити гідравлічний опір. Тому, доцільно збільшувати ефективність циклону за рахунок зменшення  $d_{ц}$ . Оптимальне співвідношення:  $H/d_{ц} = 2-3$ .

В промисловості розрізняють циклони: високоефективні (ефективні, але вимагають більше витрат) та високопотужні (мають не великий гідравлічний опір, але погано уловлюють дрібний пил).

**Вихрові пиловловлювачі.** Також відносяться до апаратів відцентрової дії. Відміна від циклону – наявність закрученого газового потоку.

Переваги:

1. Висока ефективність очищення тонких фракцій  $d < 3-5$  мкм; що дозволяє їм конкурувати з фільтрами.
2. Відсутність абразивного зносу внутрішньої поверхні апарату.
3. Можливість за рахунок газу з більш високою температурою за рахунок використання холодного вторинного повітря.
4. Можливість регулювання процесу сепарації за рахунок кількості вторинного газу.

Недоліки:

1. Необхідність додаткового дуттєвого пристрою.
2. Підвищення за рахунок газу загального об'єму потоку (при використанні атмосферного повітря).
3. Складність в експлуатації.

**Ротаційні пиловловлювачі.** Відносять до апаратів відцентрової дії,

які одночасно з переміщенням газового потоку його очищують від фракцій пилу більше 5 мкм.

Переваги:

1. Компактність (вентилятор і пиловловлювач сполучені в одному апараті) – в 3-4 рази менше ніж циклон.
2. Мають менші питомі витрати на очищення 1000 м<sup>3</sup> (на 20-40% менше, ніж у циклоні).

Недоліки: відносна складність конструкції та експлуатації.

Для тонкого очищення газів від пилу використовують *електрофільтри* (рис. 2.6). Крім пилу вони можуть також очищати гази від аеро- та гідрозолів, тобто вловлювати більш дисперговані часточки. Електрофільтр складається з коронувального (негативного) *2* і осаджувального (позитивного) *1* електродів. Останній виготовляють у вигляді трубки або пластини. Електрофільтр живиться постійним струмом високої напруги (50-100 кВ). При напруженості електричного поля між електродами 15 кВ/см повітря йонізується і створює позитивні та негативні заряди. Заряджені частинки осідають на часточки пилу, внаслідок чого вони рухаються до протилежно заряджених електродів і осідають на них. У сухих електрофільтрах для очищення поверхні електродів від пилу використовують струшувальні пристрої *5* ударно-молоткового типу. За допомогою електрофільтрів очищають значні об'єми газів від пилу з розміром часточок 0,01-100 мкм за температури газів до 500°C. Фільтри ефективно працюють при невеликих газових потоках, досягаючи ступеня очищення 99,9%.

У фільтрах газовий потік проходить крізь пористий матеріал різної щільності й товщини. Очищення від грубодисперсного пилу здійснюють у фільтрах, заповнених коксом, піском, гравієм, насадкою різної природи й форми. Для очищення від тонкодисперсного пилу використовують фільтрувальний матеріал типу паперу, повсті або тканини різної щільності. Папір використовують для очищення атмосферного повітря або газів з низьким вмістом пилу. В промислових умовах застосовують тканини або рукавні фільтри. Вони мають форму барабана, тканинних мішків або кишень, що працюють паралельно. Їх очищують струшуванням або продуванням повітря. Останнім часом як фільтрувальні тканини широко використовують синтетичні матеріали та скловолокно, що можуть витримувати температуру 150-250°C, вони хімічно і механічно стійкіші і менш вологоємні порівняно з шерстю та бавовною. Останні дають змогу очищати гази з температурою не вище за 100°C. Головною перевагою рукавних фільтрів є висока ефективність очищення, яка досягає 99% для всіх розмірів часточок. Для тонкого очищення застосовують керамічні фільтри, фільтри з пластмас або скла. Ефективність пиловловлювання в них може досягати 99,99%, а температура очищуваного газу – 500°C.

**Очищення газів у фільтрах.** В основі роботи фільтрів усіх видів

лежать процеси фільтрації через пористе тіло, які класифікують на:

- гнучкі пористі перегородки: тканинні матеріали з природних, синтетичних та мінеральних волокон – сукно, лавсан, склотканина; неткані волокнисті матеріали (войлоки, коейєні, голкопробивні матеріали, папір, картон); ячеїсні листи (губчата гума, пінополіуретан, мембранні фільтри);
- напівжорсткі пористі перегородки: шари волокон, стружка, в'язані сітки);
- жорсткі пористі перегородки: зернисті матеріали (пориста кераміка, пластмаса, зпечені або зпресовані порошки металів, пористе скло, вуглеграфітові матеріали тощо); волокнисті матеріали (шари із скляних і металевих волокон); металеві сітки і перфоровані листи.

В залежності від призначення і величини вхідної та вихідної концентрації пилу, фільтри умовно розподіляють на **три класи**:

- **фільтри тонкого очищення** (високоєфективні або абсолютні фільтри) – використовують для уловлювання субмікронних частинок з ефективністю 99% з промислових газів з низькою вхідною концентрацією ( $< 1 \text{ мг/м}^3$ ) та швидкістю фільтрації  $< 1 \text{ см/с}$ , використовують для уловлювання особливо токсичних матеріалів, а також для ультратонкого очищення в деяких технологічних процесах. Ці фільтри не регенерують.

- **повітряні фільтри** – використовують в системах приточної вентиляції і кондиціювання повітря. Працюють при  $C_{\text{пилу}} < 50 \text{ мг/м}^3$ , швидкість фільтрації 2,5-3 м/с. Можуть регенеруватись або не регенеруватись.

- **промислові фільтри** (тканинні, зернисті, грубоволокнисті) використовують для очищення газів концентрацією до  $60 \text{ г/м}^3$ . Фільтри регенерують. Осадження частинок відбувається в результаті сукупної дії таких механізмів: ефекту дотикання, дифузії, інерційного процесу, гравітаційного процесу.

Ефект дотикання виникає при умові стикання частинок пилу з поверхнею волокон або інших пористих елементів, якщо траєкторія проходить на відстані не більше радіуса частинки. Осадження за рахунок броунівської дифузії обумовлене хаотичним тепловим рухом молекул газу. Чим менші частинки і менша швидкість їх руху, тим ефективніше відбувається процес захвату за рахунок броунівської дифузії. Дифузія помітна при  $d_4 < 0,1 \text{ мкм}$  і швидкості руху менше, ніж 1 м/с.

**Уловлювання пилу в електрофільтрах.** Електричне очищення на сьогодні є одним з найбільш досконалих методів очищення аерозолів (пилових сумішей, димів, туманів) від зважених частинок. Він базується на ударній іонізації газу в зоні коронуючого розряду, передачі заряду іонів частинкам домішок і осадження останніх на електродах.

Весь процес очищення умовно поділяють на такі стадії:

1. Утворення іонів газів електричним розрядом (на коронуючому

електроді).

2. Зарядка пилових частинок. Цей процес в полі коронного розряду проходить за двома механізмами:

1) дифузією іонів на поверхню твердих частинок і адсорбцією.

- для частинок  $d > 0,5$  мкм переважає другий механізм;

- для частинок  $d < 0,2$  мкм – перший механізм;

-  $d = 0,2-0,5$  мкм – ефективні обидва механізми.

2) Частинки пилу бомбардуються іонами, що рухаються у напрямку силових ліній поля (ударна іонізація).

Забруднені гази, які надходять до електрофільтру, як правило, завжди мають певний заряд, тобто частково іонізовані (властивість – електрична зарядженість частинок, заряд може утворитися за рахунок тертя о стінки трубопроводів і обладнання (трубозаряд) – становить 5% від заряду, що отримує частинка. Маючи певний заряд частинки пилу вже потенційно здатні проводити струм при попаданні у простір між двома електродами, до яких підведена напруга. Сила току залежить: від кількості іонів, напруги між електродами. При збільшенні напруги до руху між електродами залучається більша кількість іонів, тобто сила току зростає до тих пір, поки в русі не будуть приймати участь усі іони, що містяться в газі. При цьому величина сили току стає постійною (струм насичення), не дивлячись на подальший ріст напруги. При деякій достатньо великій напрузі рух іонів настільки прискорюється, що стикаючись із молекулами газу іонізують їх, перетворюючи нейтральні молекули в позитивні іони і електрони (цей процес називається ударною іонізацією газу). Він стабільно проходить в неоднорідному полі, характерному для циліндричного конденсатору.

3. Трансформування заряджених частинок до осаджувальних електродів.

Рух заряджених частинок відбувається під дією: сил взаємодії електричного поля, аеродинамічних сил, сили тяжіння, сили тиску електричного вітру. Електростатичні сили являються основними. Швидкість руху під їх впливом залежить від: розмірів частинки та напруженості електричного поля (табличне значення).

Під впливом сили тяжіння за час перебування в електрофільтрі (це 10-15 с) частинки розміром 10 мкм падають лише на 3-5 см, тому при практичних розрахунках силу тяжіння не враховують. Під впливом аеродинамічних сил частинка рухається за напрямком основного потоку газу із швидкістю  $W_r$ , яка дорівнює 0,5-2 м/с. Електричний вітер виникає в місцях генерації іонів, тобто для коронуючих електродів, і викликає циркуляцію газу до 0,5-1 м/с, обумовлений механічним впливом рухомих іонів на молекули газу і частинки пилу. Цей вітер впливає на рух осаджувальних частинок і на їх переміщення, але за відсутності методики розрахунку швидкості електростатичного вітру, його впливом на



рух частинок нехтують.

Руйнування шару пилу, що накопився на електродах і скидання у пилосбірні бункери.

Конструктивний підбір електрофільтру визначають склад і властивості пилу: (пил з питомим електричним опором (можна знизити зволоженням) 104-1010 Ом – добре очищується), параметри газового потоку, ступінь очищення. Електрофільтри очищують великі об'єми газів від пилу з частками розміром 0,01 мкм до 100 мкм при температурі газів до 400-450°C, гідравлічний опір – 150 Па.

Для підвищення ефективності роботи електроди інколи змочують водою. Такі електрофільтри називають **мокрими**. У мокрих пиловловлювачах запилений газ зрошується рідиною або контактує з нею. Найпростішою конструкцією є промивна башта, заповнена кільцями Рашіга, скловолоком або іншими матеріалами. До апаратів такого типу належать скрубери та труби Вентурі. Часто для видалення шламів, що утворюються, труби Вентурі доповнюють циклонами. На рис. 2.7 зображено порожнистий форсунковий скрубер.

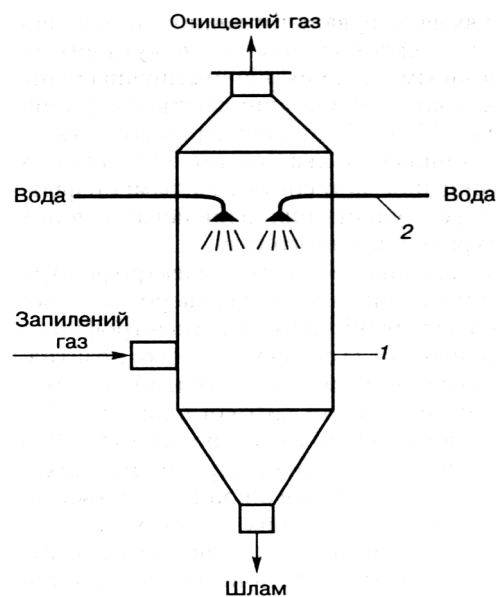


Рис. 2.7 – Порожнистий форсунковий скрубер:

1 – корпус; 2 – форсунки

Він являє собою циліндричну (або прямокутну) башту, виготовлену з металу, цегли чи залізобетону. Скрубери працюють за принципом протитечії: газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина (частіше вода) розпилюється форсунками згори вниз. Швидкість газу в скруберах – 1,0-1,5 м/с. Ефективність очищення газів залежить від змочуваності пилу і досягає 96-98%. Для вловлювання важко-змочуваного пилу, наприклад

вугільного, у воду добавляють поверхнево-активну речовину (ПАР). Скрубери можна застосовувати для холодних і гарячих газів, які не містять токсичних речовин (кислот, хлору тощо), оскільки вони видаляються в атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману.

Зверху апарати можуть зрошуватися водою. Тоді пил з них видаляється у вигляді шламу.

Ультразвукові апарати використовують для підвищення ефективності роботи циклонів або рукавних фільтрів. Ультразвук сприяє адгезії і закріпленню часточок пилу. Ці апарати ефективні у разі високої концентрації пилу в очищуваному газі. Для збільшення ефективності роботи апарата його зрошують водою. Такі апарати в комплексі з циклоном застосовують для уловлювання сажі, туману різних кислот тощо.

У барботажних апаратах запилений газ пропускають крізь рідину (воду). Їх доцільно використовувати для очищення гарячих газів з часточками пилу розміром понад 5 мкм. Барботаж використовують також у пінних апаратах. Для створення піни у воду добавляють ПАР. Ефективність очищення в цих апаратах досягає 97-99%.

Недоліком мокрому очищення газів є те, що вловлений пил перетворюється на мокрий шлам. Для видалення останнього потрібно будувати шламову каналізацію, що здорожує конструкцію. Мокрі пиловловлювачі типу труби Вентурі характеризуються значними витратами електроенергії для подавання й розбризкування води, особливо для уловлювання пилу з розміром часточок менш як 5 мкм. Під час очищення деяких газів можлива лужна або кислотна корозія. Значно погіршуються умови розсіювання через заводські труби відхідних газів, зволжених під час охолодження в апаратах цього типу.

**Апарати мокрому очищення** широко розповсюджені оскільки мають високий ступінь очищення дрібнодисперсних пилових частинок, особливо при очищенні гарячих та вибухонебезпечних газів.

Переваги:

- 1) невелика вартість і висока ефективність;
- 2) можливість використання для очищення пилу при  $d = 0,1$  мкм;
- 3) можливість очищення при високій температурі і підвищеній вологості, при небезпеці займання або вибуху газів чи уловлюваного пилу;
- 4) можливість одночасно з пилоподібними домішками уловлювати паро- і газоподібні компоненти.

Недоліки:

- 1) утворення шламу, що викликає підвищену собівартість за рахунок очищення стічної води;
- 2) можливість виносу крапель рідини і осадження їх з пилом у газоходах.

В мокрих пиловловлювачах в якості зрошувальної рідини застосовують воду.

Апарати мокрого очищення працюють на методах:

1) осадження частинки пилу на поверхні крапель рідини;  
2) осадження частинки пилу на поверхні плівки рідини під впливом дії сил інерції та броунівського руху. Сили інерції діють на частинку при наближенні, вони залежать від маси крапель і частинок, швидкості їх руху. Частинки малих розмірів не володіють достатньою кінетичною енергією і огинають при наближенні краплі. В таких випадках підвищити ефективність можна за рахунок броунівського руху при зменшенні швидкості руху газового потоку. Важливим фактором є змочуваність частинок рідиною, чим вона краща, тим вища ефективність.

Залежно від поверхні контакту і способу дії **апарати мокрого очищення** розподіляють на 8 груп:

- порожні газопромивачі,
- насадочні скрубери,
- тарільчаті (барботажні, пінні),
- з рухомою насадкою,
- ударно-інерційної дії,
- відцентрової дії,
- механічні газопромивачі,
- швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі, ежектори).

У відповідності із витратами енергії пилоуловлювачі класифікуються на:

- низьконапорні (гидравлічний опір  $\Delta p = 1,5$  кПа) – барботери;
- середньонапорні (гидравлічний опір  $\Delta p = 1,5 - 3000$  кПа) – ударно-інерційні;
- високонапорні (гидравлічний опір  $\Delta p > 3000$  кПа) – скрубери Вентурі.

Узагальнення: Найпоширенішим видом викидів є пилогазоповітряна суміш, що являє собою аерозоль з частинками різної дисперсності. Для видалення пилу використовують механічне очищення (пилоосадження під впливом сили тяжіння, інерційних сил та відцентрових сил), мокре очищення (частинки уловлюються рідиною), очищення під впливом електростатичних сил. При виборі методу враховують насамперед параметри пилу (дисперсність, змочуваність, здатність утворювати вибухонебезпечні суміші та заряджатися і т.д.), а також бажану ефективність очищення.

*2.2.5 Адсорбційні та абсорбційні методи очищення газів, методи каталітичного та термокаталітичного знешкодження*

**Основні методи очищення атмосферного повітря від шкідливих парів і газів.**

Очищення та знешкодження технологічних і вентиляційних викидів

промислових підприємств від газо- і пароподібних домішок характеризується тим, що, по-перше, гази, які викидаються в атмосферу, надто різні за хімічним складом; по-друге, вони мають іноді достатньо високу температуру і містять значну кількість пилу, що суттєво ускладнює процес газоочищення, і потребують попередньої підготовки відповідних газів; по-третє, концентрація газоподібних і пароподібних домішок часто у вентиляційних і рідше в технологічних викидах є змінна та низька.

Існуючі газоочисні установки дозволяють знешкоджувати технологічні та вентиляційні викиди без або з подальшою утилізацією вловлених домішок. Перший тип апаратів характеризується санітарними обмеженнями, пов'язаними з процесами видалення, транспортування та захоронення вилученого продукту. Найбільш перспективними є апарати з виділенням продукту в концентрованому вигляді та подальшим його використанням для потреб народного господарства. Виробництво таких установок є важливим завданням у розробці маловідходної та безвідходної технологій.

Для реалізації завдань захисту атмосфери від шкідливих викидів зараз застосовують шість основних методів: абсорбція; адсорбція; хемосорбція; термічна нейтралізація; каталітичне знешкодження; хімічне знешкодження (рис. 2.8).

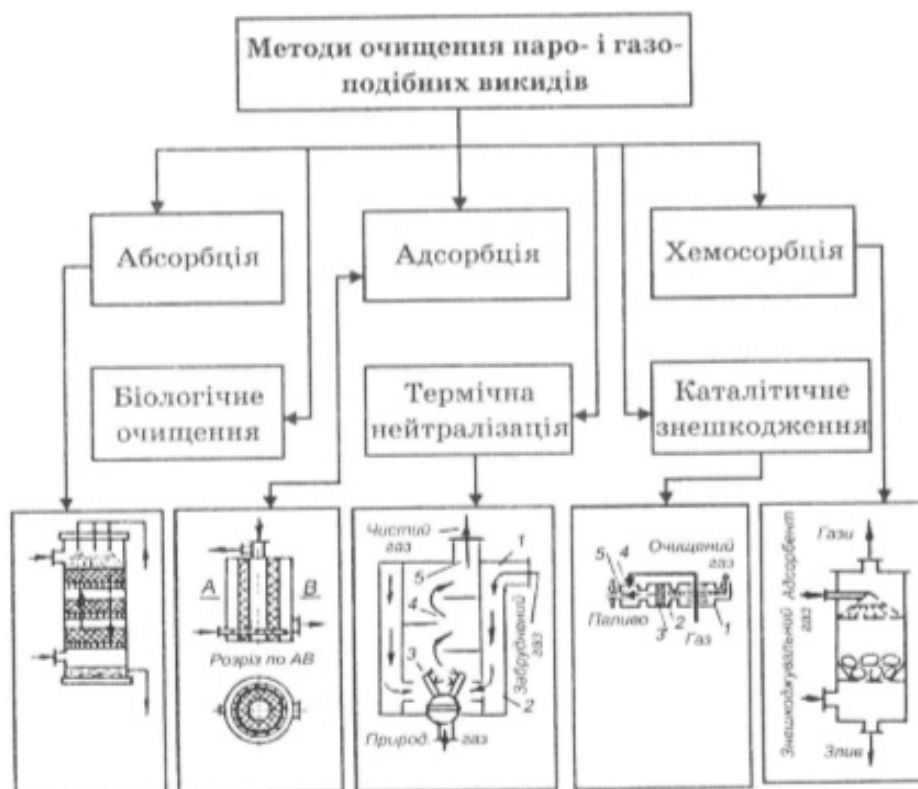


Рис. 2.8 – Методи та апарати для очищення промислових викидів паро- і газоподібних речовин

**Абсорбцію** в техніці часто називають скрубєрним процесом очищення атмосферного повітря від парів та газів. Принцип цього методу полягає в розкладанні газоподібної суміші на складові частини поглинанням одного або декількох газових компонентів (абсорбентів) цієї суміші рідким поглиначем (абсорбентом) з утворенням розчину. Основним при цьому є градієнт концентрації на межі фаз «газ-рідина». Розчинений у рідині адсорбат унаслідок дифузії проникає у внутрішні шари абсорбента.

**Метод адсорбції** ґрунтується на властивостях деяких твердих тіл з ультрамікроскопічною структурою селективно вилучати та концентрувати на поверхні окремі компоненти із газової суміші. У пористих тілах з капілярною структурою поверхнєве поглинання доповнюється капілярною конденсацією.

Адсорбція поділяється на фізичну і хемосорбцію. При фізичній адсорбції молекули газу прилипають до поверхні твердого тіла під дією міжмолекулярних сил притягання (сил Ван-дер-Ваальса). Вивільнене при цьому тепло залежить від сили притягання і за порядком значення (як правило, в межах від 2 до 20 кДж/моль) співпадає з кількістю тепла конденсації випарів.

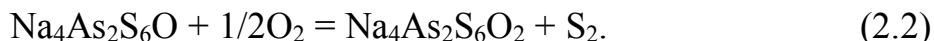
Великою перевагою фізичної адсорбції є зворотність процесу. При зменшенні тиску адсорбату в потоці газу або при збільшенні температури поглинений газ легко десорбується без зміни хімічного складу. Зворотність цього процесу виключно важлива, якщо економічно вигідно рекуперувати адсорбований газ або абсорбент.

**Метод хемосорбції** ґрунтується на поглинанні газів і парів твердими або рідкими поглиначами з утворенням малолетких або малорозчинних хімічних сполук. Поглинаюча здатність хемосорбента майже не залежить від тиску, тому хемосорбція доцільніша при невеликій концентрації шкідливих речовин у вихідних газах. Більшість реакцій, що протікають у процесі хемосорбції, є екзотермічними та зворотними, тому при підвищенні температури розчину хімічні сполуки розкладаються з виділенням вихідних елементів. На цьому принципі базується механізм десорбції хемосорбенту.

Прикладом хемосорбції може слугувати очищення газоповітряної суміші від сірководню із застосуванням миш'яково-лужного, еталоламінового та інших розчинів. При миш'яково-лужному методі вилучений із вихідного газу сірководень зв'язується оксисульфомиш'яковою сіллю, що знаходиться у водному розчині:



Регенерацію розчину здійснюють окисленням кисню, що виділяється в очищуваному повітрі:



У цьому випадку побічним продуктом є сірка.

**Метод термічної нейтралізації** ґрунтується на здатності горючих токсичних компонентів (гази, пари та дуже ароматні речовини) окислювання до менш токсичних за наявності вільного кисню та високої температури газової суміші. Цей метод застосовується у випадках, коли об'єми викидів надто великі, а концентрації забруднювальних речовин перевищують 300 млн.

Методи термічної нейтралізації шкідливих домішок у багатьох випадках мають переваги перед методами адсорбції та абсорбції. Відсутність шламів, невеликі габарити очисних установок, простота їх обслуговування, а також можливість автоматизації їх роботи, висока ефективність знешкодження шкідливих речовин та інші позитивні якості стали причиною їх широкого застосування у машинобудівній промисловості.

Ділянка застосування методу термічної нейтралізації шкідливих домішок обмежується характером утворених при окисленні продуктів реакції. Так, при спалюванні газів з вмістом фосфору, галогену, сірки утворені продукти реакції за токсичністю в декілька разів перевищують вихідний газовий викид. Виходячи з цього, метод термічного знешкодження може застосовуватися лише для викидів, що не містять токсичних компонентів. До них належать речовини органічного походження, до яких не входять галогени, сірка та фосфор.

**Каталітичний метод** використовують для перетворення токсичних компонентів промислових викидів у речовини, нешкідливі або малошкідливі для довкілля введенням у систему додаткових речовин – каталізаторів. Каталітичні методи ґрунтуються на взаємодії вилучених речовин з одним із компонентів, наявних в очищуваному газі. Каталізатор, взаємодіючи з однією із реагуючих сполук, утворює проміжну речовину, яка розпадається з утворенням продукту регенованого каталізатора.

Каталітичне окислення має деякі переваги над термічним, зокрема, характеризується короткочасністю процесу, невеликими габаритами реактора, значно нижчою температурою для нагрівання газів (до 300°C) тощо. Основним критерієм вибору каталізаторів є їх активність і довговічність.

Як каталізатори можуть застосовуватися метали (платина, паладій та інші метали) або їх сполуки (оксиди міді, марганця та ін.).

Про активність каталізатора свідчить кількість продукту, отриманого з одиниці об'єму каталізатора, або об'ємна швидкість каталітичного процесу, при яких забезпечується потрібний ступінь знешкодження оброблюваного газу. Об'ємну швидкість визначають як відношення

витрати газу, що обробляється ( $\text{м}^3/\text{год}$ ), приведеного до нормальних умов, до об'єму каталізаторної ( $\text{м}^3$ ). Ступінь знешкодження 0,85-0,95 переважно досягається при об'ємній швидкості від 2000 до 60 000  $\text{год}^{-1}$ .

Каталізаторна маса, як правило, виготовляється з кульок, кілець, пластин або дроту, сплетеного у вигляді спіралі із ніхрому, нікелю, оксиду алюмінію з нанесенням на їх поверхню (соті частки % до маси каталізатора) благородних металів. Каталітичний шар повинен створювати помірно незначний перепад тиску, забезпечити максимальну поверхню контакту з газовим потоком і максимальну довговічність каталізатора.

Об'єм каталізаторної маси визначають на основі максимальної швидкості знешкодження газу, яка, в свою чергу, залежить від природи і концентрації шкідливих речовин у відповідному газі, а також від температури й тиску каталітичного продукту та активності каталізатора.

**Біохімічний метод** очищення повітря від газів ґрунтується на здатності мікроорганізмів руйнувати й перетворювати різні сполуки. Речовини розпадаються під дією ферментів, вироблених мікроорганізмами під впливом окремих сполук або групи речовин, наявних у газах, що очищаються. Біохімічний метод газоочищення найбільше застосовується для очищення відвідних газів постійного складу. При частій зміні складу газу мікроорганізми не встигають адаптуватися до нових речовин і виробляють недостатню кількість ферментів для їх розкладання, внаслідок чого біологічна система матиме слабку руйнівну здатність відносно шкідливих компонентів газів. Високий ефект газоочищення досягається за умови, що швидкість біохімічного окислення вилучених речовин більша, ніж швидкість їх надходження із газової фази.

#### **Абсорбційне очищення атмосферного повітря від шкідливих газів**

Для вилучення із технологічних викидів таких газів, як аміак, хлористий або фтористий водень доцільно застосовувати як поглинач воду, оскільки розчинність газів у воді становить сотні грамів на 1 кг  $\text{H}_2\text{O}$ . При поглинанні з газів сернистого ангідриду або хлору витрата води є досить значною, оскільки їх розчинність становить лише частку грама на 1 кг води. У деяких випадках замість води застосовують водні розчини сірнистої кислоти (для вловлювання водяних парів), в'язкі масла (для вилучення ароматичних вуглеводнів із коксового газу) та ін.

Забруднений повітряний потік контактує з рідким розчинником, проходячи через насадкову колону, розпилюючи рідини, або бармотуючи газ через шар абсорбованої рідини. Залежно від реалізації способу контакту «газ-рідина» розглядають такі види очисних установок: насадні башти; форсункові та відцентрові скрубери; скрубери Вентурі; барбатажно-пінні скрубери; тарілчасті скрубери та інші очисні установки.

На рис. 2.9 зображена схема протитічної насадкової башти-абсорбера. В абсорбер через патрубок **1** надходить загазоване повітря з максимальним парціальним тиском, бармотує через шар рідини **5** (у

вигляді бульбашок) і виходить через патрубок 3 з мінімальним парціальним тиском. Погливна рідина протитечією поступає в апарат через розбризкувач 4 і виходить через патрубок 7. Процес абсорбції є гетерогенним, що протікає на межі «газ-рідина», тому для його прискорення застосовують різні пристрої, що збільшують площу контакту газу з рідиною.

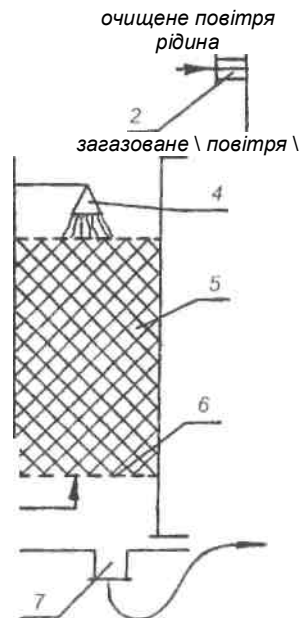
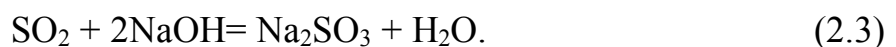


Рис. 2.9 – Схема башти-абсорбера:

1 – вхідний патрубок для загазованого повітря; 2 – патрубок для подачі рідини; 3 – вихідний патрубок для відведення очищеного повітря; 4 – розбризкувач; 5 – шар рідини з насадкою; 6 – сітка; 7 – вихідний патрубок для відведення забрудненої води

Для підвищення ефективності очищення повітря від пари розчинників, розріджувачів і газів застосовують хімічні поглиначі у вигляді водних розчинів електролітів (кислот, солей, лугів тощо). Наприклад, для очищення повітря від діоксиду сірки як поглинач (нейтралізатор) застосовують розчин лугу, в результаті реакції одержують сіль:



Рідина, що виводиться із абсорбера, підлягає регенерації, десорбуючи забруднювальну речовину, і повертається знову в процес (або відводиться як відходи).

Хімічно інертна насадка, яку додають у рідину, призначається для збільшення її поверхні, розтікається на сітці колони у вигляді плівки. Як насадку використовують тіла різної геометричної форми, кожна з яких характеризується власною питомою поверхнею та опором руху газоповітряного потоку. Типові форми насадок зображені на рис. 2.10.

Матеріали для виготовлення насадок (кераміка, фарфор, пластмаси, метали) вибирають, враховуючи антикорозійну стійкість.



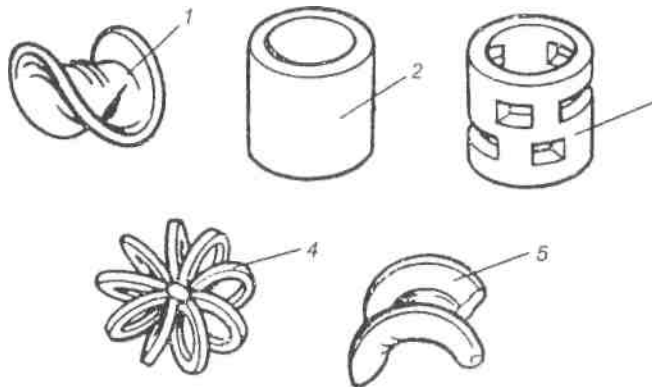


Рис. 2.10 – Типові форми насадок для абсорберів:

1 – сідло Берля; 2 – кільце Рашипа; 3 – кільце Палля; 4 – розетка Теллера; 5 – сідло «Інталюкс»

На промислових підприємствах часто можна побачити башти з ковпачковими тарілками. На рис. 2.11 наведена схема тарілкового абсорбера, в якому замість насадки встановлено декілька тарілок 1.

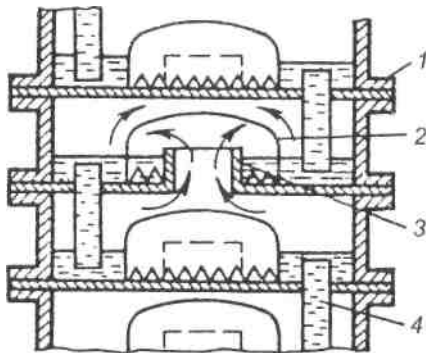


Рис. 2.11 – Схема ковпачково-тарілкового абсорбера:

1 – тарілка; 2 – ковпачок; 3 – патрубок; 4 – переливна трубка

Кожна тарілка обладнана ковпачками 2 із зубчастими краями, патрубками 3 і переливними патрубками 4. Абсорбент у цих апаратах стікає від тарілки до тарілки через переливні вертикальні трубки.

Очищуване повітря рухається знизу доверху в напрямку, вказаному стрілками, бармотуючи через шар рідини. Під час проходження між зубцями ковпачків загазоване повітря розподіляється на велику кількість струмочків і пухирців, унаслідок чого збільшується поверхня контакту взаємодіючих речовин. Іноді замість ковпачкових тарілок застосовують перфоровані пластини з великою кількістю дрібних отворів (діаметром 6 мм), що призначаються для створення пухирців газу однакової форми та розміру.

Такі абсорбери знаходять широке застосування у машинобудівній, металургійній та деревообробній промисловостях.

#### **Адсорбційне очищення атмосферного повітря від шкідливих газів**

При адсорбційному очищенні повітря від шкідливих газів одним із основних завдань є регенерація адсорбента або його рекуперація. Для цього необхідно, щоб у вибраному адсорбційному середовищі переважав процес фізичної адсорбції.

Адсорбентами в цьому випадку є речовини з великою площею

поверхні на одиницю маси. Так, питома поверхня активованого вугілля досягає  $10^5$ - $10^6$  м<sup>2</sup>/кг. Його застосовують для очищення повітря від парів органічних речовин, усунення неприємних запахів і газоподібних домішок, що містяться в незначних кількостях у промислових викидах, а також летких розчинників та інших газів. Адсорбентами можуть виступати прості та комплексні оксиди (активованій глинозем, силікагель, активованій оксид алюмінію, синтетичні цеоліти або молекулярні сита), які володіють більшою селективною здатністю, ніж активоване вугілля.

Одним із основних параметрів при виборі адсорбента є **адсорбційна здатність**, або маса речовини  $a$ , поглинена одиницею маси адсорбента в будь-який момент часу, залежність від концентрації адсорбованої речовини (парціального тиску  $P$ , Па) на поверхні адсорбента, загальної площі цієї поверхні, фізичних, хімічних та електричних властивостей адсорбованої речовини й адсорбента, температурних умов і наявності при цьому інших домішок.

Для характеристики адсорбційних властивостей пористих речовин використовують залежність адсорбційної здатності  $a$  від парціального тиску  $P$  погливного газового компонента при постійній температурі (ізотерму адсорбції)  $a = f(P)$  при  $T = const$ .

В основі інженерно-технічних розрахунків адсорбційного методу очищення повітря від газів є різновидність кривих, яка відображає рівновагу поглинаючого компонента з адсорбентом, тобто сітка ізотерм адсорбції. На рис. 2.12 зображені ізотерми адсорбції діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>) на активованому вугіллі СТК в діапазоні температур від 20 до 150°C.

З цього графіка видно, що із збільшенням температури зменшується адсорбційна здатність активованого вугілля. На цій властивості адсорбентів ґрунтується процес їх регенерації. Регенерацію здійснюють нагріванням адсорбента до температури вище робочої або продуванням його водяною парою чи гарячим газом.

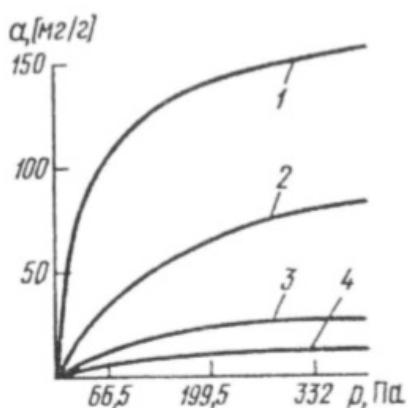


Рис. 2.12 – Ізотерми адсорбції SO<sub>2</sub> на активованому вугіллі СТК при різних температурах:

1 – 20°C; 2 – 50°C; 3 – 100°C;  
4 – 150°C (де  $a$  – маса погливної речовини).

Адсорбційні установки, що вловлюють пари розчинників і розріджувачів, які після додаткової обробки знову повертаються у

виробництво, називають рекупераційними. Такі установки широко застосовуються в машинобудівній та приладобудівній промисловостях (у малярних цехах), в опоряджувальних цехах меблевих підприємств, на підприємствах з виробництва скловолокна, склотканин, а також для видалення парів ефіру, ацетону, фурфуролу при виробництві нітроцелюлози. На рис. 2.13 наведена схема рекупераційної установки.

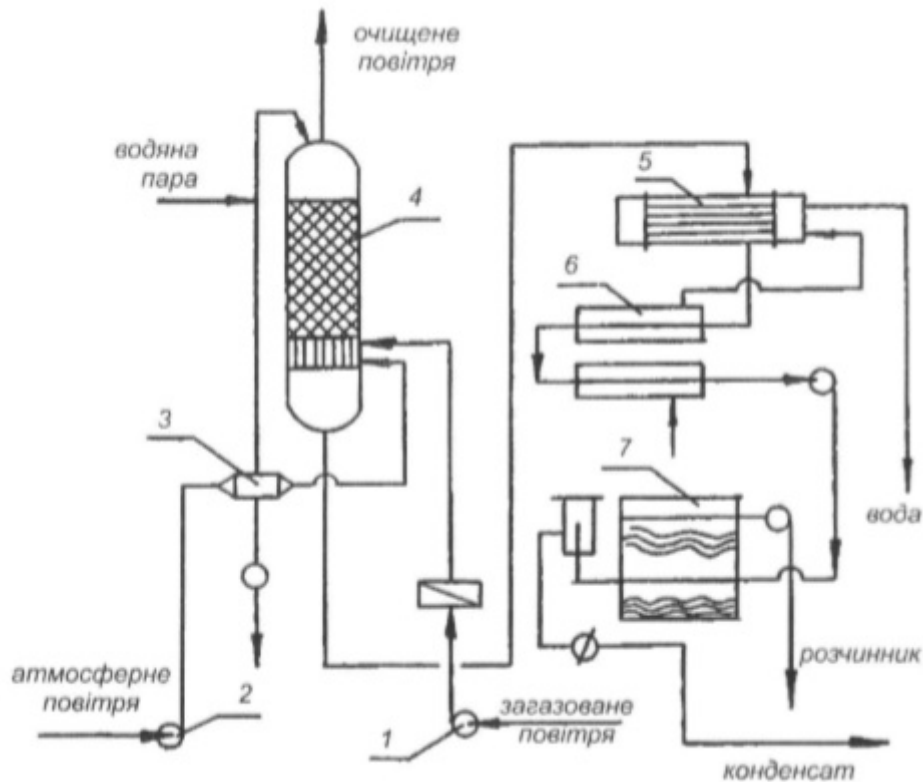


Рис. 2.13 – Схема рекупераційної установки:

**1, 2** – вентилятори; **3** – нагрівач; **4** – адсорбер; **5** – конденсатор;  
**6** – холодильник; **7** – сепаратор

Опишемо принцип роботи установки. Повітря, що містить пари розчинника, вентилятором **1** подається в адсорбер **4**. Пройшовши шихту адсорбера, очищене повітря викидається в атмосферу. Після спрацювання шихти потік повітря подають у паралельний адсорбер, а в попередньому адсорбері здійснюють десорбцію парів розчинника перегрітою водяною парою, що подається протитечією в напрямку подачі забрудненого повітря на стадії адсорбції. Суміш водяної пари та парів розчинника потрапляє в холодильну камеру **6**, де відбувається охолодження і конденсація водяної пари. Конденсат подається в конденсатор **5**, а далі виводиться за межі установки. Парі розчинника подаються у сепаратор **7** для висушування, а потім у фракціонатор, де вони розподіляються на легкі та важкі вуглеводні. Отримані компоненти поступають у спеціальні камери, де за певних умов

здійснюється перетворення газової суміші в рідку, після чого вже готовий розчинник подається у виробництво для повторного використання.

Ступінь «витягування» розчинника в таких установках досягає 95-99%, а його залишковий вміст у повітрі, що виходить з адсорбера, не перевищує  $0,5 \text{ г/м}^3$ .

На одну тону вловленого розчинника при концентрації  $10 \text{ г/м}^3$  витрачають:

- водяної пари ( $0,3-0,5 \text{ МПа}$ ), т 2-3,5;
- води для охолодження ( $15^\circ\text{C}$ ),  $\text{м}^3$  30-50;
- електроенергії, кВт х год. 100-250;
- активованого вугілля, кг 0,5-1,0;

Тривалість роботи одного завантаження – 10 000 циклів.

Продуктивність рекупераційних установок такого типу коливається від 10 до 150 тис.  $\text{м}^3$  очищення повітря за 1 годину, а концентрація в ньому парів розчинника змінюється від  $0,5$  до  $20 \text{ г/м}^3$ .

Адсорбційні установки добре себе зарекомендували при вилученні із гарячих топкових газів діоксиду сірки  $\text{SO}_2$ . На рис. 2.14 наведена схема адсорбційної установки для вилучення  $\text{SO}_2$ .

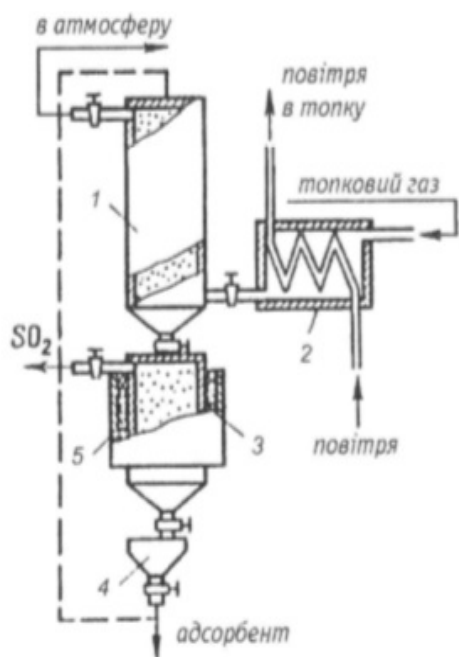


Рис. 2.14 – Адсорбційна установка для вилучення  $\text{SO}_2$  із гарячого топкового газу:

- 1 – адсорбент;
- 2 – теплообмінник;
- 3 – підігрівач; 4 – бункер;
- 5 – десорбер

Основним агрегатом установки слугує адсорбер 1, заповнений деревним активованим вугіллем. Гарячий топковий газ подається через теплообмінник 2, підігріває повітря, поступає в топку, після чого попадає в нижню частину адсорбера, де при температурі  $150-200^\circ\text{C}$  вилучається  $\text{SO}_2$ . Очищений димовий газ викидається в атмосферу через димову трубу. Адсорбент після насичення подається в десорбер 5, де за допомогою підігрівача 3 підтримується температура  $300-600^\circ\text{C}$ . Збагачений діоксидом

сірки газ виводиться з десорбера і може бути використаний для інших потреб. Регенований адсорбент поступає в бункер, а потім за допомогою ковшового елеватора подається у верхню частину адсорбера.

### ***Термічна нейтралізація шкідливих газів, що викидаються в атмосферу.***

Розглядають три схеми термічної нейтралізації газових викидів в атмосферне повітря: пряме спалювання шкідливих речовин у полум'ї, термічне окислення та каталітичне спалювання. Пряме спалювання у полум'ї та термічне окислення проводять при температурах 600-800°C, а каталітичне спалювання – при 250-450°C. Вибір схеми нейтралізації визначається хімічним складом забруднюваних речовин, їх концентрацією, початковою температурою газових викидів, об'ємною витратою та гранично допустимими нормами викиду цих речовин.

Пряме спалювання слід використовувати тільки в тих випадках, коли відвідні гази забезпечують підвід значної частини енергії, необхідної для здійснення процесу. Однією з проблем, що ускладнює пряме спалювання, є висока температура (1300°C), що може спричинити утворення шкідливих оксидів азоту.

Нині існує ряд конструктивних варіантів прямого спалювання шкідливих речовин у закритій камері. Основними вимогами до таких камер є високий ступінь турбулентності газоповітряного потоку та обмежений час перебування газу в камері – 0,2-0,7 с. Найбільш поширеною ділянкою застосування камерних доспалювачів з відкритим полум'ям є доспалювання газів для видалення органічних відходів від лакофарбових цехів машинобудівних і деревообробних підприємств, відвідних газів та оксидів азоту, що утворюються в процесі нітрування тощо.

На рис. 2.15 наведена схема установки очищення газових викидів лакофарбового виробництва.

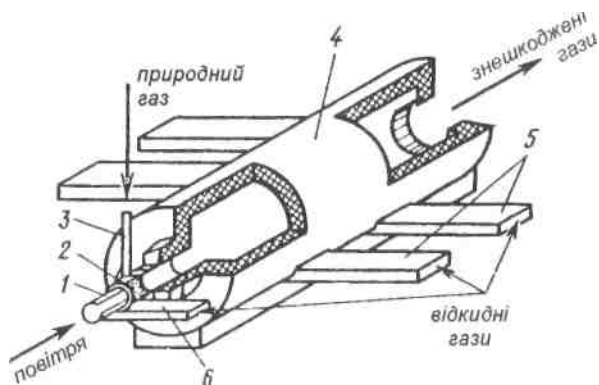


Рис. 2.15 – Схема установки для очищення газоподібних викидів лакофарбового виробництва

Установка – це циклонна топка з газовим пальником і камерою розведення газів після їх очищення. Опишемо принцип роботи установки. Повітря, забруднене токсичними газами органічних речовин (толуол,

ксилол та ін.), поступає у вихровий двозонний пальник **2** каналом **6** і далі у внутрішню порожнину печі **4** через тангенціальні канали **5**. Природний газ подається у пальник через трубу **3**. Час перебування газу в порожнині не менше 0,5 с і контакт з розжареними стінками камери забезпечує повноту їх згоряння. Атмосферне повітря подається через центральну трубу **1** пальника тільки при знешкодженні викидів з вмістом менше 15% кисню. Запуск установки, виведення у робочий режим та його підтримка здійснюється за допомогою блоку автоматичного керування.

**Термічне окислення** застосовують тоді, коли температура викидних газів висока, але вони не містять достатньої кількості кисню, або коли недостатня концентрація горючих домішок для забезпечення підведення кількості тепла, необхідної для підтримування полум'я. Важливими факторами, що повинні враховуватися при проектуванні установок для термічного окислення, є час, температура та турбулентність.

Одна із найпростіших установок, що використовуються для вогневого знешкодження технологічних і вентиляційних низькотемпературних викидів, зображена на рис. 2.16. Установка працює таким чином. Забруднений викидний газ надходить через вхідний патрубок **1** та порожнину теплообмінника-підігрівача **3** у V-подібну порожнину його колектора. При цьому горючі компоненти вихідних газів доводять до необхідної температури й спалюють у кисні, наявному у потоці забруднюваного газу.

Процес доспалювання відбувається у камері змішування **4**, де хвостова частина факелу контактує із знешкодженими викидами при їх турбулізації перегородками камери. Вихідні газу, що проходять через патрубок **5**, викидаються в атмосферу або пропускаються через додатковий теплообмінник для рекуперації тепла гарячих газів.

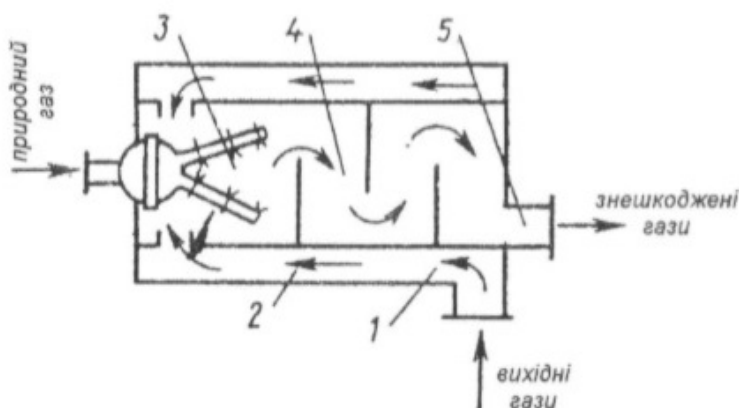


Рис. 2.16 – Схема установки для вогневого знешкодження технологічних і вентиляційних викидів

### **Каталітичне очищення атмосферного повітря від викидів шкідливих газів.**

Каталітичне очищення ґрунтується на процесі знешкодження шкідливих домішок, зокрема метену, етилену, пропілену, пропану,

ацетону, етилацетату, бензолу, ксилолу, толуолу та ін. Температура початку окислення на каталізаторах для різних речовин є неоднаковою (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Значення оптимальних температур окислення деяких речовин

Речовини, що окислюються	Температура початку окислення, °С	Речовини, що окислюються	Температура початку окислення, °С
Ацетилен	207-234	Оксид вуглецю	316-343
Альдегіди	173-234	Пропан	293-332
Бензин	261-298	Розчинник	260-400
Бензол	277-300	Толуол	200-250
Ксилол	300-340	Фенол	216-427
Нітротолуол	265-297	Етанол	261-293

Дослідження багатьох вітчизняних і зарубіжних учених засвідчують, що для кожного каталізатора існує граничний температурний рівень. Для багатьох каталізаторів максимальна робоча температура становить 800-850°С.

В інженерній практиці нині відомі два конструктивні варіанти газоочисних каталітичних установок:

- **каталітичні реактори**, в яких здійснюється контакт газоповітряного потоку з твердим каталізатором, розташованим в окремому корпусі;

- **термокаталітичні реактори** (апарати), в яких у загальному корпусі розташовані контактний вузол і підігрівач.

Найпростішу конструкцію має **каталітичний реактор** уніфікованого збирального комплексу типу УКС-39, розроблений Мінським конструкторсько-технологічним інститутом (МКТЕІ). Це прямокутний зварювальний теплоізолюваний корпус, в якому одна із стінок знімна для забезпечення можливості монтажу (демонтажу) касети з каталізатором. Реактор призначений для обладнання в комплексі з електропідігрівачем і спеціальним крапельним теплообмінником сушарок фарбувальних ліній, що працюють на машинобудівних, меблевих, приладобудівних та інших промислових підприємствах.

На підприємствах машинобудівної, меблевої, текстильної та автомобільної промисловостей найбільш поширеними є термокаталітичні реактори, до складу яких входять реактор тепла, підігрівач і контактний вузол. На рис. 2.17 наведена схема каталітичного реактора, призначеного для очищення повітря від парів толуолу.

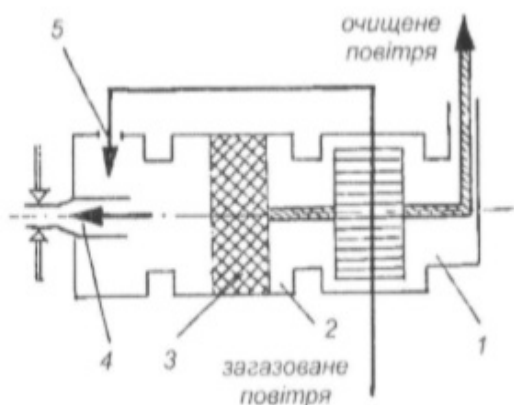


Рис. 2.17 – Схема каталітичного реактора:

- 1 – теплообмінник-рекуператор;  
 2 – контактний пристрій;  
 3 – каталізатор; 4 – пальник;  
 5 – підігрівач

Опишемо принцип дії такого реактора. Забруднене толуолом повітря потрапляє в теплообмінник-рекуператор *1* для попереднього підігрівання, звідки через обхідний канал поступає в підігрівач *5*. Одночасно до пальника *4* подається природний газ, який згоряє. Продукти згоряння природного газу змішуються із загазованим повітрям, підвищуючи його температуру до 250-350°C, тобто до такого рівня, при якому відбувається інтенсивна оксидація толуолу з утворенням нетоксичних продуктів – діоксиду вуглецю та водяної пари:



Процес хімічного перетворення відбувається на поверхні каталізатора *3*, розташованого в контактному вузлі *2*. Суміш повітря та продуктів хімічної реакції при температурі 350-450°C подається у рекуператор *1*, де віддає тепло забрудненій газоповітряній суміші, а потім після певного охолодження через канали виводиться в атмосферу в очищеному вигляді.

Перед початком каталітичного очищення повітря від будь-яких газів досить важливим є визначення необхідної товщини каталізатора:

$$t_k = \frac{Q_n(C_1 - C_2)}{S_k \rho_{nn} S_{nn} W_\Gamma} \quad (2.5)$$

де  $Q_n$  – витрата повітря, м<sup>3</sup>/с;

$C_1$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі до очищення, моль/м<sup>3</sup>;

$C_2$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі після очищення, моль/м<sup>3</sup>;

$S_k$  – площа шару каталізатора, м<sup>2</sup>;

$\rho_{nn}$  – насичена густина каталізатора, кг/м<sup>3</sup>;



$S_{nn}$  – питома поверхня каталізатора кг/м<sup>3</sup>;

$W_T$  – швидкість гетерогенної каталітичної реакції, моль/(м<sup>2</sup> с).

Ефективність очищення каталітичного реактора становить 0,95-0,98 при витраті природного газу 3,5-4,0 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>3</sup> очищеного повітря. Гідравлічний опір реактора при номінальному навантаженні (800-900 м<sup>3</sup>/год) не перевищує 150-180 Па. Швидкість процесу каталітичного очищення знаходиться в межах від 8000 до 10 000 об'ємів на об'єм каталітичної маси в годину.

### 2.2.6 Порівняльний аналіз методів очищення та роботи пилогазоочисного обладнання

Зараз існують два способи пиловловлювання: *сухий* і *мокрый*. До сухого способу належать: механічний, електричний та акустичний.

Конструкція пиловловлювачів та їх тип безпосередньо залежать від дисперсності пилу та ефективності його вловлювання.

Залежно від розмірів частинок пилу та ефективності його вловлювання пиловловлювачі поділяються на 5 класів (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Класифікація пиловловлювачів

Клас пило- вловлю- вачів	Розміри ефективно вловлюваних частинок пилу, мкм	Ефективність за масою пилу, % при класифікаційній групі пилу за дисперсією				
		I	II	III	IV	V
I	Понад 0,3...0,5	-	-	-	99,9-80	<80
II	Понад 2	-	-	99,9-92	92-45	-
III	Понад 4	-	99,9-99	99-80	-	-
IV	Понад 8	>99,9	99,9-95	-	-	-
V	Понад 20	>99	-	-	-	-

Межі ефективності для кожного класу пиловловлювачів відповідають межах зон класифікаційних груп пилу за дисперсністю. У кожному випадку перше значення співпадає з нижньою межею відповідної зони, друге – з верхньою.

Пиловловлювачі застосовують насамперед для вловлювання з повітря пилу II, III, IV груп за дисперсністю. Пил V групи, як правило, не вловлюється ефективно пиловловлювачами внаслідок його високої дисперсності.

Характеристика пиловловлювачів для очищення вентиляційних

викидів пилу на промислових підприємствах наведена у табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Характеристика основних видів пиловловлювачів

Вид пиловловлювача	Тип пиловловлювача	Клас пиловловлювача за ефективністю	Сфера доцільності застосування пиловловлювача					Опір повітря, Па	
			Класифікаційна група за дисперсністю						
			I	II	III	IV	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Гравітаційні	Пилоосадні камери	V	1	1					100-200
Інерційні	Циклони великої пропускної здатності: поодинокі (ЦН-15; ЦН-24)	V	1	1					400-600
	– групові (ЦН-15)	V	1	1					500-700
Інерційні	Циклони високої ефективності (поодинокі)	IV		1	1				1200-2000
	Мокро плівкові циклони (ЦВП, ПСП)	IV		1	1				600-1000
	Циклони-промивальники (СИОТ)	III		1	1				600-1500
Інерційні	Струменеві мокрі пиловловлювачі	III			1				800-1200
	типу ПВМ (ПВМК, ПВМС, ПВМП)	II			1	1			1500-4000
	Крапельні пиловловлювачі типу Вентурі (КМП)	II			1	1			2000-3000

Продовження табл. 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тканинні	Рукавні пиловловлювачі (СМУ-101; ГЧ-БФМ, ФПК)	II			1	1		1200-2000
	Сітчасті пиловловлювачі (капронові металеві сітки для вловлювання волокнистого пилю)	V				1		100-400
Волокнисті	Вловлювачі аерозолів кислот, лугів ФВГ-Т	II	1					500
Електричні	Вловлювачі туману мастил, масляних діелектричних рідин УУП	II				1	1	50-100

У таблиці 2.12 не розглядаються пиловловлювачі I класу, що відрізняються від інших значною витратою енергії (високо напірні пиловловлювачі Вентурі), складністю та високою вартістю експлуатації (багатоопільні електричні пиловловлювачі та ін.), які рідко застосовуються в системах вентиляції. Проте необхідно відзначити, що пиловловлювачі IV і V класів доцільно застосовувати у вентиляційних системах для очищення повітря до допустимих норм лише за умови, якщо початкова концентрація пилю в повітрі порівняно незначна. Внаслідок цього сухі пиловловлювачі IV і V класів необхідно застосовувати переважно для першого ступеня очищення повітря при наявності відповідного обґрунтування, наприклад, перед мокрими пиловловлювачами вищих класів з метою зменшення кількості утворення шламу або перед застосування сухих пиловловлювачів, якщо з технологічних міркувань доцільне відокремлення крупних фракцій пилю.

Пиловловлювачі I класу призначені для ефективного вловлювання пилю IV групи за дисперсією (табл. 2.12). Верхня межа дисперсності такої

групи пилу відповідає диму металургійних печей, а також конденсаційним туманам кислот і мастил, що утворюються на хімічних і нафтопереробних підприємствах.

Вловлювання пилу III групи (розмір частинок більше 2 мкм) легко здійснюється в пиловловлювачах типу Вентурі II класу, а також у різних тканинних та електричних пиловловлювачах II класу при звичайних режимах використання. З інерційних пиловловлювачів вимогам II класу можуть відповідати також струменеві пиловловлювачі типів ПВМ, «Ротоклон» та ін. при опорі 3000-3500 Па.

До цього класу належать волокнисті пиловловлювачі дрібнодисперсного туману кислот і лугів ФВГ-Т та електричні вловлювачі мінеральних масел (мастил) та інших діелектричних рідин.

Струменеві пиловловлювачі успішно використовуються для вловлювання пилу розміром частинок понад 4 мкм при опорі 800-1200 Па. Вимогам пиловловлювачів III класу при аналогічному опорі відповідають деякі різновиди пиловловлювачів циклонного типу, що змочуються водою. Електричні пиловловлювачі для вловлювання частинок такої дисперсності не застосовують.

Тканинні пиловловлювачі з рукавами з легких тканин інколи застосовують для вловлювання пилу II і III групи органічного та синтетичного походження. Ці пиловловлювачі широко використовують на текстильних і деревообробних підприємствах.

Найбільш розповсюдженими пиловловлювачами IV класу є сухі циклони СН, СКН, УЦ, СИОТ, а також мокрі плівкові циклони ЦВП, ПСП-ВТН з опором від 500 до 2000 Па. Пиловловлювачі IV класу ефективно вловлюють пил II групи, а деякі з них застосовуються і для вловлювання пилу III групи, хоч ефективність циклонів при вловлюванні, наприклад, цементного пилу рідко перевищує 70%.

До пиловловлювачів V класу відносять циклони середньої ефективності великого діаметру, які добре себе зарекомендували при великих пилових навантаженнях (циклони типу ЦН-24), а також пилоосаджувальні (гравітаційні) камери.

Значного поширення на промислових підприємствах набули пиловловлювачі мокрого очищення повітря від пилу, особливо дрібнодисперсного  $a > 0,3-1,0$  мкм у гарячих і вибухонебезпечних повітряних сумішах. Однак, слід відзначити низку недоліків мокрих пиловловлювачів: утворення шламу, що потребує спеціальних систем для його переробки; викид вологи в атмосферу; необхідність створення зворотних систем водопостачання. Водночас необхідно відзначити, що вказані недоліки незначно звужують сферу застосування мокрих пиловловлювачів. Ці пиловловлювачі часто можна побачити на машинобудівних, ливарних, металургійних, нафтодобувних, деревообробних та інших підприємствах.

Пиловловлювачі мокрого очищення працюють за принципом осідання частинок пилу на поверхню крапель рідини або на плівку рідини під впливом сил інерції й броунівського руху молекул. Крім цього, на процес осідання частинок впливають: турбулентна дифузія, взаємодія електрично заряджених частинок пилу; процеси конденсації; випаровування та ін. У всіх випадках очищення повітря у мокрих пиловловлювачах важливим фактором є змочуваність частинок пилу рідиною. Чим більша змочуваність, тим ефективніший процес очищення.

Пиловловлювачі такого виду характеризуються наявністю ємності, заповненої водою. Улаштування та експлуатація систем мокрого очищення повітря значно полегшується, якщо підведення води до зон контакту здійснюється внаслідок її циркуляції всередині самого пиловловлювача. Накопичений у ньому шлам може відводитися безперервно або періодично, за допомогою механічних транспортерів або гідравлічним способом.

Витрата води визначається втратами на випаровування та з виділенням шламу. При видаленні шламу механічними скребковими транспортерами або вручну витрата води є мінімальною й становить всього 2-5 г на 1 м<sup>3</sup> повітря. При періодичному змиванні згущеного шламу витрата води становить у середньому 10 г на 1 м<sup>3</sup> повітря, а при постійному зливанні витрата води не перевищує 100-200 г на 1 м<sup>3</sup> повітря.

Мокрі пиловловлювачі поділяються на: скрубери Вентурі, відцентрові, струменеві, вентиляційні, пристрої ударно-інерційного типу, бармотажні та ін.

Скрубери Вентурі належать до найбільш поширених очисних установок на машинобудівних, металургійних і деревообробних підприємствах. Скрубери Вентурі забезпечують високу ефективність очищення пилу – аерозолі з середнім розміром частинок 1-2 мкм при початковій концентрації домішок до 100 г/м<sup>3</sup>.

Мокрі відцентрові пиловловлювачі використовують сили інерції, що виникають при плавному викривленні потоку запиленого повітря. Пиловловлювач має вигляд вертикального циклона з тангенціальним підводом запиленого повітря. Нижня частина корпусу циклона заповнена водою, яка закручується повітряним потоком, змочуючи стінки апарата та створюючи, крім цього, за віссю обертання «тромб» як в природних смерчах. Пил залишається на змочених стінках. У деяких випадках вісь обертання доцільно розташовувати горизонтально.

На промислових підприємствах часто застосовують барботажні пиловловлювачі. Ці пиловловлювачі працюють за принципом барботування суміші води й піни. У апараті запилене повітря надходить під решітку, а далі – через її отвори, і, барботуючи через шар води й піни, очищається від частинок пилу їх осіданням на внутрішній поверхні повітряних бульбашок, які спливають на поверхню води. Ефективність

процесу очищення повітря в основному залежить від швидкості барботування. Найбільша ефективність очищення повітря від дрібнодисперсного пилу досягає 0,95.

Вентиляторні пиловловлювачі часто використовуються на промислових підприємствах. За конструкцією вони прості та компактні – це їх значна перевага. У найпростіших конструкціях вентиляторних пиловловлювачів виділення пилу із повітряного потоку здійснюється в кожусі вентилятора. Значно більше зацікавлення викликають вентиляторні пиловловлювачі, в яких використовуються інерційні процеси, що відбуваються в каналах лопаткових робочих коліс.

Тумановловлювачі. Для очищення повітря від туманів кислот, лугів, мастил для інших рідин використовують волокнисті фільтри, принцип дії яких ґрунтується на осадженні крапель на поверхні пор з наступним стіканням рідини під дією сил маси. Тумановловлювачі поділяються на низькошвидкісні ( $V < 0,15$  м/с), в яких переважає механізм дифузійного осадження крапель, і високошвидкісні ( $V = 2-2,5$  м/с), де осадження здійснюється переважно під дією інерційних сил. Характеристики тумановловлювачів різних типів наведені у табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Характеристики тумановловлювачів

Тип тумановловлювача	Швидкість фільтрації, м/с	Гідравлічний опір, кПа	Ефективність очищення частинок розміром, мм		
			До 1	1-3	3-10
Низькошвидкісні	-0,01-0,1	0,5-5,0	0,92-0,99	0,96-1,0	1,0
Високошвидкісні	-1,0-10,0	1,5-8,0	0,50-0,85	0,85-0,97	0,95-1,0
Сіткові пакети	2,5-4,5	0,2-1,0	0,20-0,40	0,70-0,90	0,90-0,98

### 2.2.7 Паспортизація пилогазоочисного обладнання

Паспортизація пилогазоочисних установок та оформлення актів перевірки відповідності фактичних параметрів роботи установок очищення газу проектним (ефективність роботи ГОУ) виконується відповідно наказу Мінприроди №52 від 06.02.2009 р. «Про затвердження Правил технічної експлуатації установок очищення газу».

Правила технічної експлуатації установок очищення газу розроблені відповідно до Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища» та «Про охорону атмосферного повітря», постанови Кабінету Міністрів України від 02.11.2006 р. №1524 «Про затвердження Положення про Міністерство охорони навколишнього природного середовища».

України» та від 17.11.2001 р. №1520 «Про затвердження Положення про Державну екологічну інспекцію».

Установка очищення газу (далі – ГОУ) – комплекс споруд, призначений для відводу, транспортування та вловлювання з газопилового потоку, що відводиться від технологічного обладнання, наявних у ньому забруднювальних речовин. ГОУ складається з газоочисних апаратів, допоміжного обладнання, контролюючих приладів і комунікацій.

Вимоги цих Правил є обов'язковими для виконання суб'єктами господарювання (фізичними і юридичними особами), які розміщують, проектують, будують, реконструюють, технічно переозброюють, експлуатують ГОУ.

Ці Правила поширюються на установки очищення викидів пересувних джерел, джерел біологічного та радіоактивного забруднення, джерел викидів іонізуючих випромінювань і на технологічні ГОУ.

Відповідальними за додержання вимог цих Правил є суб'єкти господарювання, які зобов'язані:

1) Забезпечувати безперебійну ефективну роботу і безпечну експлуатацію ГОУ, підтримувати у справному стані споруди, устаткування та апаратуру для очищення викидів відповідно до вимог цих Правил.

2) Призначити осіб, відповідальних за:

- технічний стан, обслуговування і безпечну експлуатацію ГОУ;
- проведення поточних, планових і капітальних ремонтів;
- утримання у справному стані пристроїв відбору проб, систем контролю та засобів автоматики;

- належне розташування та обладнання місць відбору проб та вимірювання параметрів газопилового потоку згідно з вимогами чинного законодавства;

- технічний стан, обслуговування і безпечну експлуатацію ГОУ;
- проведення поточних, планових і капітальних ремонтів;
- утримання у справному стані пристроїв відбору проб, систем контролю та засобів автоматики;

- належне розташування та обладнання місць відбору проб та вимірювання параметрів газопилового потоку згідно з вимогами чинного законодавства;

- здійснення інструментально-лабораторних вимірювань параметрів викидів забруднювальних речовин та ефективності роботи ГОУ;

- ведення журналу обліку робочого часу ГОУ.

3) На основі цих Правил, рекомендацій проектних організацій та відповідної документації, яка додається до ГОУ, що експлуатується суб'єктом господарювання, розробити і затвердити інструкцію з експлуатації ГОУ відповідно до умов їх роботи.

4) Проводити не менше одного разу на три роки технічне навчання і перевірку знань інженерно-технічного персоналу та не менше одного разу на рік обслуговуючого персоналу, залученого до експлуатації ГОУ. Результати перевірки знань оформлюються протоколом засідання комісії з перевірки знань з правил технічної експлуатації установок очищення газу.

5) Розробити паспорт на кожен ГОУ та провести його реєстрацію.

6) Здійснювати перевірку на відповідність фактичних параметрів роботи ГОУ проектним показникам (далі – ефективність роботи ГОУ) два рази на рік для забруднювальних речовин I-II класів небезпеки, що підлягають очищенню, один раз на рік – для забруднювальних речовин III-IV класів небезпеки, що підлягають очищенню.

7) Якщо клас небезпеки забруднювальних речовин не визначений, перевірка відповідності фактичних параметрів роботи ГОУ проектним показникам здійснюється з періодичністю, встановленою для забруднювальних речовин I-II класів небезпеки.

8) Результати перевірки ефективності роботи ГОУ оформлювати актом перевірки відповідності фактичних параметрів роботи установки очищення газу проектним (ефективність роботи ГОУ) на джерелі викиду.

Оригінал акту додається до паспорта ГОУ. Перевірку ефективності роботи ГОУ здійснюють лабораторії, які атестовані на право проведення необхідних інструментально-лабораторних вимірювань.

Для розроблення паспорта на пилогазоочисне обладнання (ПГОУ) підприємства Суб'єкту господарювання необхідно надати Розробнику наступні матеріали:

- Повна назва та місцезнаходження підприємства.
- Посада, прізвище, телефон керівника підприємства.
- Посада, прізвище, телефон особи, яка відповідає за зберігання та ведення паспорта.
- Найменування і призначення установки очищення газу, автор проекту, рік введення в експлуатацію.
- Паспортні дані технологічного обладнання, під'єданого до ПГОУ.
- Паспортні дані вентилятора ПГОУ.
- Номер вентиляційної системи та номер джерела викиду.
- Схема установки очищення газу (наводиться схематично газовідвідний тракт від технологічного агрегату до місця викидання або надходження газопилового потоку (газу) в атмосферне повітря та креслення загального вигляду апарата з розмірами та розрізами). Аксонометрична схема утворення та відведення забруднювальних речовин від технологічного обладнання надається обов'язково під час нового проектування (будівництва).



- Відомості про проведені ремонти, заміну або модернізацію установки очищення газу.

Основними етапами розробки паспортів ГОУ, ПГУ є:

а) обстеження стану газоочисного або пиловловлюючого обладнання;

б) проведення необхідних замірів;

в) складання відповідних паспортів;

г) узгодження та реєстрація паспортів в органах Мінприроди.

Перелік найбільш широко поширеного в промисловості пилогазоочисного обладнання для якого необхідна наявність паспорта ГОУ/ПОУ:

- рукавні й фільтри (тканинні фільтри);

- скрубера і циклони (у тому числі групи циклонів);

- біологічні та іонообмінні фільтри;

- електрофільтри і газоконвектор.

## **2.3 Сучасні перспективні технології та обладнання захисту атмосфери**

### *2.3.1 Екологічні аспекти при проектуванні та випробуваннях сучасних технологій захисту атмосфери*

#### ***Природоохоронні технології захисту навколишнього середовища***

Під природоохоронними технологіями захисту навколишнього природного середовища розуміють комплекс технологічних, технічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження чи повне виключення антропогенного забруднення біосфери.

Універсальних методів захисту навколишнього середовища, які радикально вирішують проблему боротьби з забрудненнями, поки що не існує, і тільки поєднання декількох, раціонально підібраних і науково обґрунтованих заходів в кожному конкретному випадку може привести до бажаних ефективних результатів охорони природного середовища.

Для захисту від антропогенних забруднень застосовують такі методи:

- ***технологічні*** – безпосередній вплив на технологічні процеси, які є джерелами забруднення, тобто активне втручання в технологію;

- ***організаційно-технічні*** – зменшення концентрацій і рівня забруднень на шляху їх розповсюдження в біосфері, тобто невтручання в технологію, а тільки боротьба з уже утвореними внаслідок технологічного процесу забрудненнями шляхом використання технічних засобів захисту і проведення організаційно-планувальних заходів.

При використанні технологічних методів проблема ліквідації

забруднень вирішується радикально, але їх розроблення і впровадження пов'язані з трудомісткими і дорогими заходами, а саме:

- реконструкцією підприємств і зміною існуючої технології;
- значними капітальними витратами;
- проведенням спеціальних науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт;
- вирішенням складних технологічних і організаційних задач не тільки науково-технічного, а і соціально-економічного плану.

Незважаючи на проведення такого складного комплексу заходів, вирішити питання захисту навколишнього середовища тільки технологічними методами не завжди можливо. Тому ще широко застосовують організаційно-технічні методи, незважаючи на те, що вони менш ефективні й захист навколишнього середовища в цьому випадку носить локальний характер.

Загальна класифікація методів захисту навколишнього середовища наведена на рис. 2.18, з розгляду якого виходить, що при проведенні технологічних заходів для боротьби з забрудненнями навколишнього середовища застосовують прямі й побічні методи.

**Прямі методи** дозволяють знизити масу, об'єм, концентрацію і рівень забруднень безпосередньо в джерелі їх утворення при основному технологічному процесі. Наприклад: поліпшення якості палива (зниження в ньому вмісту сірки – основного забруднювача атмосфери при спалюванні), удосконалення топкових пристроїв, форсунок і пальників, переведення автотранспорту з бензинового на газове паливо чи на електроживлення (електромобілі) тощо.

**Побічні методи** не забезпечують безпосереднього зниження рівня забруднень в джерелі при основному технологічному процесі, але дозволяють знизити до мінімуму або виключити їх утворення при проведенні наступних технологічних процесів. Наприклад:

- наближення форми і розмірів заготовки до форми і розмірів оброблюваних деталей машин, а також зменшення припусків внаслідок використання більш прогресивних методів лиття і оброблення тиском дозволяють знизити забруднення навколишнього природного середовища при переробленні металевої стружки і пилу, які утворюються при виготовленні деталей на металооброблювальних верстатах;
- заміна процесу травлення (що неминує супроводжується утворенням токсичних стоків) на голкофрезерування, при якому шкідливі відходи практично не утворюються;
- заміна початкових неутилізованих матеріалів на утилізовані, що забезпечує повну утилізацію всіх відходів тощо.

**Вищою формою вдосконалення технології виробництва є створення замкнутих технологічних процесів, систем оборотного водопостачання і безвідходної технології**, що можливо тільки при

поєднанні прямих і побічних методів.



Рис. 2.18 – Класифікація природоохоронних методів захисту навколишнього середовища від антропогенних забруднень

Під безвідходною технологією розуміють замкнуті технологічні процеси, при яких відходи попереднього процесу є початковою сировиною для наступного. Прообраз цієї технології є кругообіг речовин і енергії в природі. Впровадження на всіх етапах виробництва безвідходної технології дозволить повністю зняти проблему антропогенного забруднення біосфери.

Організаційно-технічні методи, застосування яких не пов'язано з безпосереднім впливом на джерело забруднення, застосовують для захисту навколишнього середовища такими шляхами:

- розосередження джерел забруднення. Воно не захищає безпосередньо навколишнє природне середовище, але дозволяє понизити локальне навантаження шкідливих речовин на біосферу до допустимих концентрацій і рівнів, з нейтралізацією яких природа справляється ще сама;

- локалізація джерел забруднення за рахунок ізоляції, герметизації, екранування, а також захоронення відходів, що дозволяє обмежити розповсюдження забруднювачів в біосфері;

- очищення (повного чи до допустимих концентрацій) викидів, що поступають в біосферу за допомогою спеціальних технічних пристроїв і апаратів, які використовують фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біохімічні способи очищення і обеззаражування забруднювачів.

Під безвідходною технологією розуміють замкнуті технологічні процеси, при яких відходи попереднього процесу є початковою сировиною для наступного. Прообраз цієї технології є кругообіг речовин і енергії в природі. Впровадження на всіх етапах виробництва безвідходної технології дозволить повністю зняти проблему антропогенного забруднення біосфери.

Організаційно-технічні методи, застосування яких не пов'язано з безпосереднім впливом на джерело забруднення, застосовують для захисту навколишнього середовища такі шляхи:

- розосередження джерел забруднення. Воно не захищає безпосередньо навколишнє природне середовище, але дозволяє понизити локальне навантаження шкідливих речовин на біосферу до допустимих концентрацій і рівнів, з нейтралізацією яких природа справляється ще сама;

- локалізація джерел забруднення за рахунок ізоляції, герметизації екранування, а також захоронення відходів, що дозволяє обмежити розповсюдження забруднювачів в біосфері;

- очищення (повного чи до допустимих концентрацій) викидів що поступають в біосферу за допомогою спеціальних технічних пристроїв і апаратів, які використовують фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біохімічні способи очищення і обеззаражування забруднювачів.

На сьогоднішньому рівні розвитку технології застосування

організаційно-технічних методів є основним способом боротьби з забрудненням навколишнього природного середовища. При цьому перевага віддається розробленню і удосконаленню пристроїв і апаратів очищення викидів в біосферу.

### *2.3.2 Перспективні методи, технології захисту атмосфери (за галузями), що відповідають сучасному розвитку новітніх технологій*

Екологічна ситуація в Україні являється складною: високий рівень забруднення усіх природних ресурсів та зменшення якості екологічних послуг відображає поглиблення кризи у взаємодії суспільства та навколишнього природного середовища, підпорядкування інтересів охорони довкілля отриманню економічної вигоди. Перевитрата природних ресурсів продовжує збільшуватися, поступово приводячи до руйнування екосистем, накопичення відходів, забруднення всіх компонентів природи і зміни клімату. Негативні процеси, що відбуваються в природному середовищі, складають загрозу для здоров'я та життя населення. Зокрема, перш за все необхідно відзначити критичний стан атмосферного повітря, наслідками якого є збільшення рівня захворюваності та смертності населення. До основних антропогенних факторів розвитку екологічної кризи в Україні належать передусім промислові комплекси – великі споживачі сировини, енергії, води, повітря, земельних просторів і водночас найпотужніші джерела практично всіх видів забруднень (механічних, хімічних, фізичних, біохімічних).

Така небезпечна екологічна ситуація на Україні вимагає посилення уваги до проблем екологізації виробництва на всіх рівнях, і, в першу чергу, на рівні підприємств – реальних природокористувачів. Вони повинні при прийнятті всіх стратегічно важливих рішень орієнтуватися не тільки на досягнення високих показників економічної ефективності, але і враховувати вплив на довкілля. Часто вирішення невідкладних екологічних проблем підприємствами відкладається на другий план, і це призводить до збільшення негативного антропогенного навантаження.

Однією із проблем, що призводить до великих екологічних втрат, є бажання товаровиробників одержувати високі прибутки, а матеріально-технічна та технологічна бази більшості підприємств є застарілими, і, як наслідок, в несприятливих еколого-економічних умовах постійно виникають великі, не лише екологічні, а й соціально-економічні втрати та збитки. Тому для України вкрай актуальною є зміна існуючої екологічної політики, значна роль в якій повинна відводитися екологізації промислового виробництва на базі сучасних ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій.

У 2011 році у щорічному рейтингу країн світу за індексом екологічної сталості, що враховує успіх країн у зниженні впливу

забруднення довкілля внаслідок економічної діяльності на здоров'я людей та природні екосистеми, Україна зайняла 102 місце серед 132 країн (табл. 2.14). Як свідчать дані табл. 2.14, індекс екологічного виміру України постійно знижуються. Такі негативні зміни можна пояснити рядом причин. Перш за все, необхідно відзначити, що санітарний стан природного середовища країни постійно погіршується внаслідок збільшення викидів промисловими підприємствами, використання на переважній більшості виробництв застарілих технологій та обладнання; яке за статистикою, здійснює в три рази більше викидів, ніж новітнє. В 2011 році близько 64% небезпечних речовин, що потрапили у повітря, припадало на стаціонарні джерела забруднення промислових підприємств. Від них в атмосферу надійшло 4,4 млн т забруднювальних речовин, що на 0,2 млн т (5,9%) більше ніж у 2010 році. Техногенне навантаження на населення та загальну територію України постійно збільшується.

Таблиця 2.14 – Значення індексу екологічного виміру в окремих країнах світу

Країна	2008		2010		2012	
	Рейтинг	Значення	Рейтинг	Значення	Рейтинг	Значення
Швейцарія	1	95,5	2	89,1	1	76,69
Латвія	8	88,8	21	72,5	2	70,37
Норвегія	3	93,1	5	81,1	3	69,92
Коста-Ріка	5	90,5	3	86,4	5	69,03
Німеччина	13	86,3	17	73,2	11	66,91
Ісландія	11	87,6	1	93,5	13	66,28
Білорусія	43	80,5	53	65,4	65	53,88
Україна	75	7,1	87	58,2	102	46,31
Росія	28	83,6	69	61,2	106	45,43
Ірак	101	67,1	150	41	132	25,32

Дослідження залежності між обсягами викидів в атмосферне повітря і рівнем захворюваності населення України за 2002-2012 роки показує, що із збільшенням екологічно шкідливих викидів на 1 тис. т. кількість хворих на злоякісні новоутворення зростає на 209 чол., а збільшення концентрації SO<sub>2</sub> на кожні 0,01 мг/м<sup>3</sup> (20% ГДК) сприяє підвищенню показника загальної захворюваності в 1,4 рази.

Стан довкілля впливає на якість і темпи економічного зростання, зменшує показники валового внутрішнього продукту в країні, що потребує рішучих та конструктивних змін в екологічній політиці як держави в цілому, так і окремих суб'єктів господарювання. Україні необхідна принципова нова екологічна політика, значна роль в якій повинна відводитися екологізації промислового виробництва на базі сучасних

ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій. Проблема мінімізації екологічного пошкодження в умовах промислового виробництва має вирішуватися у двох напрямках за рахунок збільшення ефективності існуючих методів очищення промислових викидів у навколишнє середовище (стічні води, відпрацьовані гази, дими і інші частини), ліквідація переробки твердих відходів а також впровадження нових альтернативних технологій (економічно чистих, безвідходних).

Визначальним чинником вирішення екологічних проблем на Україні повинні стати інноваційні технологічні зміни. Продовження експлуатації традиційних технологій лише прискорює екологічну кризу через недостатню ефективність та високу матеріало- і енергоємність сучасних виробництв. Інноваційна активність показала себе, як вагомий фактор екологізації промислового виробництва. Навіть, у 2010 році, який завдав найбільших втрат від кризи, промислові підприємства впровадили 479 нових ресурсозберігаючих технологій.

Як приклад можна навести підприємство «Запоріжсталь», яке вже протягом багатьох років успішно впроваджує екологічні програми. Прогрес підприємства в сфері охорони навколишнього середовища вражає: за останні 10 років викиди пилу в атмосферу знизилися на 41%, скидання стічних вод – на 30%, на підприємстві підвищили повторне використання технічної води на 86%. Іншим прикладом є компанія «Метінвест», сталий розвиток якої базується на цінностях безпечного виробництва, охорони здоров'я та навколишнього середовища. В 2011 році витрати компанії «Метінвест» на природоохоронні заходи склали 129 млн доларів.

Підприємство в своїй діяльності використовує концепцію екоефективності. Одним із найбільш яскравих прикладів застосування цієї концепції на практиці є реалізація проекту будівництва сучасного комплексу доменної печі ДП-3 на Єнакієвському металургійному комбінаті. На ПАТ «Північний горно-збагачувальний комбінат» поточний план фінансування заходів по модернізації газоочисного устаткування на період з 2012 по 2016 рр. становить 600 млн грн. При цьому очікується щорічне зниження викидів пилу на 480 тон.

А першим кроком на шляху впровадження програми екологізації на кожному підприємстві має стати аналіз сильних і слабких сторін, що дасть можливість визначити напрями оптимізації впливу підприємства на навколишнє середовище і розрахувати ефективність проведення запланованих заходів. В таблиці 2.15 наведений приклад такого аналізу виконаний для ПАТ «Кременчуцький завод дорожніх машин».

Впровадження подібних екологічних програм на промислових підприємствах України надасть можливість значно знизити негативне антропогенне навантаження на навколишнє середовище. Але подібна екологізація відбувається дуже повільно на Україні. Незважаючи на певне прискорення, технологічне забезпечення екологізації промисловості все ще

Таблиця 2.15 – Аналіз сильних і слабких сторін ПАТ  
«Кременчуцький завод дорожніх машин»

Нап- рями	Сильні сторони	Слабкі сторони	Можливості оптимізації	Ефектив- ність оптими- зації
1	2	3	4	5
Забруд- нення повітря	У структурі підприємства функціонує атестована лабораторія аналітичного контролю викидів та скидів шкідливих речовин	Основні викиди – оксид вуглецю, діоксид при випробуванні котлів на стендах, оксид заліза, шестивалентний хром, марганець та його з'єднання на постах зварювання, ксилол, уайт-спірит, аерозоль фарби, бутилацетат, формальдегід, луги, водень хлористий, сірчанооксида мідь тощо.	Локалізація забруднювальних речовин за рахунок реконструкції вентиляції. Використання наступних способів уловлювання шкідливих газів: механічні обезпилюючі прилади; мокрі або гідравлічні прилади; фільтруючі прилади, в яких тверді частинки затримуються пористим фільтруючим прошарком; електричні пиловловлюючі, в яких частинки пилу осідають за рахунок іонізації газу та пилинок. Обладнання пилогазоочисним обладнанням джерела викидів на термічній дільниці ковальсько-термічного цеху.	Зменшен- ня викидів NO <sub>x</sub> на 40%, CO на 30%
Забруд- нення води		Забруднення води на дільниці фарбування (промивка водою деталей після обробки поверхні нефрасом). Промислові стоки гальванічного виробництва складаються з хромовміщуючих та кислотно-лужних стоків. Промислові стічні води містять окрім мінеральних домішок інші специфічні забруднення, наприклад, масла, смоли, нафтопродукти, ПАР.	Очищення, регенерація води та повторне використання. Попередня очищення хімічних сполук, вміщених у стоках гальванічного виробництва, на станції нейтралізації. Використання спеціальних конструкцій відстійників – радіальних відстійників, багатополочного тонкослойного нафтовловлювача, відстійників-флотаторів, згущувачів. Доочищення промислово-злизових стічних вод, що призведе до зменшення кількості забруднювальних речовин в скидах.	Зменшен- ня об'єму забруд- неної води на 10-15%.



Продовження табл. 2.15

1	2	3	4	5
Розділення відходів	Збір відходів по ходу технологічних процесів	Відсутність розділення побутових відходів: пластмаса, скло	Комунальне господарство не передбачає розділення побутових відходів	
Знешкодження відходів	Укладено договори зі спеціалізованими організаціями на вивіз побутових відходів, металобрухту, пластику, здавання макулатури	В процесі виробництва утворюються наступні види відходів: відпрацьовані лампи, що містять ртуть, відпрацьовані акумуляторні батареї, відпрацьований розчин електроліту, нафтовідходи, відходи фіксажних розчинів, фотоплівки і фотопаперу, відпрацьовані розчинники і маслофільтри, ганчір'я, масна тирса, масний пісок, шлам гальванічного виробництва, шлам станції нейтралізації,	Впровадження технологій по переробці відходів для їх подальшого використання. Наприклад, використання відпрацьованого масла для змащення металевих форм. Збір та здача ресурсоцінних відходів, таких як відходи металевого брухту, макулатура, відходи скла, відпрацьовані мастила. Установка компресорів (заміна), що призведе до зменшення утворення кількості відходів з компресорної станції.	Зменшення кількості відходів на 3-5%. Додаткові доходи від здачі ресурсоцінних відходів
		відходи фарб та емалей, шлам з гідро фільтрів, шини відпрацьовані, побутові відходи.		
Використання енергії	Використання для опалення автономної модульної котельної	Споживання природного газу	Використання альтернативних джерел енергії (сонячної, поновлювані джерела енергії, використання теплових насосів і т.п.).	Зменшення використання газу на 20-30%.

значно відстає від економічно розвинутих країн світу і потребує значної державної підтримки. В Україні екологізація промислового виробництва ще не інтегрована у відтворювальні цикли через відсутність стійкого попиту на екологічну безпечну продукцію, покращення іміджу

товаровиробників, інтеграцію підприємств з місцевим співтовариством. Промислові підприємства не завжди зацікавлені у запровадженні екологічних інновацій, оскільки це потребує додаткових затрат. Для стимулювання процесу екологізації промисловості пропонується проведення наступних заходів: вдосконалення законодавства України про охорону навколишнього природного середовища та його наближення до європейського; підвищення стимулюючої функції зборів за забруднення та їх диференціація залежно від досягнутого рівня екологізації виробництва. На сьогодні нормативи зборів не виконують стимулюючу функцію для проведення активної екологічної політики на рівні підприємств, тому що частка зборів за забруднення навколишнього середовища складає на більше 0,1% собівартості реалізованої продукції; формування та використання екологічних фондів та інших джерел фінансування інноваційної діяльності природоохоронного спрямування; створення організаційно-економічних умов для інноваційного підприємництва в екології, виробництві екотехніки та екотехнологій, утилізації відходів.

Охорона навколишнього середовища має стати важливим економічним завданням розвитку кожного промислового підприємства, тому що екологічно спрямована діяльність сприяє зміцненню репутації підприємства-виробника, приверненню уваги до своїх товарів з боку екологічно-орієнтованих споживачів, зростанню обсягів продажів, забезпеченню інших економічних та соціальних вигод. На сьогодні у економічно-розвинених країнах відбувається процес запровадження «екологічної» ідеології бізнесу, що включає комплекс завдань, пов'язаних із інноваційною діяльністю промислових підприємств, і спрямовується на зниження матеріальних затрат завдяки раціональному споживанню вихідної і переробці вторинної сировини.

### *2.3.3 Удосконалення процесів і апаратів для пилогазоочищення: режимна інтенсифікація, конструктивно-технологічне удосконалювання, багатоступінчасте очищення*

У зв'язку з недосконалістю технологічних процесів і обладнання на підприємствах хімічної промисловості в атмосферу надходять гази, що містять різні по токсичності сполуки, тонкодисперсні краплі рідини, тверді частки (пил) вихідної сировини й продукції та ін. Одним із основних чинників, що впливають на санітарний стан атмосфери є пилові викиди основних виробничих цехів.

Складність організації очищення газів на підприємствах хімічної промисловості полягає в необхідності одночасного видалення з газу газоподібних і дисперсних (твердих або рідких) компонентів. Зниження викидів до гранично допустимих норм (ГДК) можна здійснити шляхом впровадження нових і інтенсифікації існуючих технологічних процесів

очищення. Досвід експлуатації пилоочисних апаратів показує, що вони повинні задовольняти наступним вимогам:

- висока ефективність й інтенсивність;
- простота конструкції;
- універсальність (скорочення типів апаратів полегшує виготовлення, ремонт й експлуатацію);
- нечутливість до забруднень оброблюваних газів і рідин;
- відносно низька енергоємність.

Більшість існуючих пилоочисних апаратів не може ефективно працювати з забрудненими газовими і рідинними потоками. Традиційні схеми пилоочищення підприємств хімічної промисловості представлені апаратами сухого та мокрого типу.

В якості апаратів сухого пиловловлення в основному використовують циклони та рукавні фільтри. Апарати не спроможні працювати з потоками газу, що містять легкозлипливі та смолисті речовини, а також різний за дисперсністю пил, особливо дрібнодисперсний.

Апарати мокрого пилоочищення представлені в основному розпилюючими та тарілчастими скруберами, апаратами вихрового типу, та іншими конструкціями. Мокре очищення не вимагає додаткової підготовки газів, дозволяє одночасно проводити очищення як від газових викидів так і дисперсних часток. Мокре пилоочищення має високу ефективність при вловленні дрібнодисперсного пилу, але проблема очищення газів від легкозлипливих та смолистих речовин виключає можливість ефективного використання апаратів мокрого типу.

Це приводить до застосування багатоступеневих систем газоочищення, які складні в виготовленні та експлуатації. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є застосування газоочисного обладнання високої пропускної здатності, яке може здійснювати комплексне очищення газів від пилу та газоподібних домішок.

Санітарна очищення газів передбачає великі обсяги газів, тому одним з перспективних шляхів інтенсифікації процесу очищення забруднених газів є розробка нових конструкцій апаратів, які працюють в режимі розвинутої турбулентності. Підвищення швидкості газу приводить до збільшення одиничної потужності апарату, знижує матеріаломісткість, сприяє підвищенню ефективності пилоочищення. До апаратів, які працюють у вказаному режимі відносяться зокрема і апарати з провальними тарілками великих отворів (ПТВО).

Використання провальних тарілок з великим діаметром отворів дозволяє значно продовжити термін експлуатації пилоочисного обладнання та полегшує їх очищення. Ці тарілки добре зарекомендували себе при обробці забруднених газів і рідин, з яких випадають інкрустації. Апарати з провальними тарілками великих отворів використовуються в

процесах абсорбції та десорбції в содовій промисловості та в процесах мокрого пиловловлення.

Порівняльна характеристика апаратів з ПТВО, існуючого та деяких видів високоінтенсивного пиловловлюючого обладнання наведена в табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Основні показники високоінтенсивних схем пилоочищення

№ з/п	Найменування параметру	Одиниці вимірювання	Показники			
			Пінний апарат	Апарат зі зваженою насадкою	Апарат з регулярною рухомою насадкою	Апарат з ПТВО ( $d_0=0,06$ м)
1	Об'єм газу на пилоочищення	тис. м <sup>3</sup> /год	20	40	40	40
2	Швидкість газу	м/с	2,5	4,5	4,5	4,5
3	Запиленість	10 <sup>-3</sup> кг/м <sup>3</sup>	1,5	2,5	2,5	2,5
4	Питоме зрошення	10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	0,8	0,8	0,8	0,8
5	Гідравлічний опір	Па	800	1000	400	800
6	Висота газорідного шару	м	0,10	0,34	0,80	0,40
7	Ефективність пиловловлення	%	90	92	96	96

Як видно з табл. 2.16, за ефективністю роботи апарат з ПТВО (діаметр отворів  $d_0 = 0,06$  м) не поступається іншим конструкціям високоінтенсивного пиловловлюючого обладнання. Досвід експлуатації апаратів з ПТВО свідчить про незначні матеріальні витрати, тривалий термін роботи, а також можливість переобладнання існуючого пиловловлюючого обладнання шляхом монтажу контактної пристрою (тарілки з великими отворами) під час планових зупинок на чистку апарату.

Пилогазоочисне обладнання з ПТВО має наступні переваги: простота й надійність конструкції, розвита поверхня контакту фаз, високий гідродинамічний ККД; велика одинична потужність; тарілки не забиваються при наявності в оброблюваному середовищі твердих часток, що мають високі адгезійні властивості та здатних утворювати агломерації, тому, відповідно, тривалий термін експлуатації; широкий діапазон стійкої

роботи при високій ефективності.

#### *2.3.4 Тенденції зміни вимог нормативних документів до рівня очищення забрудненого повітря, порівняльний аналіз*

Проблема забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств є актуальною протягом багатьох років. За даними Держкомстату України в нашій державі знаходиться понад 11 тисяч підприємств, які здійснюють викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря. Обсяги викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел протягом останніх п'яти років (2006-2010) становлять понад 6 млн тон на рік. Найбільшого антропогенного навантаження на атмосферне повітря зазнають Донецьк, Дніпропетровськ, Луганськ, Харківська, Івано-Франківська, Запорізька області.

Захист атмосферного повітря від забруднення задекларований як один з основних пріоритетів екологічної політики України на найближче десятиріччя. Тому дослідження питання нормування забруднення атмосферного повітря в Україні та вироблення рекомендацій щодо поліпшення та оптимізації механізму нормування викидів в атмосферу є важливим.

Якість атмосферного повітря залежить від реалізації державної екологічної політики відповідних напрямів, екологічного управління та контролю за джерелами забруднення. Державне регулювання викидів в атмосферу є важливою ланкою в системі екологічної безпеки держави. Регулювання повинно забезпечувати необхідну якість атмосферного повітря шляхом впливу на власників джерел забруднення та формування у них мотивації для прийняття відповідних управлінських рішень.

Одним з основних механізмів такого впливу є встановлення нормативів гранично допустимих викидів (ГДВ), які закріплюються в дозволі на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря і дотримання яких є обов'язковим. Важливим елементом державної системи управління екологічною безпекою є чіткий та врегульований механізм встановлення нормативів ГДВ для підприємств-забруднювачів.

Згідно з діючими нормами законодавства дозвіл на викиди забруднювальних речовин видається територіальними органами Міністерства екології та природних ресурсів (Мінекоресурсів). Для отримання дозволу суб'єкт господарювання:

- оформляє заяву;
- готує «Документи, у яких обґрунтовуються обсяги викидів для отримання дозволу на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців»;

- проводить інвентаризацію стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря;
- проводить оцінку впливу викидів забруднювальних речовин на стан атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони;
- розробляє плани заходів щодо: досягнення встановлених нормативів гранично допустимих викидів для найбільш поширених і небезпечних забруднювальних речовин; охорони атмосферного повітря на випадок виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- ліквідації причин і наслідків забруднення атмосферного повітря; остаточного припинення діяльності, пов'язаної з викидами забруднювальних речовин в атмосферне повітря, та приведення місця діяльності у задовільний стан;
- запобігає перевищенню встановлених нормативів гранично допустимих викидів у процесі виробництва; здійснення контролю за дотриманням встановлених нормативів гранично допустимих викидів забруднювальних речовин та умов дозволу на викиди;
- обґрунтовує розміри нормативних санітарно-захисних зон, проводить оцінку витрат, пов'язаних з реалізацією заходів щодо їх створення;
- проводить оцінку та аналіз витрат, пов'язаних з реалізацією запланованих заходів щодо запобігання забрудненню атмосферного повітря;
- готує інформацію про отримання дозволу для ознайомлення з нею громадськості.

Основними матеріалами для отримання дозволу є «Документи, у яких обґрунтовуються обсяги викидів для отримання дозволу на викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян-підприємців». Ці документи, в свою чергу, готуються на підставі проведеної інвентаризації викидів забруднювальних речовин на підприємстві.

Інвентаризація стаціонарних джерел викидів виконується відповідно до інструкції про проведення інвентаризації, включає в себе характеристику технологічного процесу з точки зору утворення та відведення в атмосферу забруднювальних речовин, визначення параметрів джерел викидів (геометричних та технологічних, включаючи дані про якісний та кількісний склад забруднень), відомості щодо газоочисного устаткування, питомі викиди на одиницю продукції, а також характеристику неорганізованих джерел викидів.

Звіт з інвентаризації викидів включає розділи:

- відомості про підприємство;
- загальну частину;
- об'ємно-планувальні рішення проммайданчика;

- характеристику джерел утворення забруднювальних речовин;
- характеристику джерел викидів забруднювальних речовин;
- характеристику газоочисного устаткування;
- характеристику викидів забруднювальних речовин від основних виробництв;
- висновки та рекомендації з експлуатації та налагодження технологічного обладнання та газоочисних установок.

Для визначення складу та кількості викидів використовуються:

- прямі вимірювання величин викидів забруднювальних речовин лабораторіями, що акредитовані на право проведення таких робіт;
- розрахункові методи за методиками, погодженими з Мінекоресурсів України;
- дані технологічних регламентів та проектні дані.

Матеріали інвентаризації викидів використовуються (крім підготовки обґрунтовуючих документів) для подання державної статистичної звітності, а також для обчислення екологічного податку підприємства.

Аналіз існуючого стану нормування забруднень атмосферного повітря дозволив виявити проблемні аспекти ланки державного управління в сфері екологічної безпеки. Результати аналізу та розроблені рекомендації щодо удосконалення системи нормування викидів, наведені нижче.

1. Інвентаризація викидів має містити дані щодо всіх без виключення джерел викидів незалежно від обсягу забруднення. Джерела з надто малим рівнем викидів, які здійснюють незначний вплив на навколишнє середовище, мають бути включені та опрацьовані на рівні з іншими. Це збільшує обсяг та вартість робіт, не маючи фактично ніякої цінності в подальшому.

Необхідна розробка та запровадження науково-обґрунтованого критерію, що визначає доцільність включення джерела до інвентаризації викидів і відповідно доцільність нормування таких джерел.

2. Існує однотипне обладнання, викиди якого визначаються виключно режимними характеристиками роботи (наприклад, котли малої потужності, обладнання для АЗС та інше). При виконанні інвентаризації за існуючим підходом це призводить до типових результатів і нормування в такому випадку не виконує регулюючої функції.

Доцільним буде розробка переліку такого обладнання і застосування до нього спрощених вимог при інвентаризації. Прикладом такого підходу є європейські норми GBR (General binding rules – норми загальної дії, НЗД). Підхід GBR (НЗД) полягає у визначенні величин викидів для встановленого переліку обладнання залежно від режиму його роботи. На підставі величин, закладених у GBR, визначаються фактичні обсяги викидів без проведення спеціальної інвентаризації. Для таких джерел викидів запроваджена спрощена процедура отримання дозволу на викиди.

3. Згідно інструкції про проведення інвентаризації викидів обов'язковою вимогою є виконання інструментальних вимірювань концентрацій забруднювальних речовин на всіх без виключення організованих джерелах забруднення. Виключенням є тільки технічна неможливість виконання вимірювання (відсутність місця відбору проб згідно стандартів вимірювань, неможливість дотримання необхідних умов вимірювань і т.д.).

При встановленні нормативу на викиди результати інструментальних вимірів мають прерогативу перед розрахунковими методами. В низці випадків виконання вимірювання є недоцільним, результати лабораторного аналізу не завжди дозволяють отримати адекватні дані для нормування. Це несталі технологічні процеси, де концентрація забруднювальної речовини у викиді коливається в часі за складним законом. В такому випадку визначення інтервалу часу, в якому настає максимум концентрації у викиді (тобто періоду відбору проби) практично неможливе. До такого обладнання, крім іншого, належать:

- всі котельні, топкові, печі що працюють на дровах;
- всі котельні, топкові, печі що працюють на вугіллі без його подрібнення та подачі через форсунки;
- кузні, що використовують кам'яне вугілля (кокс);
- всі типи котлів та печей, що працюють на рідкому паливі (дизпаливо, мазут, пічне паливо), якщо паливо подається до топки без розпилювання.

У наведених випадках неможливо підтримувати стабільне горіння та проводити його регулювання. Використання розрахункових методів в цих випадках дає більш обґрунтовані дані для встановлення нормативів на викид.

Необхідно нормативно закріпити перелік обладнання, яке не потребує інструментальних вимірювань при проведенні інвентаризації і величини викидів від яких визначаються розрахунковими методами.

4. При проведенні інвентаризації обов'язковим є визначення величин викидів розрахунковими методами. В цьому питанні існує дві проблеми:

- для низки технологічних процесів та виробництв відсутні затверджені розрахункові методики;
- в Україні відсутній офіційний перелік затверджених розрахункових методів та методик.

Крім того, низка затверджених методик розроблені ще за радянських часів і не враховують сучасного обладнання та технологій. Серед проблемних виробництв та технологічних процесів, на які відсутні методики розрахунку величин викидів, або існуючі методики не відповідають сучасному стану технологій та матеріалів, виділяються наступні:



- виробництво деревинного вугілля;
- котли, що працюють на відпрацьованому маслі;
- заклади громадського харчування, особливо «фаст-фуди» (піцерії, McDonalds та інші); вирощування, утримання та забій птиці;
- застосування сучасних фарб та емалей;
- застосування сучасних миючих, дезінфікуючих та знезаражуючих засобів.

Необхідно видати офіційний перелік затверджених розрахункових методик визначення величин викидів при проведенні інвентаризації.

Необхідно розробити та законодавчо затвердити алгоритм проведення інвентаризації за відсутності затвердженої методики для розрахунку викидів.

5. Щодо затверджених методик виконання лабораторних вимірювань.

На певні забруднювальні речовини, які підлягають нормуванню, відсутні методики інструментальних вимірювань. Нормування здійснюється, в тому числі, на підставі таких вимірювань. Наприклад, нормуються сумарні вуглеводні (код ПЗР 11000), затверджені методики інструментальних вимірів яких відсутні. Методики вимірювань існують лише на вуглеводні ароматичні та вуглеводні аліфатичні (які окремо не підлягають нормуванню).

У низці випадків діапазони вимірювань затверджених методик, за якими виконуються вимірювання, не відповідають діапазонам для нормування викидів.

Також існують сучасні методи вимірювань та вимірювальна техніка, яка не входить до офіційно затвердженого переліку і відповідно не може застосовуватися при інвентаризації.

Необхідний детальний аналіз переліку затверджених методик і його доопрацювання.

6. Існує вимога при інвентаризації викидів для визначення річних обсягів забруднень (т/рік) використовувати значення питомих показників викидів (г/кг) для конкретних виробництв. Ця вимога чітко визначена тільки в Типовій методиці визначення питомих викидів від основних виробництв по галузях промисловості і не позначена в інструкції про проведення інвентаризації викидів. При цьому для певного переліку обладнання та виробництв відсутні затверджені значення питомих показників викидів. У випадку відсутності таких показників, суб'єкт господарювання повинен самостійно (за власний рахунок) провести роботу із визначення величин питомих викидів. Така робота потребує значних витрат, це фінансове навантаження надмірне для більшості підприємств.

Необхідний аналіз існуючого переліку питомих показників та комплексний підхід до розроблення показників питомих викидів для виробництв та технологічного устаткування, на які вони відсутні. Слід

узгодити вимоги обов'язкового застосування величин питомих показників шляхом внесення відповідних коригувань в інструкцію з проведення інвентаризації.

7. При проведенні інвентаризації та нормуванні величин викидів використовується два переліки забруднювальних речовин з різним кодуванням речовин, різними підходами до систематизації і відповідно напрямками їх використання. Це «Список гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених міст», відомий як «перелік МОЗ», та Перелік забруднювальних речовин, за якими здійснюється державний облік, відомий як «ПЗР». Вимоги до оформлення обґрунтовуючих документів вимагають кодування забруднювальних речовин згідно обох переліків, тобто кожна забруднювальна речовина має бути кодована двома кодами – кодом МОЗ та кодом ПЗР.

Перший перелік (перелік МОЗ) більш розширений і включає в більшості конкретні хімічні сполуки (наприклад діоксид азоту, оксид заліза) та значно менше – групи речовин (наприклад вуглеводні граничні C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub>). ПЗР навпаки містить в більшості групи речовин (наприклад оксиди азоту, ціаніди, хлор та сполуки хлору) і значно менше конкретних речовин.

Одночасно перелік МОЗ містить більше 2500 найменувань речовин та постійно доповнюється, а ПЗР – 131 найменування.

Крім того перелік забруднювальних речовин з кодами містить Інструкція щодо заповнення форм державних статистичних спостережень 2-ТП (повітря). Згідно з цією інструкцією суб'єкт господарювання, використовуючи інвентаризацію викидів, складає статистичну звітність про забруднення атмосфери. Але слід відмітити, що кодування та перелік речовин за 2-ТП повітря близький до кодування «ПЗР» (включає 136 найменувань речовин та груп речовин), хоча і містить певні розбіжності.

Ці переліки забруднювальних речовин створювалися з різними цілями, і на сьогодні виникає проблема їх взаємного співставлення, в першу чергу це стосується переліків МОЗ та ПЗР. Оцінка небезпечності концентрації забруднювальної речовини для навколишнього середовища та здоров'я людини здійснюється за величиною ГДК, тобто використовується перелік МОЗ. Для встановлення нормативів на викиди використовується ПЗР (законодавчо закріплені нормативи ГДВ прив'язані до ПЗР), тобто неоднозначність в віднесенні речовини до того чи іншого коду може призвести до невірної встановлення нормативу на викиди і відповідно виникнення ризику перевищення критеріїв екологічної безпеки.

Необхідно виробити чітку методологію співставлення переліків забруднювальних речовин або перейти до єдиного переліку та системи кодування.

Аналіз діючих вимог щодо інвентаризації та нормування викидів в

атмосферне повітря дозволив виявити низку проблем, які потребують вирішення. Робота в цьому напрямі дозволить оптимізувати стан нормування антропогенного навантаження від забруднення атмосфери, спростити процедуру підготовки документів для отримання дозволу на викиди та підвищити рівень встановлення нормативів викидів.

Наявність чітких та узгоджених законодавчих механізмів регулювання забруднення підвищує позитивне ставлення забруднювачів до виконання своїх обов'язків, а також стимулює до практики добровільних екологічних зобов'язань.

Все це, в свою чергу, має призвести до покращення якості навколишнього середовища та екологічної безпеки на рівні регіонів та держави.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Види забруднень і джерела забруднення атмосфери.
2. Концепція «джерела забруднення» атмосфери.
3. Основи формування твердих, рідких, паро- і газоподібних забруднень атмосфери.
4. Класифікація атмосферних забруднень за розмірами частинок, їх фізико-хімічні характеристики.
5. Основні напрями та методи захисту атмосфери.
6. Класифікація і властивості аерозолів, процеси, що протікають в них.
7. Методи очищення промислових газів від аерозолів.
8. Методи, що застосовуються для видалення дисперсних домішок з пилогазоповітряної суміші.
9. Основні методи очищення атмосферного повітря від шкідливих парів і газів.
10. Паспортизація пилогазоочисного обладнання.
11. Природоохоронні технології захисту навколишнього середовища.

## 3 СУЧАСНІ ПІДХОДИ, НОВІТНІ МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

### 3.1 Інженерні методи охорони вод

#### 3.1.1 Схеми використання води на промислових підприємствах

Від забезпеченості водою залежить життєдіяльність усіх живих організмів. Вода регулює клімат планети, забезпечує господарську та промислову діяльність людей.

Основними споживачами води є сільське й комунальне господарство та промисловість. У сільському господарстві воду використовують для поливу рослин, напування й приготування корму для свійських тварин, у комунальному господарстві – для пиття та приготування їжі для людей, для задоволення їхніх санітарно-гігієнічних потреб, як теплоносій тощо. У промисловості воду використовують як сировину, реагент та розчинник для проведення різних технологічних процесів, а також для промивання сировини й продуктів тощо.

Усі галузі господарства за відношенням до водних ресурсів поділяють на користувачів і споживачів. **Користувачі** використовують воду як середовище або джерело енергії і не забирають її з джерел (водний транспорт, рибальство, туризм, спорт, гідроелектростанції тощо). **Споживачі** забирають воду з джерел і використовують її за призначенням (пиття, приготування їжі, вирощування сільськогосподарської продукції, здійснення технологічних процесів на виробництві, обігрівання приміщень тощо).

У багатьох випадках вода після використання частково або повністю повертається до джерел, але зі зміненою якістю. Найбільше (до 70%) прісної води споживає сільське господарство. Особливо велика кількість води витрачається в зрошувальному землеробстві. Нині у світі зрошується близько 15% площ усіх сільськогосподарських угідь (в 1970 р. – 235 млн га). За деякими прогнозами, зрошуванні площі найближчим часом зростуть до 420 млн га. Питоме споживання залежить від виду сільськогосподарських культур, фізико-географічних умов району, технічного стану зрошувальних систем і способу поливу. Як приклад наведемо норми зрошення деяких культур, м<sup>3</sup>/га: зернові – 1500-3500, цукрові буряки – 2500-6000, багаторічні трави – 2000-8000, рис – 8000-15000.

Обсяг споживаної води в промисловості оцінюють **водоємністю виробництва**, під якою розуміють. Водоємність різних видів продукції коливається в дуже широких межах кількість води, необхідної для виробництва однієї тони готової продукції, м<sup>3</sup>/т: сталі, чавуну – 15-20,

сульфатної кислоти – 25-80, синтетичного волокна – 500, міді – 500, пластмас – 500-1000, синтетичного каучуку – 2000-3000. Для роботи ТЕС потужністю 300 тис. кВт потрібно близько 300 км<sup>3</sup> води на рік. Середній хімічний комбінат щодоби витрачає 1-2 млн м<sup>3</sup> води.

### ***Особливості використання води у промисловості***

Промислові підприємства є практично в кожному населеному пункті. Це можуть бути невеличкі заводи місцевої промисловості (цегельні, залізобетонних конструкцій тощо), переробки сільськогосподарської продукції або заводи-велетні (металургійні, хімічної промисловості тощо). Вони можуть працювати в одну, у дві чи три зміни. Воду найчастіше витрачають протягом робочої зміни. Деякі з підприємств не працюють в окремі період року. Потреби підприємств у воді складаються з технологічних і господарсько-питних. Режим споживання води на технологічні потреби залежить від устаткування, технології виробництва та інших факторів і встановлюється технологами.

Промислові підприємства витрачають велику кількість води, а деякі підприємства вимагають навіть безперервної подачі води. Із збільшенням потужності підприємств, використанням складних технологічних процесів потреби у воді збільшуються. Витрати води, які споживає промисловість, у десятки разів перевищують кількість води, що споживає населення. Наприклад, кількість води, що використовується тільки на охолодження металургійними підприємствами, складає більше 5 млрд. м<sup>3</sup> на рік, що у два рази перевищує водоспоживання населення.

На підприємствах в залежності від прийнятих технологій, виготовленої продукції, потужності, займаних площ може існувати декілька систем водопостачання. В цілому системи водопостачання промислових підприємств можна поділити на такі:

- Господарсько-питні
- Протипожежні
- Виробничі.

***Господарсько-питна система*** подає воду для питних та інших потреб робітників і службовців протягом зміни, а також для прийняття душів протягом 45 хв. після закінчення зміни. Залежно від виду виробництва (холодні або гарячі цехи) в розрахунках встановлюють графік витрачання води протягом зміни. Воду забирають питними фонтанчиками, раковинами, мийками, різними санітарними приладами. Для розрахунків вважають, що воду споживають усі працюючі, а душами користується якась частина їх. Кількість працюючих, які приймають душ, встановлюють залежно від типу виробництва. Якість води повинна відповідати вимогам «Вода питна».

***Протипожежна система*** має подавати воду тільки під час пожежі із зовнішньої та внутрішньої мереж. Витрати води на пожежегасіння можуть бути великими, але це спостерігається дуже рідко.

Використовувати можна воду як питної, так і іншої якості.

**Виробнича система** забезпечує водою тільки виробничі процеси. При цьому в залежності від типу виробництва на підприємстві можуть бути споживачі з різними вимогами до якості води. Як приклад, розглянемо водопостачання сучасного заводу синтетичного каучуку. На заводі існує 10 мереж води різної якості:

- 1) потрібна вода річкова технічна (неочищена);
- 2) технічна очищена до вмісту завислих речовин 20 мг/дм<sup>3</sup>;
- 3) технічна профільтована до вмісту завислих речовин 5 мг/дм<sup>3</sup>;
- 4) охолоджуюча оборотна технічна вода;
- 5) прояснена і охолоджена до 7°C, яка відводиться з температурою 12°C;
- 6) вода частково зм'якшена натрій-катіонуванням з жорсткістю до 0,7 мг-екв/дм<sup>3</sup>, яку використовують на відмивку каучуку;
- 7) зм'якшена натрій-катіонуванням до 0,05 мг-екв/дм<sup>3</sup>, яку використовують для приготування каталізатора та живлення котлів-утилізаторів тепла;
- 8) знесолена до 20-30 мг/дм<sup>3</sup>;
- 9) вода господарсько-питна;
- 10) протипожежна.

Для підприємств, які є великими споживачами неочищеної води, звичайно будують самостійний виробничий водопровід. Великі підприємства, які розташовані за межами населеного пункту, мають роздільні системи господарсько-питного та виробничого водопроводів. Протипожежний водопровід здебільшого об'єднують з господарсько-питним. Невеличкі підприємства здебільшого підключають до водопроводу населеного пункту. У разі потреби в якісній воді (кращій ніж питна) для якогось цеху або приладу можна робити локальні установки поліпшення якості води.

Кількість і якість води для виробничих потреб залежать від характеру виробництва, схеми технологічних процесів, використовуваного обладнання, можливих джерел водопостачання. Звичайно, ці параметри задають технологи і вони можуть коливатися в дуже широких межах. Різноманітні вимоги до якості води потребують навіть різних виробничих систем. Вимоги до якості води дуже часто визначають можливі схеми водопостачання. В деяких випадках якість води може визначати питоми водоспоживання. Так, при охолодженні мартенівських пічок на Донбасі жорсткою водою на одну піч використовується 250-500 м<sup>3</sup>/год, а на Уралі при більш якісній воді – всього 150-300 м<sup>3</sup>/год.

**Типи водоспоживання у виробництві** Вода у промисловості витрачається на самі різноманітні цілі. У цілому водоспоживання у виробництві можна класифікувати так: охолодження, промивання, пароутворення, гідротранспорт, у складі продукції. В залежності від ролі,

що виконує вода у системах виробничного водопостачання, її можна поділити на чотири категорії:

**Вода I категорії** використовується для охолодження обладнання і продукту в теплообмінних апаратах (без контакту з продуктом). Вода тільки нагрівається і практично не забруднюється.

**Вода II категорії** використовується як середа, що поглинає та транспортує домішки, без нагрівання (збагачення корисних копалин, гідротранспортування). Вода забруднюється механічним та розчинними домішками, але не нагрівається.

**Вода III категорії** використовується також як середа, що поглинає та транспортує механічні та розчинні домішки, з нагріванням (уловлювання та очищення газів, гасіння коксу та інше).

**Вода IV категорії** використовується в якості розчинника реагентів, наприклад при флотаційному збагаченні копалин тощо.

**Воду на охолодження** використовують для конденсації пари, охолодження печей, машин, агрегатів. Звичайно, питома вага цих витрат значно перевищує інші витрати води і безперервно зростає. Так, в чорній і кольоровій металургії, в нафтопереробній промисловості на водяне охолодження використовується 95% води і тільки 5% на підсобні потреби, в хімічній та коксохімічній відповідно 90% і 10%.

**Промивання водою сировини або продукції** здійснюється, наприклад, на таких підприємствах, як шкіряні, консервні, овочесушильні, цукрові тощо. Водою змивають різне сміття, жир, мул. Вода використовується для промивки, замочування, та зволоження у целюлозно-паперовій, текстильній та вовнапереробній промисловостях.

**Пару**, яку одержують на різноманітному за потужністю та конструкцією паросиловому обладнанні, використовують практично на всіх підприємствах для обігріву приміщень, підігріву різних матеріалів, прогріву продукції – скажемо залізобетонних плит на заводі будівельної індустрії тощо.

**Гідротранспорт** передбачає транспортування потоком води лотками або жолобами шлаку, золи, сировини тощо. Його можна використовувати, наприклад, на теплосилових станціях для транспортування шлаку і золи, в доменному виробництві для транспортування шлаку, на збагачувальних фабриках для транспортування різних відходів, на цукрових заводах для транспортування цукрових буряків тощо.

**Вода у складі продукції** – прикладом можуть бути харчова промисловість, будівельна індустрія. Це стосується виготовлення консервів і продукції на овочесушильних виробництвах, молочних заводах, виготовлення цегли на цегляних заводах тощо.

Наприклад, на теплових електростанціях 85% загальної витрати води використовується на охолодження, 12% – на транспортування золи (на

станціях, де вугілля використовують як пальне), 3% – на приготування пари. В цілому, по всім видам промисловості 70-75% води витрачається на охолодження механізмів та апаратів різних технологічних процесів.

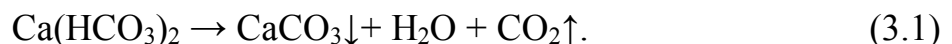
#### **Основні 4 випадки використання води у промисловості**

1. Вода не підлягає термічному впливу.

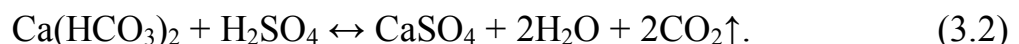
В таких процесах, як гідротранспорт, мийка деталей або обладнання, сольовий склад води практично не змінюється, і тому не чинить шкідливого діяння на об'єкт, з яким контактує. В процесі використання така вода придбає тільки механічні забруднення. Для повторного використання цієї води достатньо її освітлення за допомогою відстоювання. Чим більший розмір отворів розподільчих та розбризкувальних пристроїв, тим менші вимоги до степені освітлення води, що використовується в оборотній системі.

2. Вода підлягає термічному впливу.

В оборотних системах охолодження теплообмінної апаратури вода багаторазово нагрівається та охолоджується у інтервалі 20-40°C. При цьому у зв'язку з випаровуванням частини води на градирні зростає кількість солей, у тому числі погано розчинних солей карбонатної жорсткості, які здібні утворювати накипі. В основному утворюються відкладення карбонату кальцію внаслідок порушення вуглекислотної рівноваги, що інтенсифікується з підвищенням температури.



Для запобігання цьому технічну воду підкислюють сірчаною кислотою, в результаті чого солі карбонатної жорсткості перетворюються у краще розчинні сульфати, тобто карбонатна жорсткість переходить у некарбонатну.



3. Вода нагрівається до 140°C.

Це діється при підготовці гарячої води для систем гарячого водопостачання міста. Повне знесолення води у цьому випадку не потрібно, тому достатньо забезпечити запобігання корозії в опалювальних приладах міста та утворення накипі. З цією метою з води спочатку видаляються корозійно-активні гази ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ), а потім на натрій-катионітних фільтрах катіони кальцію та магнію, що утворюють накипі, замінюються на катіони натрію, солі якого добре розчинні.

4. Вода повністю випаровується.

При отриманні технологічної пари вода повністю переходить з рідкого стану у пароутворення. Тому солі, що містяться у воді можуть кристалізуватись на теплообмінній поверхні труб парових котлів.



Підготовка води для отримання пари полягає у повному видаленні усіх розчинних у воді компонентів на спорудах хімводоочищення. Технологічний ланцюжок цього очищення включає послідовне видалення усіх компонентів в залежності від простоти вилучення цих компонентів. Спочатку з води видаляються корозійно-активні гази. У зв'язку з поганою розчинністю газу у гарячій воді для цього воду достатньо нагріти. Після цього з води собційним засобом вилучаються органічні речовини (нафтопродукти, гумінові солі). Розчинні неорганічні солі, що залишились у воді вилучають послідовно на катіонообмінних і аніонообмінних фільтрах. На катіонообмінних фільтрах усі металеві катіони замінюються на катіони водоводу. Для вилучення аніонів використовують виключно аніоніти, в яких усі аніони (кислотні залишки) замінюються на гідроксид-аніони. Таким чином вода повністю знесолюється.

### ***Утворення промислових стічних вод. Призначення систем водовідведення промислових підприємств***

Безперервне зростання промисловості обумовлює збільшення об'ємів споживання води на різні виробничі операції, процеси (для допоміжних цілей або для запровадження до складу продукції). Після використання у виробничих цілях вода, забруднюється або нагрівається, змінює свої первинні властивості, і стає непридатною для подальшого використання, тобто вона перетворюється у ***виробничі стічні води*** (промислові стоки).

Для своєчасного та організованого відведення промислових стоків, очищення та знешкодження їх до необхідної степені з метою послідуного використання або випуску у водойми (міську каналізацію), а також для обробки та утилізації осадків на промислових підприємствах влаштовуються системи водовідведення.

Системи водовідведення промислових підприємств складаються з водоприймальних ємностей, мереж водовідведення, насосів або спеціальних насосних станцій, очисних споруд, випусків.

Системи промислового водовідведення забезпечують нормальне та високоефективне функціонування промпідприємства; здійснюють очищення стічних вод до необхідного стану з метою їх послідуного використання, що в решті решт охороняє водойми від забруднень і сприяє раціональному використанню води.

Обробка і утилізація осадів та інших забруднень, що видаляються при очищенні стічних вод, створюють умови для безвідходних виробництв або окремих технологій, служать охороні природи і раціональному використанню сировини, підвищують економіку та культуру виробництва.

На промислових підприємствах (заводах, фабриках, рудниках і т.п.) утворюються три категорії стічних вод:

1. Побутові, що утворюються у побутових приміщеннях (від санітарних вузлів, душових кабін) промпідприємств;

2. Атмосферні, що утворюються в результаті випадіння опадів та розтавання снігу;

3. Виробничі (промислові), що утворюються при використанні води у різних технологічних процесах виробництва або при добуванні корисних копалин (вугілля, нафти, руди).

Промислові стоки відрізняються виключно великою різноманітністю в залежності від умов утворення, кількості і особливо видів окремих забруднень, їх сполучень та концентрацій.

Промислові стічні води утворюються при гідродобуванні корисних копалин, їх збагаченні; гідротранспортуванні; промивці газів, що відходять; мокрому пиловловлюванню в шахтах та рудниках, мийці посуду, робочих ємностей, приміщень, агрегатів; промивні води установок гальванічного покриття: лужні, кислі, забруднені важкими металами; нагріті промислові стоки після використання води для охолодження.

#### ***Норми водоспоживання та кількість промислових стічних вод***

Витрата води на промислові потреби промпідприємств залежить від характеру та обсягу виробництва та застосованих технологічних процесів.

Норма водоспоживання для виробництва однакової продукції залежить від ряду факторів:

- виду та якості сировини;
- технологічної схем виробництва;
- застосування обладнання;
- місцевих умов;
- якості використаної води.

***Нормою водоспоживання*** вважається доцільна кількість води, що необхідна для виробничого процесу і встановлена на основі передового опиту або науково обґрунтованого розрахунку. ***Нормою водовідведення*** є встановлена середня кількість стічних вод, що відводяться від виробництва у водойми при доцільній нормі водоспоживання.

Орієнтовно норми водоспоживання на промислові потреби можуть прийматись по справнику «Укрупненные нормы расхода воды и отвода сточных вод на единицу продукции для различных отраслей промышленности». Укрупнені норми водоспоживання та водовідведення виражаються у м<sup>3</sup> води на одиницю готової продукції або сировини.

При усьому цьому розрізняють повні витрати води, необхідної на потреби виробництва та витрати «свіжої» води, яка береться з водного об'єкту чи мережі міського водопроводу для поповнення втрат в оборотних циклах.

Укрупнені норми водовідведення у різних галузях промисловості коливаються у широких межах. Так, наприклад, при збагаченні 1 т вугілля утворюється 0,08 м<sup>3</sup> стічних вод, при виплавці 1 т сталі – 4 м<sup>3</sup>, при виробництві 1 т синтетичного дивінілового каучуку – 18 м<sup>3</sup>, 1 т цементу – 0,12 м<sup>3</sup>. Кількість стічних вод від крупних промислових підприємств

досягає 200-400 тис. м<sup>3</sup> за добу. На практиці кількість промислових стічних вод від окремих установок або цехів може коливатись у широкому діапазоні від декількох м<sup>3</sup>/ч до десятків тисяч. На багатьох хімічних, металургійних, збагачувальних заводах і фабриках кожен годину відводяться та оброблюються десятки тисяч м<sup>3</sup>/ч промислових стічних вод.

Розрахункові витрати виробничих стічних вод, що потрапляють на очисні споруди визначаються за формулою

$$Q_{\text{доб}} = N \cdot M, \quad (3.3)$$

де  $N$  – норма водовідведення на одиницю продукції або переробленої сировини, м<sup>3</sup>;

$M$  – продуктивність цеху, число одиниць продукції або переробленої сировини.

$$q_{\text{сmax}} = \frac{N \cdot M_{\text{см}} \cdot K_{\text{ч}}}{T \cdot 3,6}, \quad (3.4)$$

де  $M_{\text{см}}$  – продуктивність цеху за зміну, число одиниць продукції за зміну;

$K_{\text{ч}}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності утворення промислових стічних вод;

$T$  – тривалість роботи цеху, год.

Кількість атмосферних вод, що утворюються в результаті випадіння опадів (поверхнево-зливовий стік з територій промпідприємств) залежить від клімату району розташування і розмірів промислової площадки, водонепроникності окремих видів покриттів. Кількість атмосферних вод залежить від інтенсивності і тривалості розрахункового дощу.

#### ***Вимоги до якості води, що застосовується у промисловості***

Вимоги до якості води встановлюються в залежності від вимог технологічного процесу та схеми виробництва. Основною вимогою є те, щоб вода, яка використовується, не порушувала санітарно-гігієнічного стану робочих місць і технологічного процесу виробництва. У зв'язку з цим, вода:

- 1 повинна бути нешкідлива для обслуговуючого персоналу;
- 2 не повинна погіршувати якість продукції;
- 3 не повинна викликати корозії;
- 4 не повинна давати карбонатних та інших сольових відкладів і не викликати біологічного заростання;
- 5 не повинна погіршувати техніко-економічні показники виробничого процесу.

В залежності від цільового призначення вода на технологічні

потреби промислових підприємств повинна відповідати самим різноманітним вимогам. Ці вимоги авжеж нижчі за вимоги ГОСТ 3874-83 «Вода питна» і таку воду називають технічною, тобто не придатною для пиття. Однак для ряду виробництв за деякими показниками ці вимоги можуть бути значно вище, оскільки для багатьох галузей промисловості виключно важливе значення має додержання вимог відносно змісту у воді різних речовин. Так, наприклад,

- у воді, яку використовують для виготовлення кіно- і фотоматеріалів, не повинно бути марганцю, заліза, кремнієвої кислоти, концентрація хлоридів не повинна бути високою;
- жорсткість води для виготовлення розчинів кислот та луг, мила, барвників – не повинна перевищувати 0,35 мг-екв/дм<sup>3</sup>;
- вода, яка використовується для промивних цілях, не повинна містити речовини, які негативно впливають на матеріал, що промивається.

Більша частина води, яка подається на потреби промислових підприємств використовується в охолоджуючих системах прямоточного або оборотного водопостачання.

Вимоги до якості води визначаються з умов її використання в конкретних технологічних схемах з урахуванням специфіки виробництва. Усі вимоги зводяться до забезпечення високоефективної роботи теплообмінного обладнання. При цьому на поверхні охолоджуючих елементів не повинно виникати корозійних процесів та утворення сольових механічних або біологічних відкладів. Інакше будуть порушені умови теплопередачі, збільшаться енергетичні витрати, погіршаться експлуатаційні характеристики системи та буде відбуватися руйнування конструкційних матеріалів.

Природні води, які використовуються в системах технічного водопостачання і в яких не відбувається сольових відкладів, тобто не випадають солі карбонатної жорсткості при температурі 40-60°C, прийнято називати **термостабільними**. Карбонатна жорсткість цих вод не перевищує 4 мг-екв/дм<sup>3</sup> для прямоточного водопостачання, та 2-3 мг-екв/дм<sup>3</sup> –для оборотного.

**Обмежено термостабільними** називають води, якщо утворення карбонатних відкладів відбувається при накопиченні солей кальцію.

**Не термостабільні** води –це коли при нагріванні води відразу утворюються відкладення.

В практиці водопідготовки **стабільною** прийнято називати воду, яка при визначеній температурі не здібна виділяти нерозчинні сполуки карбонату кальцію та не є агресивною, тобто не руйнує конструкційні матеріали.

*3.1.2 Системи раціонального використання вод на промислових підприємствах галузі (оборотні системи водоспоживання, системи послідовного водоспоживання, замкнуті системи водоспоживання)*

**Вибір схем водопостачання та водовідведення промислових підприємств.** Вимоги промислових споживачів до великих витрат води, якості та високої надійності зумовлюють особливий підхід до вибору схем водопостачання та водовідведення.

На промисловому підприємстві можуть бути декілька схем водопостачання, які обслуговують споживачів з різними вимогами до якості води. Вибір цих схем звісно не однозначний і часто потребує проведення техніко-економічного порівняння варіантів.

Найчастіше у системах промислового водопостачання використовують оборотне і послідовне використання води, рідко – прямоточне.

Вибір схеми виробничного водопостачання ведуть залежно від таких факторів:

- наявність тих чи інших джерел водопостачання, їх потужність і якість води в них;
- режим споживання води, її кількість і вимоги до якості;
- типи споживачів і їх розміщення;
- відстань джерела від промислового підприємства;
- характер забруднення води після її використання на підприємстві;
- місцеві природні умови.

Розроблюючи схеми водопостачання, споживачів групують за вимогами до якості вихідної та відпрацьованої води, необхідним напорам і з урахуванням розташування цехів. При цьому розглядають варіанти використання місцевих установок по покращенню якості води або зміні напору (підкачка).

Системи водопостачання можуть бути пов'язані одна з одною. Наприклад, свіжа вода з річки подається в цикл оборотного водопостачання, який потребує воду найкращої якості, вода після продувки цього циклу може використовуватись для підживлення циклів з більш низькими вимогами до якості.

При виборі системи і розробці схеми водовідведення промислових підприємств необхідно враховувати слідуєчі основні фактори:

- кількість, склад і динаміку утворення різних промислових стоків від установок, цехів і всього промислового підприємства;
- можливість повторного використання промислових стоків без очищення або з частковим очищенням в оборотних циклах;
- можливість скорочення промислових стоків за рахунок застосування маловодних технологій;

- можливість сумісного або роздільного водовідведення різних категорій стічних вод;
- можливість скиду стічних вод у міську систему водовідведення;
- необхідні ступені очищення при повторному використанні або випуску промислових стоків;
- можливі системи і схеми очищення.

Для більшості промислових підприємств вимоги до якості води значно менш жорсткі, ніж до складу вод, які підлягають скиду у водні об'єкти або міську систему водовідведення. Тому виробничі стічні води значно вигідніше повторно використовувати у системах оборотного та послідовного водопостачання, ніж піддавати їх очищенню, що задовольняє вимогам скиду.

Системи водопостачання промислових підприємств класифікуються за способами використання води: **прямотечійні, оборотні та з послідовним використанням.**

**Прямотечійні системи** (рис. 3.1, а) є найпростішими. Вода за допомогою насосної станції забирається з водного об'єкта і подається до об'єктів виробництва. Після цього каналізаційними шляхами вона надходить на очисні споруди. Після очищення відпрацьовані води можуть скидатися назад у водотік або водойму на певній відстані від водозабору. Такі системи водопостачання зазвичай бувають у достатньо забезпечених водою районах.

Водний баланс має вигляд

$$W_{\Pi} = W_{\text{ВВ}} + W_{\text{Ос}} + W_{\text{скид}}, \quad (3.5)$$

де  $W_{\Pi}$  – кількість води, що подається на виробничий процес, м<sup>3</sup>;

$W_{\text{ВВ}}$  – виробничі витрати води, м<sup>3</sup>;

$W_{\text{Ос}}$  – кількість води, що втрачається з осадом на водоочисній станції, м<sup>3</sup>;

$W_{\text{скид}}$  – кількість води, яку скидають у водойму, м<sup>3</sup>.

Ця схема поширена донині. Вона досить проста і дешева, але не надійна в гідроекологічному відношенні, оскільки скидна вода забруднює водойми.

Системи водопостачання з **послідовним використанням** (рис. 3.1, б) води, передбачають повторне її використання на цьому самому підприємстві. Після завершення технологічного процесу в одному цеху відпрацьована вода надходить до іншого, де також забезпечує випуск промислової продукції. При цьому якість води після забруднення першим виробничим процесом має задовольняти потребам другого виробничого процесу. Інколи вода використовується багаторазово, після чого у забрудненому стані надходить на очисні споруди. Ця схема більш

прогресивна, ніж перша, оскільки дозволяє зекономити приблизно у два рази кількість свіжої води, яка забирається підприємствами з водних об'єктів. Однак і ця система не скорочує кількість забруднювальних речовин, що скидаються у водні об'єкти.

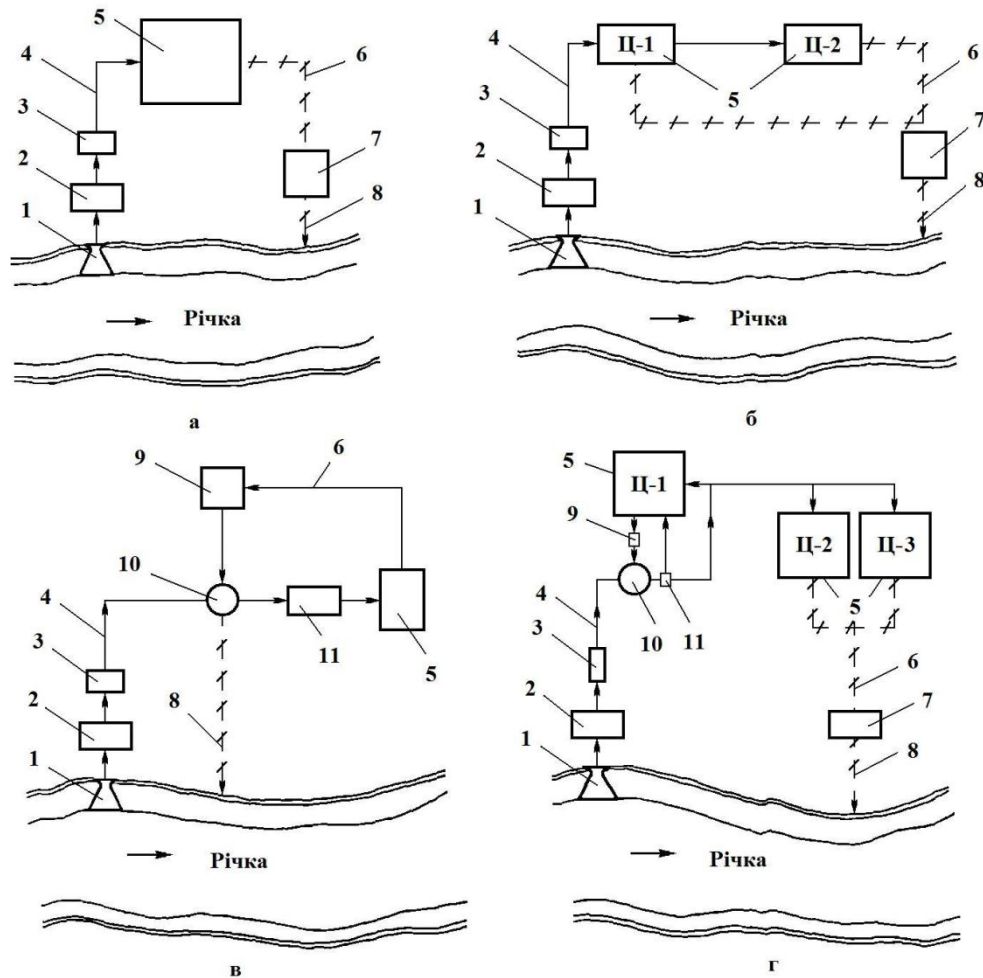


Рис. 3.1 – Схеми промислового водопостачання:

*а* – прямотечійна; *б* – прямотечійна з послідовним використанням; *в* – оборотна; *г* – комбінована; 1 – водозабір з насосною станцією першого підйому (НС-1); 2 – водоочисні споруди; 3 – насосна станція другого підйому (НС-2); 4 – подавання річкової води; 5 – промислові об'єкти; 6 – скид відпрацьованої води; 7 – станція очищення стічних вод; 8 – скид води в річку; 9 – водоохолоджувальне устаткування; 10 – збирна камера; 11 – насосна станція зворотної води.

Системи *оборотного водопостачання* (рис. 3.1, *в*) впроваджуються за необхідності забезпечити потреби великих промислових підприємств з великою водомісткістю, особливо в умовах обмежених водних ресурсів і

можливостях їх забруднення. За таких систем відпрацьовані води у водотоки і водойми не скидаються, а використовуються знову для потреб виробництва. Відпрацьована вода за необхідності пропускається крізь охолоджувальні споруди та пристрої і знову спрямовується у виробничий цикл. Інколи частина відпрацьованих вод може бути забрудненою, тому для повторного використання їх необхідно спочатку очистити. В зв'язку з тим, що деяка кількість води витрачається необоротно, її запаси необхідно періодично поповнювати з водного об'єкта. Величина необоротних втрат становить близько 2-5%.

Для того щоб забезпечити певний сольовий склад, із системи постійно скидається частина води ( $W_{\text{скид}}$ ) та додається певна кількість свіжої (підживлюється), тобто здійснюється продувка системи

$$W_{\text{дод}} = W_{\text{скид}} + W_{\text{вв}} + W_{\text{вип}} + W_{\text{вин}}, \quad (3.6)$$

де  $W_{\text{вип}}$  – кількість води, що випаровується, м<sup>3</sup>;

$W_{\text{вин}}$  – кількість води, що виноситься вітром, м<sup>3</sup>.

**Комбіновану систему водопостачання**, коли на одному підприємстві частина оборотної води використовується у виробництві Ц-1, а більша частина – у виробництвах Ц-2 і Ц-3, зображено на рис. 3.1, 2. Відпрацьовані води з останніх виробництв надходять на станцію очищення стічних вод, після чого скидаються у річку.

У південних регіонах України велике практичне значення мають групові та районні водопроводи, коли одна система водопостачання обслуговує кілька об'єктів різного призначення (міста, промислові підприємства, об'єкти сільського господарства тощо). Така система має значні економічні переваги тому, що експлуатаційні витрати об'єднаного водопроводу нижчі, ніж аналогічні витрати на локальні системи для кожного об'єкта.

### *3.1.3 Удосконалення технологічних і виробничих процесів галузі у напрямку скорочення надходження забруднень у водні об'єкти*

За законом розвитку довкілля, будь-яка природна система розвивається лише за рахунок використання матеріально-енергетичних та інформаційних можливостей навколишнього середовища. Із цього закону випливає наслідок: абсолютно безвідходне виробництво неможливе. Тому поняття «безвідходна технологія» є умовним і наповнюється змістом залежно від розвитку техніки на певному історичному етапі. У 1976 р. в Дрездені на Міжнародному симпозиумі з маловідходних та безвідходних технологій було виділено чотири основні напрями, за якими розвиваються безвідходні технології, один з яких – розроблення різних видів безстічних



технологічних схем і водооборотних циклів.

### ***Класифікація систем оборотного водопостачання***

Системи оборотного водопостачання є кроком уперед з питання захисту водойм від забруднення, оскільки дозволяють значно скоротити забір свіжої води та скоротити кількість стічних вод, що скидаються у водойми. Однак ***повністю замкнені системи*** оборотного водопостачання, в яких використовуються очищені й охолоджені води, не отримали ще великого поширення (наприклад, на заводах чорної металургії), оскільки робиться скид води у вигляді продувки для того, щоб підтримати сольовий зміст оборотної води на певному рівні. Однією з основних причин, які перешкоджають повному використанню забруднених або нагрітих стічних вод у обороті є утворення щільних сольових відкладів по тракту руху води – в одних випадках та корозійні процеси – в інших. Дуже часто ці обидва процеси протікають одночасно і нерозривно пов'язані. Таким чином, при переході на замкнений режим роботи виникає необхідність вивчення водно-сольового балансу систем оборотного водопостачання. Системи оборотного водопостачання поділяються на відкриті та закриті.

***Відкриті системи*** – це такі системи, в яких охолодження води здійснюється на градирнях, бризкальних басейнах, ставках-охолоджувачах, з використанням обладнання та споруд відкритого типу при безпосередньому контакті охолоджуючої вод та повітря.

***Закриті системи*** – це такі системи, в яких охолоджуюча вода не вступає у безпосередній контакт з повітрям і охолоджується у закритих теплообмінниках, тобто через стінку.

У відкритій системі втрати води складаються з втрат на випаровування та на крапельний винос з вітром. Поповнення втрат води здійснюється за рахунок підживлення. Втрати води називаються безповоротними.

У закритих системах втрати води зведені до мінімуму та визначаються тільки витіканням з нещільних з'єднань трубопроводів і арматури. У теперішній час закриті систем застосовуються в основному в охолоджуючих системах водопостачання, де вода тільки нагрівається і не забруднюється механічними домішками. На підприємствах часто кількість охолоджуючих систем значно перевищує інші, в яких вода забруднюється. В охолоджуючих системах використовується до 70-80% води від загальної витрати, що споживається підприємством. Це так звані умовно-чисті цикли. Для забруднених систем закриті теплообмінники поки що не застосовуються.

Основні питання, що характеризують роботу систем оборотного водопостачання, - це:

- водний і сольовий баланси;
- оцінка небезпечності та інтенсивності утворення щільних сольових відкладів у обладнанні та трубопроводах;

- оцінка небезпечності корозійного зносу;
- методи стабілізаційної обробки води.

### ***Водно-хімічний режим оборотних систем водопостачання***

Режим роботи оборотних систем різко відрізняється від прямоточних систем. Вода багаторазово підігрівається, охолоджується, випаровується, розбризкується та виноситься потоком повітря. Крім того, вода змінює свій хімічний склад внаслідок випаровування та підживлення свіжою водою.

Дуже важливими показниками водно-хімічного режиму систем оборотного водопостачання є водний та сольовий (матеріальний) баланси.

Водяний режим в оборотних системах характеризується зміною якісних показників води та впливом її на споруди. Так, в результаті випаровування в охолоджувачах частини води підвищується концентрація мінеральних солей, розчинних у циркуляційній воді систем оборотного водопостачання. При певних концентраціях солі тимчасової жорсткості (головним чином карбонат кальцію  $\text{CaCO}_3$ ) можуть випадати з неї у теплообмінниках, що різко знижує коефіцієнт теплопередачі та погіршує експлуатаційні показники.

Для запобігання випадінню солей жорсткості здійснюється постійна ***продувка*** систем оборотного водопостачання, тобто видалення з неї частин циркуляційної води.

Втрати води на продувку, винос та випаровування повинні бути компенсовані додаванням у систему свіжої додаткової води.

Стабілізація сольового складу буде спостерігатися при умові, якщо кількість солей, що виводяться з системи за рахунок продувки та в результаті бризкоуносу води з охолоджувача буде дорівнювати кількості солей, що надходить з додатковою водою.

Солі, що надходять у систему водопостачання слід розподіляти на дві основні групи:

1. Солі, що добре розчиняються у воді (не випадають у осад ні при яких умовах роботи системи, це хлориди калію, натрію, кальцію та магнію).

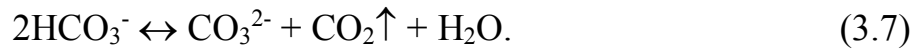
2. Солі, які внаслідок недостатньої розчинності при порушенні вуглекислотної рівноваги випадають у осад.

В практиці водопідготовки ***стабільною*** прийнято називати воду, яка при визначеній температурі не здібна виділяти нерозчинні сполуки карбонату кальцію та не є агресивною, тобто не руйнує конструкційні матеріали. В якості основної умови такої стабільності є співвідношення між розчиненою у воді вільною вуглекислотою і іонами кальцію.

***Вуглекислотна рівновага*** – це рівновага між розчиненою у воді вуглекислотою та іонами кальцію.

Надмір вільної вуглекислот над рівновагою зветься агресивною вуглекислотою. Вода з надлишком вуглекислоти здатна розчинити захисну карбонатну плівку, що приводить до корозії металу та руйнування бетону.

Внаслідок втрати вуглекислоти бікарбонати переходять у карбонати кальцію та відкладаються на стінках. Це відбувається внаслідок підігріву води.



Якщо додати деяку кількість вільної вуглекислоти, рівновага зрушиться ліворуч і відбудеться розчинення карбонату кальцію.



Співвідношення між різними формами вуглекислоти залежать від визначеної температури та від активності іонів водню, тобто рН розчину.

#### ***Втрати води в оборотних циклах водопостачання***

Як правило, із системи оборотного водопостачання частина води скидається у водні об'єкти, це обумовлено тим, що системи мають продувку, величина якої коливається в межах від 5 до 15% від витрати циркулюючої у системі води.

***Продувка*** – це освіження циркулюючої води за рахунок скиду частини води, що призводить до зниження рівня забруднень циркулюючої у системі води.

Разом із продувкою у водойми потрапляють у повному об'ємі всі ті забруднення, які потрапили у стічні води на тому чи іншому об'єкті. Тобто система оборотного водопостачання, яка працює із продувкою, не дозволяє знизити кількість розчинних у воді забруднень, що потрапляють у водойми.

Втрати води на випаровування

$$p_1 = k_{\text{вип}} \cdot \Delta t \cdot Q, \quad (3.10)$$

де  $k_{\text{вип}}$  – коефіцієнт, що враховує долю тепловіддачі випаровуванням у загальній тепловіддачі, залежить від температури повітря по сухому термометру та визначається по СНиП 2.04.02-84;

$\Delta t = t_1 - t_2$  – перепад температур води, що потрапляє на охолоджувач та охолодженої води, °С;

$Q$  – витрата оборотної води.

Якщо перепад температур дорівнює 10°С, то  $p_1 = 1,5\%$  (на градирнях).

Крапельний винос води на обладнанні для охолодження води (на градирнях) за своїм хімічним складом являє собою циркулюючу у системі

воду. Втрати води на винос крапельної вологи ( $p_2$ ) беруться для баштових градирень 0,5-1%, для вентиляторних 0,2-0,5% від витрати циркулюючої у системі води. Втрата  $p_2$  визначається за СНиП і для різних типів пристроїв для охолодження води коливається в межах 0,1-1%.

Втрати води у вигляді шламової пульпи, що видаляється з очисних споруд. Кількість цієї води коливається для різних систем у межах від 2-3% до 5% і більше.

*3.1.4 Сучасні технології, споруди й обладнання водогосподарського комплексу та шляхи застосування їх у галузі*

***Поняття про водогосподарські комплекси, системи та водне господарство.***

В Україні сформувались і функціонують такі виробничо-територіальні комплекси, як машинобудівний, вугільно-металургійний, паливно-енергетичний, лісопромисловий, аграрно-промисловий, комплекс будівельної індустрії та інші. Кожен із них є складним структурно-системним утворенням, до якого належать простіші спеціалізовані комплекси і системи.

Однією із важливих складових ланок єдиного народногосподарського комплексу країни є і ***водогосподарський комплекс (ВГК)***, який охоплює всю територію країни, оскільки жодна сфера життєдіяльності населення неможлива без використання водних ресурсів.

Згідно з державним стандартом колишнього СРСР, ВГК – сукупність різних галузей народного господарства, які спільно використовують водні ресурси одного водного басейну, а водогосподарський словник колишньої Ради економічної взаємодопомоги (1949 р.) визначав ВГК як групу водоспоживачів і водокористувачів, які сумісно використовують даний водотік (водойму) або його ділянку.

Розглядаючи ВГК як складову єдиного народногосподарського комплексу країни, слід визнати, що всі ці визначення не відбивають суті комплексу в економіко-географічному розумінні. Тому під ***водогосподарським комплексом слід розуміти складне системно-структурне утворення, яке включає водні ресурси, водокористувачів, органи управління та контролю і характеризується певною функціональною, галузевою і територіальною структурою.***

У масштабах країни функціонує єдиний ВГК. В окремих великих її частинах – обласні і міжобласні ВГК, а також ВГК на базі водогосподарських систем, які обслуговують не одну, а декілька адміністративних областей. На відміну від загальнодержавного ВГК такі комплекси слід називати ***регіональними водогосподарськими комплексами (РВГК)***.

Як і інші ланки єдиного народногосподарського комплексу країни,

ВГК має власну сировинну базу – водні ресурси і власний (властивий лише йому) виробничий процес підготовки води до різних видів використання, тобто вода вже є продукцією ВГК, яка відпускається або надається користувачам в установленому порядку відповідно до водного законодавства.

Основні теоретичні положення водогосподарського комплексоутворення:

- Водогосподарське комплексоутворення ґрунтується на усупільненні та територіальній інтеграції промисловості, інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, комунальних служб і концентрації населення.

- Процесу водогосподарського комплексоутворення властиві об'єктивні закономірності, в результаті дії яких у конкретних умовах формуються РВГК певних типів.

- Основними комплексоутворюючими факторами формування ВГК є рівень водозабезпеченості та необхідність задоволення потреб у воді населення, промисловості, сільського господарства, гідроенергетики, водного транспорту та інших водокористувачів.

- Особливості територіальної організації окремих типів РВГК нерозривно пов'язані з їх структурою.

- Територіальна організація ВГК є сукупністю функціонуючих водогосподарських систем різних типів і окремих водогосподарських об'єктів.

- Функціонування і подальший розвиток ВГК мають базуватися на інтересах єдиного господарського комплексу держави, кількісних і якісних характеристиках водних ресурсів, необхідності їх раціонального і комплексного використання, охорони та відтворення.

- Регіональні водогосподарські комплекси являють собою територіальні частини єдиного водогосподарського комплексу, який є невід'ємною складовою єдиного народногосподарського комплексу держави.

***Водогосподарська система (ВГС) – це сукупність гідравлічно пов'язаних водних об'єктів і водогосподарських споруд, сумісне функціонування яких спрямоване на оптимальне задоволення запитів водокористувачів.*** Порівняно з РВГК водогосподарська система охоплює меншу кількість галузей або навіть одну, тобто це простіше водогосподарське утворення. Прикладами ВГС є канали Дніпро-Донбас (рис. 3.2), Сіверський Донець-Донбас, Північно-Кримський та інші, зрошувальні, обводнювальні та осушувальні системи, а також сукупність Дніпровських гідровузлів (ВГС Дніпра) (рис. 3.3) тощо.

Водогосподарським комплексам, як і іншим територіально-виробничим комплексам, властива певна територіальна, функціональна та галузева структура.



Рис. 3.2 – Схема каналу Дніпро-Донбас

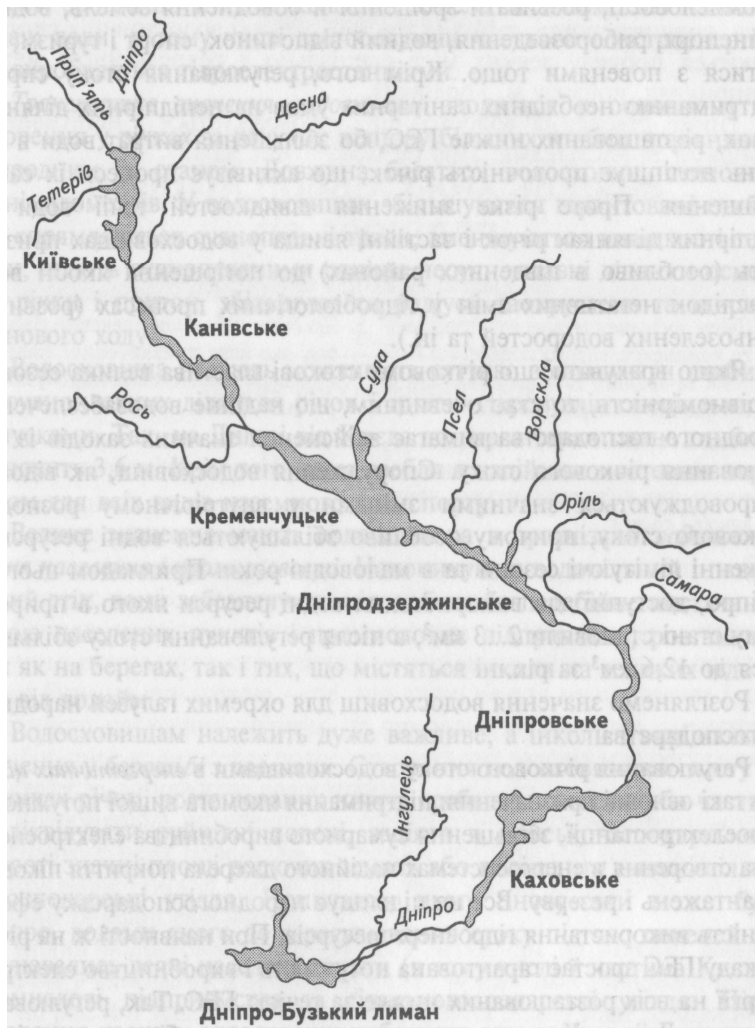


Рис. 3.3 – Схема розташування водосховищ на Дніпрі

**Територіальна структура** відображує певні поєднання водних ресурсів і учасників водогосподарського комплексу, котрі склалися внаслідок територіальної концентрації виробництв, формування промислових районів, зростання великих міст, інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та можливостей задоволення їх потреб місцевими водними ресурсами.

**Функціональна структура** характеризується співвідношенням і значенням певної сукупності водних ресурсів і учасників водогосподарського комплексу в структурі ВГК певної території та їх значенням як комплексоутворювального фактору.

**Галузева структура** відображує склад учасників ВГК, співвідношення між ними за кількістю води, яка використовується, вартістю продукції, що виробляється, або основних виробничих фондів, питомими капіталовкладеннями, впливом на кількісні й якісні характеристики водних ресурсів і на навколишнє середовище.

Регіональні водогосподарські комплекси формуються під впливом численних факторів: переважаючого напрямку (спеціалізації) господарства і ступеня його розвитку, щільності розташування населених пунктів і чисельності населення; забезпеченості транспортними шляхами; особливостей природних умов, основними серед яких є кліматичні, гідрологічні, ґрунтові, гідрогеологічні, геоморфологічні тощо.

**Господарсько-економічні та природно-історичні умови** визначають відмінність РВГК і ВГС за направленістю, складом учасників, об'ємом заходів і перспективами подальшого розвитку.

Одним із важливих завдань при вивченні РВГК є їх **типизація**. Як правило, кожний РВГК охоплює різні види водокористування; їх набір і кількісні співвідношення змінюються в широких межах. А це означає, що можуть бути різні варіанти організації РВГК або різні їх типи. Наприклад, на території України можна виділити певні типи РВГК за ведучими учасниками: водопостачання населення і промисловості (Донбас), гідроенергетика і боротьба зі шкідливою дією вод (Карпатський регіон), зрошувальне землеробство і водопостачання (південні області), осушувально-зволожувальні меліорації (північні області) та ін.

**Формування та значення водогосподарських комплексів і систем.**

Як уже зазначалось, регіональні водогосподарські комплекси і системи формуються під впливом численних факторів та охоплюють різні види водокористування. Порівняно з нарізним використанням водних ресурсів в інтересах окремих галузей, використання їх у сформованих РВГК і ВГС значно ефективніше. Це виражається у підвищенні продуктивності праці, зниженні вартості продукції та розвиткові комбінованого виробництва.

Галузі народного господарства, які використовують водні ресурси

або мають певні вигоди від водогосподарських заходів, називаються **учасниками** РВГК чи ВГС.

При формуванні РВГК і ВГС бажано дотримуватись таких вимог:

- найповніше забезпечувати запити їх учасників як за кількістю води, так і за якістю;
- не допускати погіршення природних умов і гарантувати охорону водотоків і водойм від забруднення та виснаження;
- забезпечувати найвищу економічну ефективність для всіх учасників;
- гарантувати простоту і разом з тим надійну експлуатацію всієї сукупності гідротехнічних споруд (гребель, гідростанцій, насосних установок, каналів, трубопроводів, різних споруд на розподільчій мережі та ін.), забезпечуючи при цьому їх довговічність.

Залежно від значимості завдань, які вирішуються при формуванні РВГК чи ВГС, серед їх учасників є **основні** (або ведучі), інтереси яких переважають, і **супутні**.

Між окремими учасниками РВГК і ВГС встановлюються певні співвідношення, які з часом можуть змінюватись. Прикладом може бути водогосподарська система Дніпра, коли на початкових стадіях формування ВГС основними учасниками були гідроенергетика і водний транспорт. Пізніше основними учасниками стали комунально-побутове і промислове водопостачання, зрошувальне землеробство, рибне господарство й інші галузі, а гідроенергетика та водний транспорт за значимістю поступово відійшли на останні місця.

Формування РВГК і ВГС досить складне завдання. При цьому необхідно враховувати три пов'язані між собою фактори: природний, економічний та технічний.

**Природний фактор** (водні ресурси, місцеві природні умови) зумовлює можливості функціонування та розвитку комплексу чи системи, визначає позитивний та негативний їх вплив на довкілля.

**Економічний фактор** (інтереси виробництва та соціального розвитку, водогосподарський баланс) враховує інтереси всіх зацікавлених галузей і окремих водокористувачів; він має забезпечувати максимальний економічний ефект і мінімальні втрати при недоодержанні води та об'єктивний розподіл сумарних капіталовкладень і витрат.

**Технічний фактор** визначає технічні рішення, які сполучають роботу гідротехнічних споруд і різних заходів, що забезпечують функціонування комплексу чи системи в конкретних місцевих умовах.

Вирішення суперечностей між водокористувачами відбувається в процесі формування РВГК і ВГС, їх усунення є однією із важливих умов оптимального функціонування регіональних водогосподарських комплексів і систем.

Значна увага питанням взаємної узгодженості вимог до водних



ресурсів різних користувачів, які входять до РВГК і ВГС, має приділятися при складанні схем і програм комплексного використання й охорони водних ресурсів річок і регіонів.

Ступінь узгодженості або допустимості суперечностей для окремих водокористувачів у комплексі (системі) оцінюють з урахуванням: оборотності (чи необоротності) використаної води; характеру використання водних ресурсів у часі; технічних вимог водокористувачів до водного джерела відносно витрат і рівнів води, глибин, швидкостей течії й, особливо, якості води.

***При плануванні та створенні РВГК і ВГС необхідно кожен річковий басейн розглядати як єдину природну систему, всі елементи якої (річки, струмки, стави, водосховища, болота, підземні води) взаємопов'язані і перебувають у своєрідній гідрологічній рівновазі.*** Тому при частковому використанні одного або кількох елементів недопустиме порушення нормальної діяльності системи в цілому.

Робота водогосподарських комплексів і систем, методика їх створення та управління ними залежить від коливання водних ресурсів у часі.

***Специфіка роботи водогосподарських комплексів і систем полягає в тому, що зміна кількості наданої користувачам води зумовлюється нерівномірністю не тільки її використання, а й коливаннями стоку.*** Якщо, наприклад, теплоелектростанція узгоджує свою роботу зі змінами у споживанні енергії, то водогосподарська система має приводити у відповідність дві величини, які коливаються, – попит на воду та її пропонування. Через це виникає потреба в регулюванні стоку; ускладнюються добір доцільного складу учасників і визначення параметрів ВГК чи ВГС, а також методи інженерного розрахунку режиму їх роботи й ефекту.

Для досягнення найефективнішого використання водних ресурсів, вибору оптимальних параметрів і режиму роботи регіонального водогосподарського комплексу чи системи необхідно глибоко і всебічно проаналізувати ряд питань із урахуванням перспектив розвитку не тільки окремих галузей водного господарства, а й господарства в цілому.

Склад учасників і параметри водогосподарського комплексу (системи) мають бути економічно обґрунтованими. Оптимальним буде таке задоволення вимог водокористувачів, за якого забезпечується найбільший сумарний народногосподарський ефект.

#### ***Комплексні гідровузли, їх компоновка і призначення***

Технічним засобом використання водних ресурсів річок для задоволення потреб водокористувачів є зведення гідротехнічних споруд. ***Сукупність гідротехнічних споруд різного призначення в одному місці складає комплексний гідровузел.*** Компоновка і склад споруд таких гідровузлів залежать від водогосподарських завдань і місцевих умов

будівництва. У зв'язку з тим, що водні ресурси єдині для різних галузей народного господарства й великих територій, кожний більш-менш великий вузол гідротехнічних споруд проектується й експлуатується, як правило, в інтересах не однієї, а кількох галузей господарства.

Так, спорудження комплексних гідровузлів на рівнинних річках створює сприятливі умови для гідроенергетики, судноплавства, водопостачання, зрошення та боротьби з повеннями, а великі водосховища при них дають змогу розвивати теплоенергетику, мати хороші умови для відпочинку, туризму, водного спорту і рибного господарства. Використання гребель для прокладання залізниць і автомобільних доріг дає змогу відмовитись від будівництва складних і дорогих мостових переходів. Після закінчення будівництва комплексного гідровузла залишається потужна будівельна база і розвинуте житлове господарство, які необхідні для подальшого розвитку економіки прилеглих районів. Відбуваються зміни демографічних і соціальних факторів. Прикладами таких комплексних гідровузлів є, наприклад, гідровузли Дніпровського каскаду та Дністровський гідровузол.

Звичайно річковий гідровузол складається із загальних і спеціальних (галузевих) споруд.

**Загальні споруди** слугують для створення у вузлі необхідних напорів, ємкостей і гідравлічного стану, необхідного для роботи споруд, що входять до гідровузла.

До загальних споруд гідровузла належать: гребля для створення погрібного напору і ємкості водосховища; водоскидні споруди (водозливи і водоспуски) для скидання надлишкових вод і спорожнення водосховища; споруди для затримання і видалення сміття, льоду, шуги (захисні стінки, решітки, шугоскиди); випрямні та сполучувальні споруди для огороження русла і берегів від розмивів і спрямування водного потоку до робочих отворів (дамби, підпірні стінки, кріплення, з'єднання тощо); у деяких випадках обладнують промивні споруди (грязеспуски) для скидання донних наносів, що надходять у водосховище.

**Спеціальні споруди** мають конкретні призначення: водопостачання, енергетика, зрошення, водний транспорт тощо. Такими спорудами в складі гідровузла можуть бути: водоприймачі для забору і подальшої подачі води в різні споруди (канали, трубопроводи, тунелі, гідроелектростанції, насосні станції та ін.), судноплавні шлюзи й отвори в греблях, рибоходи, пристані, пірси тощо.

Технологічні зв'язки між комплексним гідровузлом і галузями народного господарства здійснюються через супутні об'єкти. До таких об'єктів належать: лінії електропередач від ГЕС до приймальної підстанції, магістральні та зрошувальні канали, трубопроводи для водопостачання тощо.

При компоновці споруд гідровузла дотримуються таких основних

вимог: розташування споруд загального і спеціального призначення має забезпечувати найповніше проведення основних робочих операцій кожної споруди; має досягатися найкраща узгодженість дії суміжних споруд і всього гідровузла; розміщення споруд у гідровузлі має бути компактним, із дотриманням мінімальних об'ємів будівельних робіт й експлуатаційних витрат.

Схему гідровузла та склад споруд обирають, виходячи з найвищого економічного ефекту.

Основою більшості комплексних гідровузлів є гребля, розміри якої визначають з урахуванням топографічних, геологічних і гідрологічних умов і вимог провідних учасників РВГК чи ВГС (гідроенергетика, зрошення, водопостачання та водний транспорт).

Утворений греблею **напірний фронт** складається переважно з двох частин: **глухої** і **водозливної**; через останню надлишкові об'єми води скидають у нижній б'єф.

До складу напірного фронту може входити будинок ГЕС. У складі комплексного гідровузла можуть бути **суднопропускні (шлюзи або суднопідіймачі)** або **рибопропускні споруди (рибоходи, рибохідні шлюзи або рибопідіймачі)**.

При будівництві великих комплексних гідровузлів вирішуються проблеми і сухопутного транспорту – по гребеню греблі прокладається залізниця або автомобільна дорога.

Комплексними гідровузлами можуть бути не тільки при будівництві гребель і облаштуванні водосховищ. Такими є й окремі великі насосні станції або великі водозабірні споруди з каналами, що подають воду для зрошення, водопостачання та для інших цілей (енергетики, судноплавства, рибоводства).

**Водосховища та їх значення у комплексному використанні водних ресурсів.**

Єдиним способом вирішення проблем водозабезпечення в багатьох випадках є регулювання стоку шляхом створення водосховищ. Зведення гребель і дамб у руслах річок дає змогу акумулювати великі об'єми води, яка використовується потім багатьма водокористувачами. Водосховища мають також велике значення для боротьби зі шкідливою дією вод (повеннями і селями) і створюють сприятливі умови для організації відпочинку населення.

Необхідність утворення водосховищ може зумовлюватись: забезпеченням зрошення й обводнення земель у посушливих районах; створенням напору та акумуляцією води для виробництва електроенергії на ГЕС і підтриманням необхідних глибин на водних шляхах; перекиданням водних ресурсів у інші регіони; забезпеченням водою населення, промисловості, теплових і атомних електростанцій; боротьбою з повеннями; організацією зон відпочинку населення тощо.

Водосховища як об'єкти глобального масштабу з'явилися у другій половині ХХ ст. Вони створюються майже в усіх країнах світу. Всього їх налічується понад 10 000 (великих, об'ємом понад 1 млн м<sup>3</sup> кожне), сумарним повним об'ємом близько 5 тис. км<sup>3</sup>, корисним – 3 тис. км<sup>3</sup>, площею водної поверхні 400 тис. км<sup>2</sup>. В Україні налічується 1087 водосховищ загальною площею водної поверхні понад 9 тис. км<sup>2</sup>, сумарним об'ємом близько 55 км<sup>3</sup> і корисним – 24,3 км<sup>3</sup>.

Розглянемо значення водосховищ для окремих галузей народного господарства. Регулювання річкового стоку водосховищами в **енергетичних цілях** має такі основні призначення: підтримання якомога вищої потужності гідроелектростанції, збільшення сумарного виробництва електроенергії та створення в енергосистемах надійного джерела покриття пікових навантажень і резерву. Все це підвищує народногосподарську ефективність використання гідроенергоресурсів. При наявності ж на річці каскаду ГЕС зростає гарантована потужність і виробництво електроенергії на всіх розташованих нижче за течією ГЕС. Так, регулювання стоку Дніпра Кременчуцьким водосховищем збільшує щорічне виробництво електроенергії Дніпровською ГЕС на 500 млн кВт·рік і підвищує гарантовану потужність Дніпровської та Каховської ГЕС більше ніж на 100 тис. кВт.

Особливо велике значення має регулювання стоку водосховищами для **зрошення**. При цьому поряд із повнішим використанням стоку для самопливного зрошення земель утворюються також можливості зрошення значної кількості земель за допомогою насосної подачі води, в тому числі застосовуючи частково електроенергію, що виробляється гідроелектростанціями.

**Транспортне значення водосховищ** зводиться, в основному, до створення у річках за рахунок підпору більших глибин порівняно з природним їх станом. Довжина багатьох водосховищ становить сотні кілометрів. У водосховищах збільшуються гарантовані глибини, спрямляються судноплавні траси, зменшуються швидкості течії води, стають судноплавними раніше несудноплавні ділянки основної річки і приток, збільшуються радіуси заокруглень та ширина суднового ходу.

Водосховища надають можливість суттєво збільшувати глибини на судноплавних ділянках річок і нижче гідровузлів спеціальними попусками. Так, на Дніпрі від Києва до гирла гарантована глибина становить 3,6 м. Крім того, сама гребля є надійним мостовим переходом для всіх видів наземного транспорту.

Велике значення мають водосховища в організації **водопостачання населення і промисловості**. Накопичуючи водопільний і паводковий стік, вони забезпечують цілодобове безперебійне постачання водою населених пунктів і промислових підприємств, розташованих як на берегах, так і тих, що містяться інколи на великих відстанях від водойм.

Водосховищам належить дуже важливе, а інколи і вирішальне, значення у **боротьбі з повенями**. Створення водосховищ дає змогу на ділянках річок, розташованих нижче гребель, повністю або частково ліквідувати руйнівні повені, задіяти в сільськогосподарському обороті значні площі родючих земель або поліпшити наявні сільськогосподарські угіддя. Прикладом цього знову-таки може бути Дніпро, водами якого до зарегулювання стоку під час повеней затоплювались деякі населені пункти (в тому числі й частина Києва), промислові підприємства та сільськогосподарські угіддя. Після створення каскаду водосховищ небезпека затоплення під час повеней прилеглих до Дніпра територій усунута.

Гідротехнічне будівництво надає широкі можливості для інтенсифікації **рибного господарства** у створюваних водосховищах, де воно має переходити від промислу до організованого управління процесами відтворення риби.

Водосховища широко використовуються також в цілях **рекреації**: для відпочинку населення, любительського риболовства, мисливства, водного спорту, туризму тощо. Невеликі водосховища споруджуються поблизу деяких міст спеціально з рекреаційною метою (наприклад, поблизу м. Горлівка).

Проте створення водосховищ супроводжується і негативними явищами та наслідками.

Оцінка наслідків впливу водогосподарських заходів стосовно охорони природного середовища із соціально-економічних позицій може бути не однаковою – те, що корисне для господарства і людей, часто негативно впливає на природне середовище, і навпаки. Найбільший вплив серед водогосподарських заходів має регулювання стоку за допомогою водосховищ.

Великі водосховища впливають на **зміну природних умов прилеглих до них територій**. Причому вплив їх дуже різноманітний і може бути прямим і опосередкованим, позитивним і негативним, постійним і тимчасовим.

Виділяють такі зони прямого впливу водосховищ на довкілля.

**Зона постійного затоплення** – територія, яка повністю вкрита водою майже протягом року і знаходиться в межах від меженною рівня води в річці у природних умовах до позначки нормального підпертого рівня (НПР) водосховища; на цій території не зберігаються попередні природні умови.

**Зона періодичного тимчасового затоплення** – територія, яка періодично затоплюється водою під час весняного водопілля чи паводків. Нижня межа цієї зони – уріз води при НПР, а верхня – рівень води при форсуванні рівнів водосховищ; на цій території формуються природні умови, які наближаються до заплавних.

**Зона підвищення рівня ґрунтових вод** – прилегла до водосховища територія, на якій рівні підземних вод підвищуються і містяться на глибині менше ніж 1 м.

**Зона переформування берегів** – берегова смуга, в якій відбуваються розмив, обвалювання, сповзання, вилуговування, просідання та інші деформації.

**Зона кліматичного впливу водосховищ** – територія, на якій під їх впливом змінюються метеорологічні та кліматичні умови. Встановлено, що клімат прибережних територій набуває нових постійних рис, яких раніше, до наповнення водосховища, не було. Зумовлюється це різними фізичними властивостями водної поверхні і поверхні суші, що трансформують потік сонячної енергії.

### 3.2 Сучасні методи й технології очищення стічних вод

Основними джерелами забруднення вод є атмосферні опади, стоки з сільськогосподарських полів, ферм та інших об'єктів, міські й промислові стічні води, водний транспорт та зливові води. Останні змивають з ґрунтів значні кількості бруду і переносять їх у річки та інші поверхневі водойми. До них добавляються промислові стічні води, в яких містяться шкідливі хімічні речовини. **Стічні води** – води, які відходять після використання в побутовій, промисловій та сільськогосподарській діяльності людини або які пройшли через будь-яку забруднену територію чи об'єкт.

Залежно від характеристики стічні води поділяють на умовно чисті (оборотні) і брудні. **Умовно чистими** (оборотними) стічними водами вважають води після охолодження технологічного обладнання, компресорів та іншого устаткування. Після використання в технологічних процесах їх охолоджують у градирнях і заводських ставках, у деяких випадках звільняють від зависей і знову повертають на охолодження. **Брудні** стічні води різняться за складом забрудників, який визначається технологією виробництва.

Усі види забруднень можна розподілити на хімічні, фізичні, біологічні й теплові. У різних технологічних процесах у промисловості використовують воду, внаслідок чого утворюються такі відпрацьовані стічні води:

- **реакційні** води, що виділяються в ході реакцій. Вони забруднені домішками сировини і продуктів реакції;
- **промивні** води після промивання сировини, продуктів, обладнання, тари, маточні водні розчини;
- **води, що надходять із сировиною** у вигляді вільної та зв'язаної води;
- **водні екстрагенти і абсорбенти**;

- **охолодні води**, що не стикаються з сировиною і продуктами;
- **побутові** води з їдалень, душових, після миття приміщень, пралень, туалетів та ін.;
- **атмосферні опади**, що стікають з території промислових підприємств та інших господарських об'єктів.

Залежно від виду виробництва ці води містять різні шкідливі сполуки неорганічної (луги, кислоти, мінеральні солі) та органічної (органічні сполуки, поверхнево-активні речовини, мийні засоби, пестициди, нафтопродукти тощо) природи. Більшість з них отруйні для біоти водойм. Ці сполуки поглинаються фітопланктоном і передаються ланцюгами живлення більш високоорганізованим організмам. У результаті вміст шкідливих речовин у м'ясі хижої риби (щука, судак, окунь) може в тисячі разів перевищувати їх вміст у воді. Це дуже небезпечно для людей, птахів і тварин, що споживають цю рибу.

Особливо сильно забруднюють природні поверхневі води промислові стічні води хімічних, нафтопереробних, металургійних, шкіряних заводів, текстильних і целюлозно-паперових фабрик, м'ясокомбінатів та інших підприємств. Підприємства целюлозно-паперової промисловості скидають у водойми значні кількості целюлозного волокна та розчинених органічних сполук (вуглеводів, смол, жирів). Забруднені стічні води утворюються під час обробки целюлозної й паперової маси, під час промивання й загущення целюлози, конденсації здувок, розганяння скипидару-сирцю, видалення шлаків, «мокрого» обкорування деревини.

Значну кількість органічних сполук, не властивих природі (ксенобіотиків), містять стоки хімічних підприємств органічного синтезу, виробництва пластмас і мийних засобів. Багато з цих речовин дуже стійкі, біологічно активні і важко видаляються зі стоків, наприклад мийні засоби – детергенти.

У сільському господарстві для підвищення врожаїв і продуктивності земель застосовують пестициди, які змиваються з полів у річки, озера та інші водойми. Тваринництво є постачальником значної кількості мертвої органіки – гною, підстилки, сечовини, які потрапляють у водойми. Наявність сполук нітрогену в поверхневих водах спричинена органічними речовинами тваринного або рослинного походження. При цьому вміст аміаку може коливатися від 0,05 до 1,0 мг/дм<sup>3</sup> і більше, нітритів – від 0,01 до 0,09 і вище, нітратів – до 5-10 мг/дм<sup>3</sup>. У відкритих водоймах міститься також багато різних органічних речовин – феноли, вуглеводні, гумінові сполуки тощо. Їх кількість нерідко сягає 70% маси сухого залишку. Окиснюваність коливається в межах 2-30 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, зменшуючись узимку і збільшуючись улітку. Найбільшу окиснюваність мають води з вмістом гумінових речовин, що спричинює підвищену кольоровість (50-100 градусів і більше).

Біологічне забруднення води відбувається за рахунок надходження зі

стічними водами різних мікроорганізмів, рослин і тварин (найпростіші, гриби, черви, бактерії, віруси та ін.). Багато з них є хвороботворними для людей, тварин і рослин. Найбільшими біологічними забрудниками є комунально-побутові стічні води. Промисловими біологічними забрудниками є підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати й цукрові заводи. Бактеріальне обсіменіння річок, що протікають повз густонаселені райони, є дуже значним. Так, у водосховищі Москва число колоній досягає 429 000 в 1 мл, а подекуди може бути і значно вищим (600 000 і більше). Колі-індекс становить відповідно кілька мільйонів.

Фізичне забруднення води пов'язане зі зміною її фізичних властивостей: прозорості, вмісту зависей та інших нерозчинних домішок, температури й радіоактивності. Нерозчинні речовини (пісок, намул, глинисті часточки та ін.) потрапляють у воду з поверхневим зливом, особливо в разі розорювання водозахисних смуг уздовж річок і наближення орних ділянок до урізу води. Багато зависей потрапляє у водойми із суспензіями з підприємств гірничорудної промисловості (драги, промивні установки та ін.). Пил заноситься з поверхні ґрунту сильними вітрами, особливо в суху погоду. Тверді завислі часточки зменшують прозорість води, пригнічуючи таким чином процеси фотосинтезу водяних рослин, забивають зябра риб тощо. Особливу небезпеку для всього живого становлять радіоактивні домішки, що потрапляють у водойми з викидами АЕС, особливо під час аварій, з часточками попелу ТЕС.

Теплове забруднення спричинює спускання у водойми теплих вод з різних енергетичних установок. Надходження нагрітих вод у річки й озера істотно змінює їх термічний і біологічний режими. Найбільшими тепловими забрудниками є ТЕС і АЕС. Підвищення температури води у водоймах призводить до таких негативних наслідків: до 26°C шкідливого впливу не спостерігається; в інтервалі 26-30°C відбувається пригнічення життєдіяльності риб; понад 30°C спостерігається шкідлива дія на біоценози, а за 34-36°C гине риба та деякі види інших організмів. У теплих водах порушуються умови нересту риб, гине зоопланктон, риби уражуються паразитами і хворобами.

Ступінь допустимого забруднення води у водоймах, що визначається її фізичними властивостями і здатністю до нейтралізації домішок та самоочищення, розглядають як **гранично допустиме навантаження на водойму (ГДН)**. Оскільки в результаті споживання води її ресурси зменшуються і можливі ушкодження екосистем або можливе використання водойм для купання, рибальства та відпочинку, обмеження навантаження тільки з погляду потрапляння у воду промислових забруднень є недостатнім. У цих випадках потрібно розробляти нормативи **гранично допустимого екологічного навантаження на водойму (ГДЕН)**.

Відповідно до регламенту водокористування «Правила охорони



поверхневих вод від забруднення стічними водами» допустиме навантаження на водойму ( $C_{\text{доп}}$ ) визначається як різниця між установленим нормативним навантаженням (тобто можливістю) та існуючим ( $C_{\text{існ}}$ ). Так, якщо під нормативним навантаженням розуміють концентрацію деякої речовини ( $C_{\text{норм}}$ ), то можливість скидання цієї речовини у водойму ( $C_{\text{доп}}$ ) становить

$$C_{\text{доп}} = C_{\text{норм}} - C_{\text{існ}}. \quad (3.11)$$

Якщо показники складу і властивостей води у водоймі змінилися в результаті виробничої діяльності та побутового використання і стали непридатними для одного з видів водокористування, таку водойму вважають забрудненою. Якщо різні домішки перебувають у межах, допустимих нормативами, водойму вважають не забрудненою.

Склад і властивості води у водоймах мають відповідати нормативам у створі, закладеному на водотоках, на відстані одного кілометра вище від найближчого за течією пункту водокористувача (господарсько-питне водопостачання, місця купання, організованого відпочинку, територія населеного пункту тощо), а на непроточних водоймах – на відстані одного кілометра по обидва боки від пункту водокористувача. У багатьох випадках стічні води скидають у межах міської забудови. Отже, першим пунктом водокористування в даному випадку є населений пункт. Тому стічні води слід очищати або розбавляти перед скиданням у водойму чи розсіювати відразу після випускання до встановлених нормативів ГДК.

Для води культурно-побутового та господарсько-питного призначення в основу нормування покладені переважно санітарно-токсикологічні, загальносанітарні та органолептичні обмеження, а для води рибогосподарського призначення – рибогосподарські, токсикологічні і почасти органолептичні ліміти. Всього для води господарсько-питного призначення встановлені ГДК для 640 речовин, рибогосподарського призначення – для 147 речовин.

Одного дотримання гранично допустимих концентрацій недостатньо для забезпечення якості води. Для гарантування якості води в створі водокористування і водоспоживання для кожного підприємства встановлюють **гранично допустиме скидання (ГДС)** шкідливих речовин. ГДС – це маса забруднень у стічних водах, допустима для відведення з установленим режимом у певному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному пункті. ГДС виражається у грамах за секунду і визначається за формулою

$$\text{ГДС} = C_{\text{ст}} \cdot q, \quad (3.12)$$

де  $C_{ст}$  – максимально допустима концентрація забруднювальної речовини в стічній воді, мг/дм<sup>3</sup>;

$q$  – витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с.

ГДС встановлюють з урахуванням ГДК шкідливих речовин у місцях водокористування, здатності водойми до самоочищення та оптимального розподілу маси речовин, що скидаються.

Попередження забруднення стічних вод на підприємствах може бути забезпечене організаційними та технічними заходами.

Організаційні заходи зводяться до попередження спуску стічних вод у водойми без їх очищення. Технічні заходи передбачають очищення стічних вод різними способами, їх повторне використання для технічних потреб і поливання, створення оборотних і замкнених систем водокористування, вдосконалення технологічних процесів на промислових підприємствах з метою зменшення кількості забруднень у стічних водах, перехід на безвідходні та маловідходні технології, скорочення забруднення територій паливно-мастильними та лакофарбовими матеріалами, мінеральними та органічними добривами, тирсою та іншими виробничими відходами, які зі зливними стоками можуть потрапляти у водойми.

Очищення виробничих стічних вод на промислових підприємствах може здійснюватися за такими напрямками:

- очищення стічних вод на заводських очисних спорудах;
- очищення стічних вод після забруднення на заводських, а потім на міських очисних спорудах з подальшим спуском у водойми;
- безперервне очищення виробничих стічних вод і розчинів на локальних очисних спорудах протягом визначеного часу, після чого вони потрапляють в обіг, і лише після з'ясування неможливості регенерації усереднюються і передаються на заводські очисні споруди та утилізуються.

Основні способи очищення виробничих стічних вод поділяються на: механічні, фізичні, фізико-механічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні та комплексні (рис. 3.4).

**Механічні способи** переважно застосовують для очищення стічних вод від твердих частинок і масляних забруднень.

Вибір схеми очищення води від таких речовин залежить від виду, кількості забруднень і необхідного ступеня очищення.

**Фізичні способи** очищення становлять основу термічного очищення, яке застосовується для знешкодження мінералізованих стічних вод.

**Хімічні способи** застосовують самостійно перед подачею стічних вод у систему оборотного водопостачання, перед спуском їх у водойми або міську каналізаційну мережу. В деяких випадках хімічне очищення доцільно проводити перед біологічним очищенням.

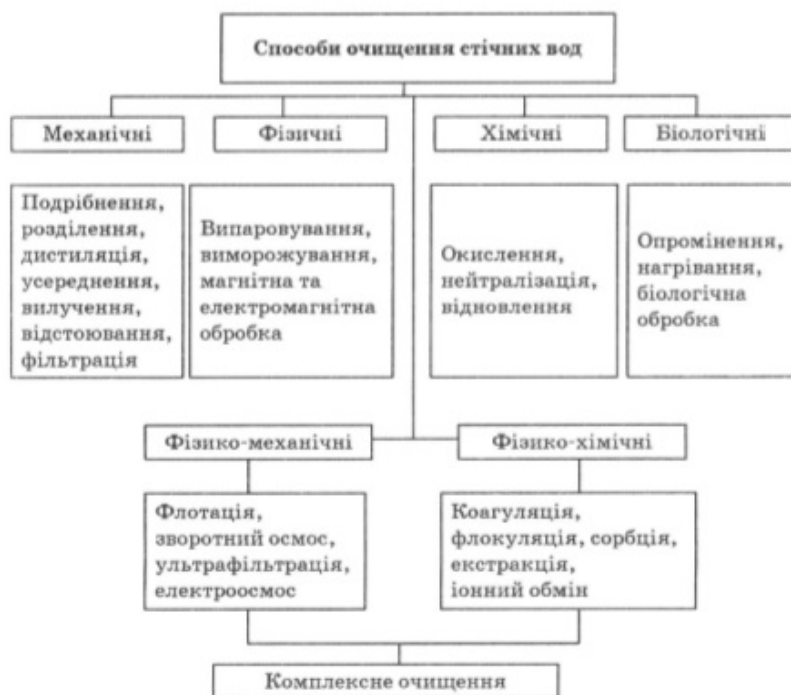


Рис. 3.4 – Класифікація способів очищення стічних вод

**Фізико-механічні й фізико-хімічні способи** широко застосовуються для очищення стічних вод на машинобудівних, деревообробних, целюлозно-паперових підприємствах, а також на заводах ДСП, ДВП, де спостерігається велика кількість забруднювачів.

**Біологічне очищення** – це досить поширений спосіб очищення стічних вод від багатьох органічних і деяких неорганічних речовин, що викидаються підприємствами харчової, целюлозно-паперової, меблевої промисловостей.

### 3.2.1 Механічне очищення стічних вод

Механічне очищення застосовують для вилучення із стічних вод нерозчинених мінеральних та органічних домішок з метою підготовки до біологічного, фізико-хімічного або іншого методу очищення. Механічне очищення є попереднім, рідше - кінцевим етапом очищення стічних вод.

Проціджування як різновид механічного очищення призначене в основному для вилучення зі стічних вод крупних твердих нерозчинених частинок розміром до 25 мм, а також дрібних волокнистих частинок, які при подальшій обробці стоків є перешкодою для нормальної роботи очисного обладнання. Стічні води проціджують через решітки (рис. 3.5). Решітки з металевих прутів (стрижнів), розташованих на відстані 5-25 мм, встановлюються у колекторах очисних споруд вертикально або під кутом

60-75° до горизонту, вони розраховуються на максимальний приплив стічних вод або на пропускну здатність очисної станції.

Швидкість стічної води на решітці не повинна перевищувати 0,8-1,0 м/с при максимальному потоці стічних вод.

Втрата напору в решітці визначається за формулою

$$h_p = \varepsilon \frac{\omega_k^2 P}{2g}, \quad (3.13)$$

де  $\omega_k$  – швидкість руху води в каналі перед решіткою, м/с;

$P$  – коефіцієнт, що враховує збільшення втрат напору внаслідок засмічення решітки, приймають  $P = 3$ ;

$\varepsilon$  – коефіцієнт місцевого опору решітки, що належить від форми стрижнів, з яких виготовлена решітка;

$g$  – прискорення земного тяжіння, м/с<sup>2</sup>.

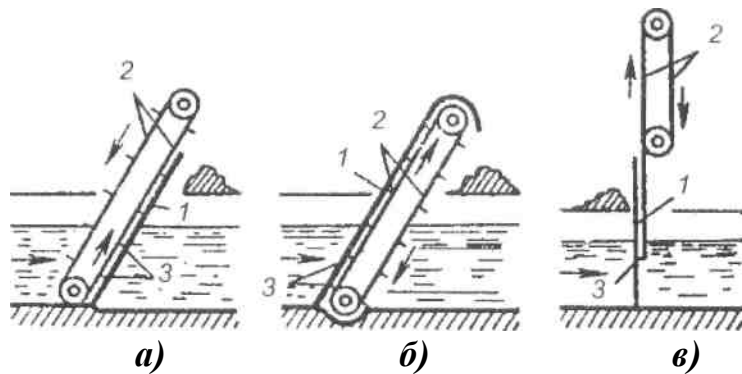


Рис. 3.5 – Основні види решіток з різними способами закріплення відносно потоку води:

**а** – заднє закріплення; **б** – переднє закріплення; **в** – вертикальне закріплення; **1** – решітка; **2** – скребоквий ланцюг; **3** – граблі

Під час роботи решітка повинна постійно очищатися механічним способом, за допомогою вертикальних або поворотних граблів. Усунені з решітки домішки подрібнюють у спеціальних дробарках і скидають у потік стічної води за решіткою або спрямовують на переробку.

Широке практичне застосування мають решітки таких типів:

- механічні уніфіковані решітки типу РМУ;
- решітки з механічними граблями типу МГ;
- комбіновані решітки – дробарки типу РД і КРД.

На рис. 3.6 наведена схема решітки типу РМУ, з якої відходи твердих частинок забираються граблями **2**, шарнірно з'єднаними з

каре́ткою **10**. Зворотно-поступальний рух граблів забезпечується двома сталевими канатами **12**, що намотуються на барабан **9**. За допомогою скидача **4** відходи скидаються у відкидний жолоб **3**. Забруднена стічна вода підводиться до механічних решіток прямокутними каналами.

Для видалення дрібніших зважених частинок застосовують сита двох типів: барабанні й дискові. Перші – сітчасті барабани з отворами 0,5-10 мм. При обертанні барабана стічна вода фільтрується через його зовнішню або внутрішню поверхню залежно від подачі води. Затримані домішки змиваються з сітки водою й відводяться в жолоб. Продуктивність сита залежить від діаметра барабана, його довжини та властивостей домішок. Сита широко застосовують у целюлозно-паперовій промисловості, а також при виробництві деревоволокнистих плит.

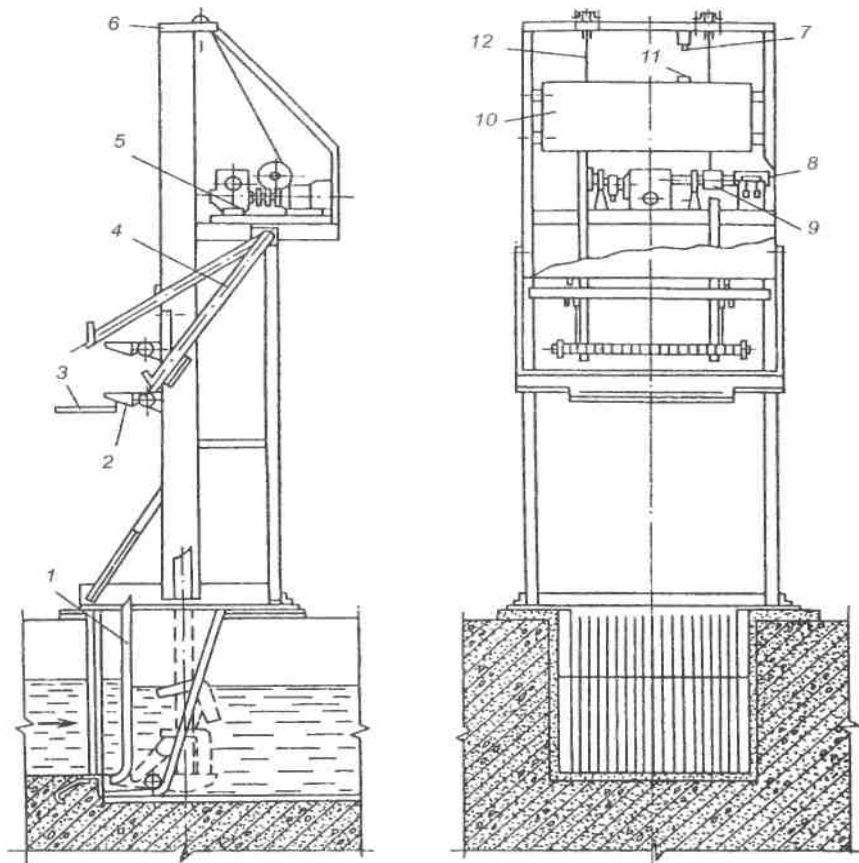


Рис. 3.6 – Схема механічної уніфікованої решітки типу РМУ:

- 1** – решітка;
- 2** – граблі;
- 3** – жолоб відкидний;
- 4** – скидач;
- 5** – електропривід;
- 6** – верхня траверса;
- 7** – кінцевий вимикач;
- 8** – блок перемикачя;
- 9** – барабан вантажний;
- 10** – каретка;
- 11** – упор каретки;
- 12** – металевий канат

**Відстоювання** – процес осідання твердих частинок у рідині. Можливе вільне осідання частинок, що не злипаються, та осідання частинок, схильних до злипання (коагуляції). Закономірності вільного осідання частинок зберігаються при їх масовій концентрації не більше  $2,6 \text{ кг/м}^3$ .

Для очищення стічних вод відстоюванням використовують

пісковловлювачі (рис. 3.7, *а, б*) та відстійники (рис. 3.7, *в*).

Стічна вода, що надходить у пісковловлювач **2** через вхідний патрубок **1**, рухається прямолінійно, а тверді частинки осідають, накопичуючись у шлакозбірнику **3** і на дні пісковловлювача. Очищена вода через вихідний патрубок **4** спрямовується для подальшої обробки. Осад із пісковловлювач видаляють щодобово.

Глибина пісковловлювача вибирається за умови

$$\frac{h_l}{\omega_0} \leq \tau_{\text{пр}}, \quad (3.14)$$

де  $\tau_{\text{пр}}$  – час руху води у пісковловлювачі (30-100 с);

$h_l$  – глибина пісковловлювача;

$\omega_0$  – швидкість осідання частинок, м/с.

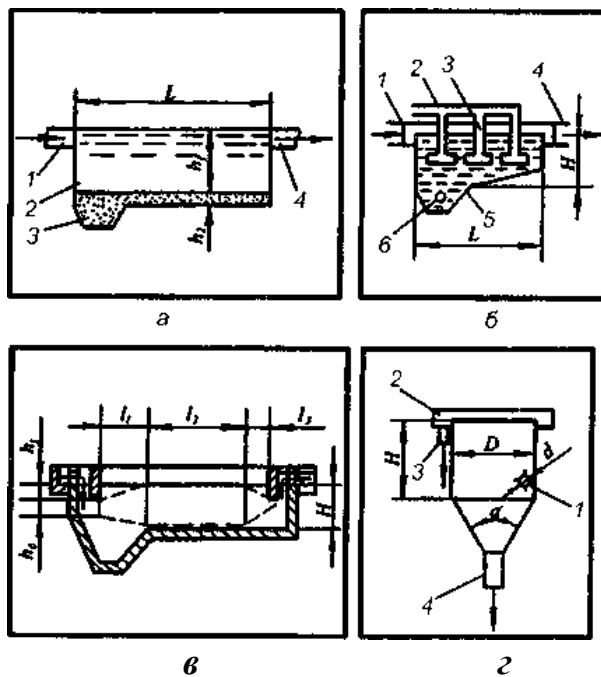


Рис. 3.7 – Основні схеми установок для очищення стічних вод від твердих домішок:

*а* – пісковловлювач;

*б* – аерований пісковловлювач;

*в* – відстійник;

*г* – гідроциклон

Довжина пісковловлювача визначається за формулою

$$L = \frac{kh_l\omega}{\omega_0}, \text{ м} \quad (3.15)$$

де  $\omega$  – швидкість руху води у пісковловлювачі (0,15-0,30 м/с);

$k$  – коефіцієнт турбулентності (1,3-1,7).

Ширина пісковловлювача визначається за формулою

$$B = \frac{Q}{h_1 \omega n}, \text{ м} \quad (3.16)$$

де  $Q$  – витрати стічної води;

$n$  – число секцій пісковловлювача.

Для виділення твердих частинок фракційним складом застосовують аеровані пісковловлювачі (рис. 3.7, *а*). До складу таких пісковловлювачів входить: вхідна труба **1**, повітровід **2**, повітророзподільник **3**, вихідна труба **4**, шламозбірник **5** з отвором **6** для виділення шламу. Крупні фракції осідають так, як і в горизонтальних пісковловлювачах. Дрібніші частинки, обволікаючись бульбашками повітря, впливають на поверхню води і вилучаються з неї скребковими механізмами.

Крім пісколовок, для механічного очищення води часто застосовують відстійники (рис. 3.7, *в*). За напрямком руху стічної води відстійники поділяються на горизонтальні, вертикальні, радіальні та комбіновані.

У стічних водах, до складу яких входять завислі домішки, трапляються, як правило, частинки різної форми й розміру. Такі води формують полідисперсні гетерогенні, агрегатно нестійкі системи.

У процесі осідання змінюються розмір, густина й форма частинок. Крім цього, при злитті різних за хімічним складом стічних вод можуть утворюватись тверді речовини, в тому числі й коагулянти, що також впливають на форму та розміри частинок, всі ці фактори ускладнюють процес осідання.

Властивості стічних вод відрізняються від властивостей чистої води, зокрема, більш високими значеннями в'язкості та густини, які для стічної води зі завислими твердими речовинами визначаються за формулами

$$\mu_c = \mu_0(1 + 2,5C_0), \quad (3.17)$$

$$\rho_c = \rho\varepsilon + \rho_{\text{ТВ}}(1 - \varepsilon), \quad (3.18)$$

де  $\mu_c$ ,  $\mu_0$  – відповідно динамічні в'язкості стічної та чистої води;

$C_0$  – об'ємна концентрація зважених речовин;

$\rho$ ,  $\rho_{\text{ТВ}}$  – густина чистої води та твердих частинок;

$\varepsilon$  – об'ємна частка рідкої фази, що визначається за формулою

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V_p + V_{\text{ТВ}}}, \quad (3.19)$$

де  $V_p$ ,  $V_{ТВ}$  – об'єми рідкої й твердої фази у стічній воді.

Процес відстоювання часто використовують для очищення виробничих стічних вод від нафтопродуктів (бензину, мастил), смол, жирів та ін. Очищення від спливаючих домішок аналогічне осіданню твердих речовин. Відмінність лише в тому, що густина частинок, які спливають, менша, ніж густина води. Для вловлювання частинок масел і жирів застосовують масло-пастки й жиропастки.

Очищення стічних вод методом **відцентрування** здійснюється у гідроциклонах і центрифугах. На рис. 3.7, з зображено відкритий гідроциклон, що використовується для очищення стічних вод від крупних твердих частинок зі швидкістю осідання понад 0,002 м/с. Він складається з вхідного патрубку 1, кінцевого зливу 2, труби для відведення очищеної води 3 і шлаковідвідної труби 4.

При проектуванні відкритих гідроциклонів рекомендуються такі значення геометричних характеристик:  $D = 2-10$  м;  $H = D$ ;  $d = 0,1D$ ;  $\alpha = 60^\circ$  ( $D$ ,  $H$  – відповідно діаметр і висота циліндричної частини циклона;  $d$  – діаметр вихідної труби;  $\alpha$  – кут між двома твірними конуса).

Продуктивність напірного гідроциклона визначається за формулою

$$Q = kDd_{\text{ВП}}\sqrt{2g\Delta H}, \quad (3.20)$$

де  $k$  – безрозмірний коефіцієнт;

$D$  – діаметр гідроциклона,

$d$  – діаметр впускного патрубка;

$\Delta H$  – перепад тисків між зливом і впуском води, Па.

**Фільтрування** призначене для очищення стічних вод від дрібнодисперсних твердих домішок з невеликою концентрацією. Цей метод застосовується також після фізико-хімічного та біологічного очищення, оскільки вони часом супроводжуються виділенням в очищувану воду механічних домішок. Для фільтрування стічних вод використовують два класи фільтрів: зернисті (вода пропускається через незв'язані пористі матеріали) і мікрофільтри, фільтроелементи яких виготовлені зі зв'язаних пористих матеріалів. У зернистих фільтрах як фільтроматеріали використовують кварцовий пісок, подрібнений шлак, гравій та ін.

### 3.2.2 Фізичне очищення стічних вод

До фізичних способів очищення стічних вод належать насамперед випарювання, виморожування та ін. При цьому вирішальним фактором є температура. Тому такі способи очищення в інженерній практиці часто називають термічними.

Ці способи застосовують для очищення мінералізованих стічних вод,



виділення з них солей та отримання умовно чистої води для кільцевого водопостачання.

Процес розділення мінеральних речовин і води відбувається у два етапи: концентрування і виділення сухих речовин. Очищену воду з мінералізованих стічних вод отримують у випарювальних, виморожувальних (вакуумних) і кристалогідратних установках. Вибір способу очищення залежить від складу, концентрації, об'єму стічних вод, їх корозійної активності й необхідного ступеня очищення.

Для випарювання стічних вод, що виділяються при виробництві синтетичних смол, лаків, фарб, реактивів та ін., широко застосовують випарювальні установки з контактними апаратами. У них відбувається безпосередній контакт між теплоносіями і стічною водою. Для нагрівання води використовують газоподібні, рідкі та тверді теплоносії.

Випарювальні установки бувають одноступеневими й багатоступеневими. На практиці широко застосовують одноступеневі адіабатні, випарювальні установки (рис. 3.8).

Цю установку називають установкою миттєвого випарювання. Вона працює за таким принципом. Стічна вода насосом подається в конденсатор 2, де попередньо нагрівається водяною парою. Далі вода подається у підігрівач 4, з якого потрапляє в камеру випарювання 1. З цієї камери розчинник насосом подається частково на рециркуляцію і частково на подальше випарювання. Дистилат, що стік на підставку 3, насосом подається споживачу.

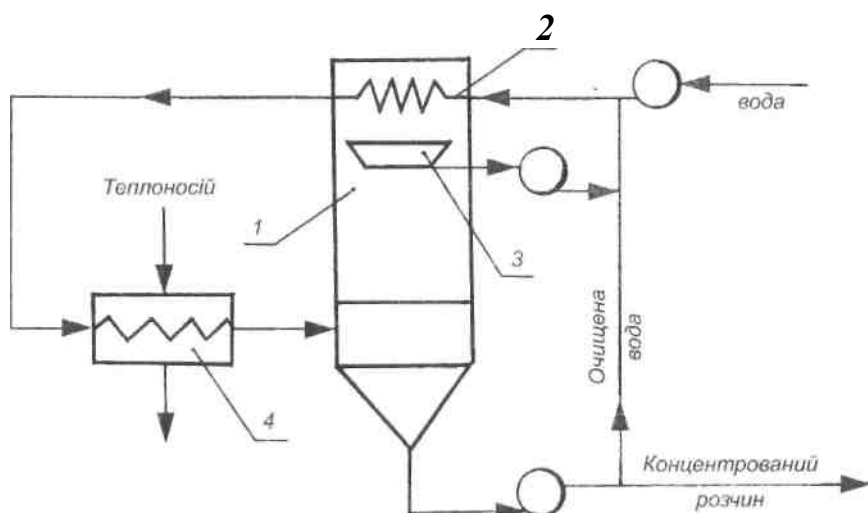


Рис. 3.8 – Схема одноступеневої адіабатної випарювальної установки:

- 1 – камера випарювання;
- 2 – конденсатор;
- 3 – підставка;
- 4 – підігрівач

Продуктивність ( $\text{м}^3/\text{год}$ ) одноступеневої установки миттєвого випарювання (УМВ) визначається за формулою

$$\Pi = \frac{WC(t_{\text{п}} - t_{\text{к}})}{\theta}, \quad (3.21)$$

де  $W$  – витрата води, кг;  
 $C$  – теплоємність розчину (Дж/кг град);  
 $t_{\text{п}}$  – температура розчину на виході підігрівача, °С;  
 $t_{\text{к}}$  – температура розчину в камері випарювання, °С;  
 $\theta$  – тепло випарювання, Дж.

Питому витрату пари для одного ступеня приймають приблизно 1 кг/кг.

В установках виморожування процес концентрування мінералізованих вод ґрунтується на тому, що концентрація солей у кристалах льоду значно менша, ніж у розчині (теоретично утворюється прісний лід). Виморожування може здійснюватись у вакуумі або за допомогою спеціального холодильного агента. Схема установки для концентрування розчинів виморожуванням наведена на рис. 3.9.

Опишемо принцип роботи установки. При подачі в кристалізатор **5** з попередньо охолодженого розчину утворюється лід. Кристали льоду виділяються із суспензії в промивній колонці **1**, а потім розморожуються в конденсаторі **2**. Для стискання водяної пари до тиску, що відповідає насиченню чистої води при температурі її заморожування, використовують компресор **4**. Установка працює при високому вакуумі. Установки такого типу використовують для опріснення солоних вод.

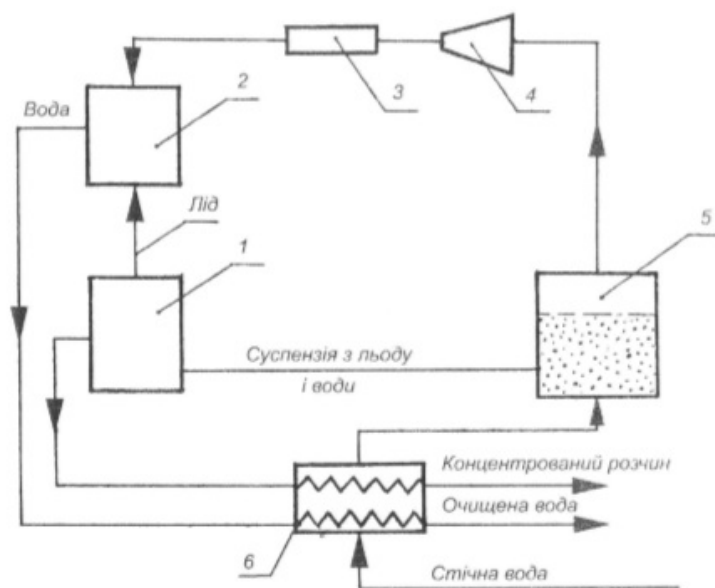


Рис. 3.9 – Схема установки для концентрування розчинів виморожуванням під вакуумом:

- 1** – промивна колонка;
- 2** – конденсатор-розпилювач;
- 3** – допоміжна холодильна установка;
- 4** – конденсатор;
- 5** – кристалізатор;
- 6** – теплообмінник

Для очищення стічних вод часто застосовують кристалогідратні установки (рис. 3.10).

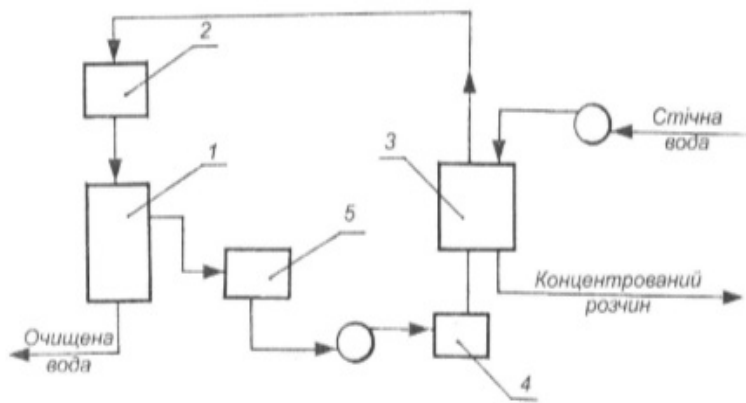


Рис. 3.10 – Схема установки для очищення стічної води методом гідратуутворення:

- 1 – сепаратор;
- 2 – камера танення;
- 3 – камера гідратуутворення;
- 4 – ємність;
- 5 – конденсатор

Кристалогідратний процес полягає в концентруванні стічної води з гідроутворюваним агентом (пропаном, хлором, фреоном, вуглекислим газом та ін.) та утворенні кристалогідратів. При переході молекул води в кристалогідрати концентрація розчинених речовин у воді підвищується. При таненні кристалів утворюється вода, з якої виділяється пара гідроутворюваного агента. Процес гідроутворення може протікати при температурі, нижчій та вищій від температури навколишнього середовища. У першому випадку необхідно застосувати холодильні установки, в другому – не потрібно.

Процес очищення води методом гідроутворення відбувається в такий спосіб. Стічна вода подається в камеру 3 під тиском, при якому утворюються гідрати. Одночасно в камеру іншим насосом подаються теплоносії та гідроутворювана речовина. Теплоносії є розчинником для гідратуючої речовини.

У камері забезпечується безпосередній контакт стічної води й теплоносія, внаслідок чого утворюються тверді гідрати.

Насичена хімічними речовинами стічна вода відводиться з камери, а теплоносії з гідратами поступає в камеру розморожений 2, де відбувається руйнування кристалогідратів за допомогою тепла, що виділяється в процесі утворення гідратів. З камери 2 чиста вода, теплоносії та гідроутворювальна речовина потрапляють у сепаратор 1, де розділяються. Чиста вода відводиться за межі установки, а теплоносії і пара гідроутворюваної речовини поступають у конденсатор 5, де пара цієї речовини конденсується, після чого з теплоносієм спрямовується в камеру 3 для повторного використання. Як теплоносії використовують метан, пропан та інші гази, які, на жаль, поки що досить дорогі.

Із фізичних методів очищення стічних вод найбільш ефективним й універсальним є вогневий метод. Суть його полягає в розпиленні стічних вод безпосередньо в топкових газах, нагрітих до температури 900-1000°C. При цьому вода повністю випаровується, а органічні суміші згоряють.

Мінеральні речовини, що є у воді, утворюють тверді або розплавлені частинки, які пізніше вловлюються. Цей метод широко застосовується для очищення стічних вод, забруднених високотоксичними органічними речовинами – відходами лакофарбових матеріалів, які часто використовуються у технологічних процесах деревообробних підприємств та ін.

**Кристалізація.** Метод ґрунтується на використанні залежності розчинності речовин від температури. За зміни температури можна одержати перенасичені розчини, з яких випадають кристали речовин. Цей метод використовується для виділення з рідини кристалів домішок. В економічному відношенні цей метод придатний лише для очищення невеликих кількостей концентрованих стічних вод.

Процес кристалізації може бути прискорений за рахунок перемішування і охолодження стічної рідини. Кристалізація здійснюється в кристалізаторах періодичної дії з натуральним і штучним охолодженням, у кристалізаторах безперервної дії та у випаровувачах.

*3.2.3 Фізико-механічне очищення стічних вод – застосування процесів флоатації, іонного обміну, зворотного осмосу та ультрафільтрації в галузі. Сучасні перспективні інженерно-технологічні рішення, типи та конструкції обладнання.*

Фізико-механічні способи очищення стічних вод базуються на флоатації, мембранних технологіях очищення та азотропному відгоні.

**Флоатація** – найбільш поширений спосіб очищення стічних вод целюлозно-паперових і деревообробних підприємств. Флоатацію успішно використовують для очищення стічних вод від маслопродуктів та інших легкоспливаючих речовин, що застосовуються в різних галузях промисловості.

Флоатація – це процес молекулярного прилипання частинок забруднювальних речовин до поверхні розподілу двох фаз: вода – повітря, вода – тверда речовина. Процес очищення стічних вод від легкоспливаючих речовин (розчинників, нафтопродуктів та ін.), волокнистих матеріалів за допомогою флоатації полягає в утворенні системи «частинки забруднень-бульбашки повітря», які спливають на поверхню та утилізуються.

Ефект розділення флоатацією залежить від розміру й кількості бульбашок повітря. Дослідами встановлено, що оптимальним слід вважати розмір бульбашок 15-30 мкм. При цьому необхідний високий ступінь насичення води повітряними бульбашками. Питома витрата повітря знижується з підвищенням концентрації домішок, оскільки збільшується ймовірність зіткнення і прилипання частинок забруднювальних речовин до повітряних бульбашок. Важливе значення має стабілізація розмірів

бульбашок у процесі флотації. Для цього у воду вводять різні піноутворювачі, що зменшують поверхневу енергію розділення фаз. До них належать: соснове масло, крезол, феноли, алкілсульфат натрію та ін.

Вага частинок не повинна перевищувати сили їх прилипання до бульбашок і підйимальної сили бульбашок.

Флотація може бути використана у поєднанні з **флокуляцією**. Цей процес інколи називають **флоктацією**.

Ймовірність утворення комплексу «міхурець-частинка» може визначатись за формулою

$$\omega = \frac{n4/3\pi(R-r)^3 - n4/3\pi R^3}{V}, \quad (3.22)$$

де  $n$  – число бульбашок;

$R$  – радіус бульбашки;

$r$  – радіус частинки;

$V$  – об'єм рідини.

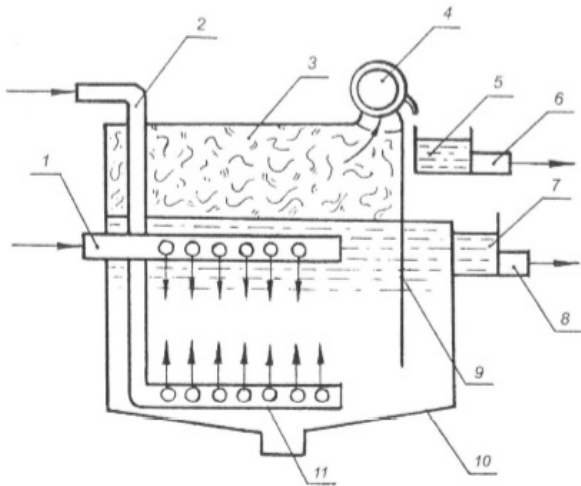
Перевагами флотації є: безперервність і велика швидкість процесу, високий ступінь очищення (95-98%), можливість рекуперації вилучених речовин, простота конструкції флотаційних установок, незначні капіталовкладення.

За принципом дії флотаційні установки класифікуються на такі види: з механічним диспергуванням повітря; з подачею повітря через пористі матеріали; електрофлотаційні та біологічні флотаційні установки.

На машинобудівних, деревообробних і целюлозно-паперових підприємствах доцільно застосовувати пінні, напірні, вакуумні хімічні та біологічні флотаційні установки.

На рис. 3.11 наведена напірна флотаційна установка. Принцип її роботи полягає в такому. Стічна вода трубопроводом **1** через отвори рівномірно надходить у флотатор **10**. Одночасно трубопроводом **2** подається стиснене повітря, яке через насадки **11** з пористого матеріалу у вигляді дрібних бульбашок рівномірно розподіляється вздовж перерізу флотатора. При спливанні бульбашки повітря обволікають частинки забруднених речовин, збільшуючи швидкість їх спливання. Піна накопичується між дзеркалом води і кришкою **3** флотатора, відсмоктується відцентровим вентилятором **4** у збірник **5** і через трубопровід **6** спрямовується для обробки піни та вилучення з неї забруднювальних речовин. У процесі вертикального переміщення стічної води у флотаторі спостерігається насичення води киснем повітря. Очищена вода, огинаючи перегородку **9**, зливається у водоприймач **7** і звідси трубопроводом **8** подається на переробку.

Рис. 3.11 – Схема напірної флотаційної установки:



- 1 – трубопровід для стічної води;
- 2 – трубопровід для стисненого повітря; 3 – кришка;
- 4 – відцентровий вентилятор;
- 5 – пінозбирач;
- 6 – трубопровід для піни;
- 7 – водоприймач;
- 8 – трубопровід для відведення води; 9 – перегородка;
- 10 – флотатор;
- 11 – насадки

Ефект флотації з подачею повітря через пористі матеріали залежить від величини отворів у пористому матеріалі, тиску повітря, витрати повітря, тривалості флотації, рівня води у флотаторі. Досліди підтверджують, що розмір отворів у пористому матеріалі повинен становити від 4 до 20 мкм, тиск повітря 0,1-0,2 МПа, витрати повітря 40-70 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год), тривалість флотації 20-30 хв, рівень води в камері до флотації 1,5-2,0 м.

Крім флотації з механічним диспергуванням повітря, на підприємствах також застосовуються хімічна та біологічна флотації.

**Хімічна флотація** ґрунтується на введенні в стічну воду хімічних реагентів для її обробки, які спричиняють хімічні процеси з виділенням газів: O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub> та ін. Бульбашки цих газів при деяких умовах можуть прилипати до нерозчинених твердих частинок і виносити їх у пінний шар. Таке явище, наприклад, спостерігається при обробці стічних вод хлорним вапном із введенням коагулянтів.

**Біологічна флотація** застосовується для ущільнення осаду із первинних відстійників при очищенні побутових стічних вод. Для цього осад підігрівається водяною парою в спеціальній ємності до 35-55°C і у таких умовах витримується декілька діб. У результаті діяльності мікроорганізмів виділяються бульбашки газів, які виносять частинки осаду в пінний шар, де вони ущільнюються.

**Зворотний осмос** (гіперфільтрація) – це процес фільтрування стічних вод через напівпроникні мембрани під тиском. Мембрани – це тонкі перегородки, виготовлені з напівпроникних і проникних матеріалів (полімери, неорганічні матеріали та ін.), які здатні розділяти як рідинні, так і газові суміші на компоненти. Мембрани, пропускаючи молекули розчинника, затримують розчинені речовини. При зворотному осмосі відокремлюються частинки (молекули, гідратовані іони), розміри яких не

перевищують розміри молекул розчинника. При ультрафільтрації розмір окремих частинок на порядок більше, але максимальні їх розміри не перевищують 0,5 мкм. Таким чином, зворотний осмос відрізняється від ультрафільтрації тим, що він може відокремлювати частинки дуже малих розмірів. Тиск, необхідний для проведення процесу зворотного осмосу, є набагато більшим (6-10 МПа), ніж для процесу ультрафільтрації (0,1-0,5 МПа).

Зворотний осмос широко застосовують для знесолювання води в системах водопостачання парових і водяних котлів промислових підприємств, ТЕЦ, а також для очищення промислових і побутових стічних вод.

Перевагою цього методу очищення є відсутність фазових переходів при відокремленні домішок, що забезпечує невелику затрату енергії на виконання процесу; можливість проведення процесу очищення при кімнатних температурах без застосування або з невеликими добавками хімічних реагентів; простота конструкції установок. Недоліки методу: виникнення явища концентраційної поляризації, що полягає у збільшенні концентрації розчиненої речовини на поверхні мембрани. Це призводить до зменшення продуктивності, ступеня розділення й тривалості експлуатації мембрани.

Ефективність процесу очищення стічних вод залежить від властивостей мембран. Вони повинні володіти високою роздільною здатністю (селективністю), високою питомою продуктивністю (проникністю), стійкістю до дії середовища, достатньою механічною міцністю. Селективність процесу розділення визначають за формулою

$$a = \frac{C_0 - C}{C_0} 100\%, \quad (3.23)$$

де  $C$ ,  $C_0$  – концентрація розчиненої речовини у вивідній стічній воді та фільтраті, мг/дм<sup>3</sup>.

Проникність мембрани визначають кількістю фільтрату, отриманого за одиницю часу з одиниці робочої поверхні

$$\beta = k(\Delta p - p_0), \quad (3.24)$$

де  $\Delta p$  – різниця тисків води до і після мембрани, МПа;

$p_0$  – різниця осмотичних тисків, МПа;

$k$  – коефіцієнт пропорційності, що залежить від проникності мембрани.

Для проведення процесу очищення стічних вод застосовують два види мембран: пористі мембрани у вигляді тонких плівок, виготовлених із

полімерних матеріалів; непористі (динамічні та дифузійні) мембрани у вигляді квазігомогенних гелів. Найбільш поширеними є пористі полімерні мембрани, виготовлені з фторвуглецевих сполук, а також ацетат целюлози, поліетилену, скла та ін. Характерною властивістю таких мембран є неоднорідність на субмікроскопічному рівні розподілення іоногенних груп.

На рис. 3.12 наведена схема фторвуглецевої іонообмінної мембрани. Заштриховані частини мембрани відображають основний фторвуглецевий полімерний ланцюг, на якому кільцями позначені гідратовані іонообмінні канали для перенесення іонів і молекул води при високому вмісті вологи у мембрані.

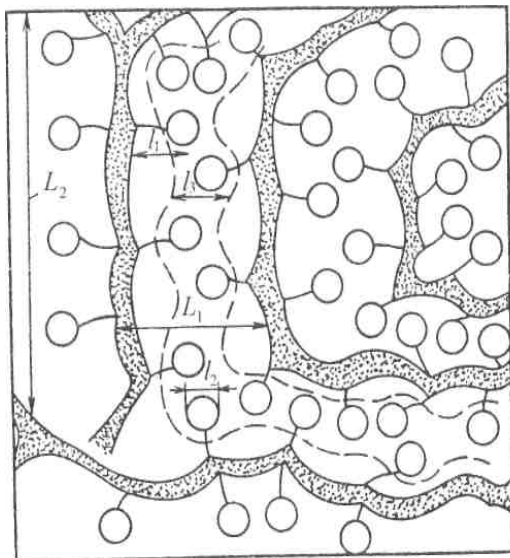


Рис. 3.12 – Схема фторвуглецевої іонообмінної мембрани:

- $L_1$  – ширина мікропори між двома основними фторвуглецевими полімерними ланцюгами;
- $L_2$  – довжина прямолінійної ділянки мікропори;
- $l_1$  – віддаль гідратованої іонообмінної групи від основного полімерного ланцюга;
- $l_2, l_3$  – ширина заповнення водою мікропори при високому вмісті вологи у мембрані

За способом закріплення мембран очисні установки поділяють на чотири основні типи:

- фільтрпреси з плоскопаралельними фільтрувальними пристроями;
- з трубчастими фільтрувальними елементами;
- з рулонними або спіральними елементами;
- з мембранами у вигляді порожнистих волокон.

На рис. 3.13 наведена схема фільтрпреса. У таких установках мембрани закріплюються з обох сторін плоских пористих дренажних пластин, розміщених на віддалі 0,5-5,0 мм одна від одної. Фільтрувальні



елементи затиснуті між двома фланцями, стягнутими болтами. Стічна вода послідовно проходить через усі елементи, концентрується і видаляється із установки. Пройшовши через мембрани, фільтрат виходить через дренажні шари. Ці установки мають невисоку продуктивність.

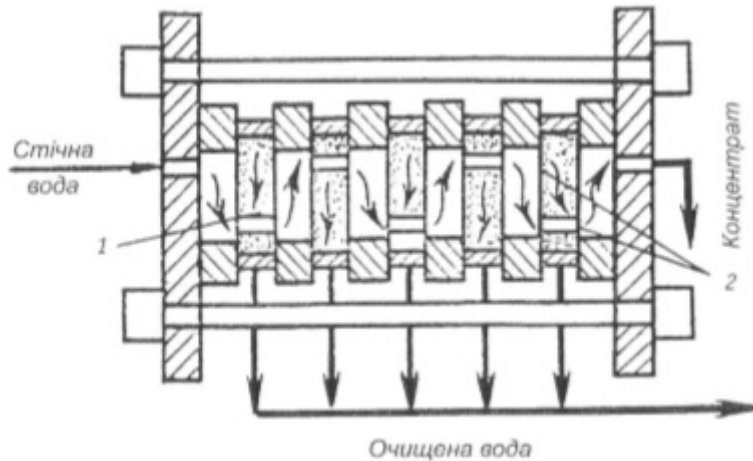


Рис. 3.13 – Схема фільтрпреса:

1 – пористі тканини;  
2 – мембрани

Основною перевагою апаратів із трубчастими елементами є велика швидкість води (0,9-12 м/с), що зводить до мінімуму концентраційну поляризацію і забруднення поверхні мембран. Продуктивність таких апаратів при тиску 3-4 МПа сягає 400-1000 дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год). Схему такого апарата наведено на рис. 3.14. Фільтрувальними елементами є пористі труби (металеві, керамічні, пластмасові) діаметром 6-30 мм.

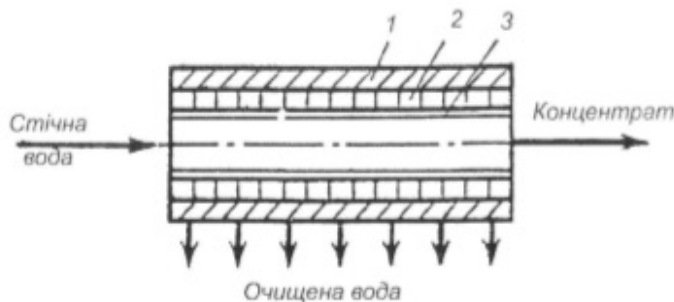


Рисунок 3.14 – Елемент трубчастих фільтрувальних апаратів:

1 – трубка;  
2 – підмостка;  
3 – мембрана

На внутрішню або зовнішню поверхню таких труб наноситься пориста підмостка, а на неї - напівпроникна мембрана.

**Ультрафільтрація** – це також мембранний процес розділення розчинів, але при малому осмотичному тиску. Цей метод може застосовуватися для очищення стічних вод від високомолекулярних сполук частинок і колоїдів при виробництві деревостружкових плит, клеєної фанери, целюлози та ін.

### 3.2.4 Хімічне очищення стічних вод

Хімічне очищення стічних вод здійснюють переважно трьома способами: нейтралізацією, окисненням і відновленням.

**Нейтралізацію** проводять для доведення рН січних вод до 6,5-8,5, тобто близького до нейтрального. Значить, нейтралізувати потрібно стічні води з  $pH < 6,5$  (з кислотою реакцією середовища) і з  $pH > 8,5$  (з лужною реакцією середовища). Нейтралізацію здійснюють змішуванням кислот стічних вод з лугами додаванням реагентів або фільтруванням через нейтралізуючі матеріали.

Кількість реагента для нейтралізації стічних вод визначається за формулою

$$Q_p = \frac{kV_{ст}m}{B}, \quad (3.25)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу реагента;

$B$  – вміст активної речовини у стічній воді;

$V_{ст}$  – об'єм стічних вод,  $m^3$ ;

$m$  – витрата реагента для нейтралізації активних речовин,  $кг/м^3$ .

Практика свідчить, що найбільшу небезпеку для навколишнього середовища створюють кислі стоки.

При хімічному очищенні застосовують такі способи нейтралізації:

- взаємну нейтралізацію кислих і лужних стічних вод змішуванням;

- нейтралізацію стічних вод реагентами (розчинами кислот, негашеним вапном  $CaO$ , гашеним вапном  $Ca(OH)_2$ , кальцинованою содою  $NaCO_3$ , каустичною содою  $NaOH$ , розчином аміаку  $NH_4OH$ );

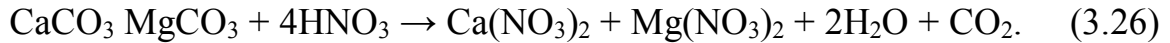
- фільтруванням стічних вод через нейтралізуючі матеріали (вапно, вапняк  $CaCO_3$ , доломіт  $CaCO_3MgCO_3$ , магнезит  $MgCO_3$ , крейда  $CaCO_3$ ).

Вибір способу нейтралізації стічних вод залежить від багатьох факторів: виду та концентрації кислот у стічних водах; витрат і режиму подачі відпрацьованих вод на нейтралізацію; наявності реагентів і місцевих умов та ін.

Нейтралізацію розчином вапна й вапняку рекомендують проводити тільки при рівномірній подачі стічних вод, що містять сильні кислоти. Фільтрування через шари вапняку, доломіту й крейди рекомендують для стічних вод, що містять соляну, азотну, сірчану кислоти при рівномірній подачі стічних вод.

В останні роки запропонований спосіб нейтралізації лужних стічних вод димовими газами, які містять  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  та ін. Це дозволяє одночасно очищати й гази, які відходять.

На рис. 3.15, *a* наведена схема доломітового фільтра-нейтралізатора. У ньому проводиться нейтралізація кислих стічних вод, забруднених соляною, сірчаною або азотною кислотами фільтруванням через шар доломіту. При цьому протікає така хімічна реакція:



Після відпрацювання доломіт вивантажують з фільтра і заміняють свіжим.

Процес нейтралізації постійно контролюється – систематично реєструється стан рН на виході із нейтралізатора. Стабільність і безперебійність роботи фільтра забезпечується надійною автоматикою.

**Окислення** застосовують для знешкодження виробничих стічних вод, в складі яких є токсичні домішки або сполуки, що недоцільно вилучати. На практиці часто застосовують окислювачі: хлор, хлорне вапно, діоксид хлору, озон, технічний кисень, гіпохлорид кальцію і натрію, кисень та ін.

Залежно від агрегатного стану хлору або хлоровмісних реагентів, що вводять у воду, визначають технологію обробки стічних вод. Якщо цю воду обробляють газоподібним хлором або озоном, то процес окислення здійснюють в окислювальних колонках або контактних камерах (рис. 3.15, *б*). Якщо окислювач знаходиться в розчині, то його спочатку подають у змішувач, а потім у контактний резервуар.

При окисненні розчинені отруйні речовини перетворюють у нетоксичні сполуки або в осад відстоюванням або фільтруванням стічних вод.

Хлор, що вводиться у стічну воду, гідролізується з подальшим утворенням хлорнуватої та соляної кислот



Сильнішим окислювачем, ніж хлор, є озон. Він має здатність руйнувати при нормальній температурі у стічних водах значну кількість органічних сполук і домішок. Озон добувають безпосередньо на очисних спорудах в озонаторах. Він утворюється при електричному розряді в кисневому середовищі між двома електродами, до яких підводиться напруга 5-25 кВ.

У процесі обробки стічних вод озон, що подається в контактну камеру (рис. 3.15, *б*) у вигляді суміші, вступає в хімічні реакції з речовинами, що забруднюють воду.

Наведемо приклад характеру реакції окислення сірководню



При надлишку озону переважає реакція, в результаті якої утворюється сірчана кислота



Після цього протікає реакція гідролізу до утворення малошкідливих продуктів. Цей спосіб окислення озonom у практиці називають озонуванням.

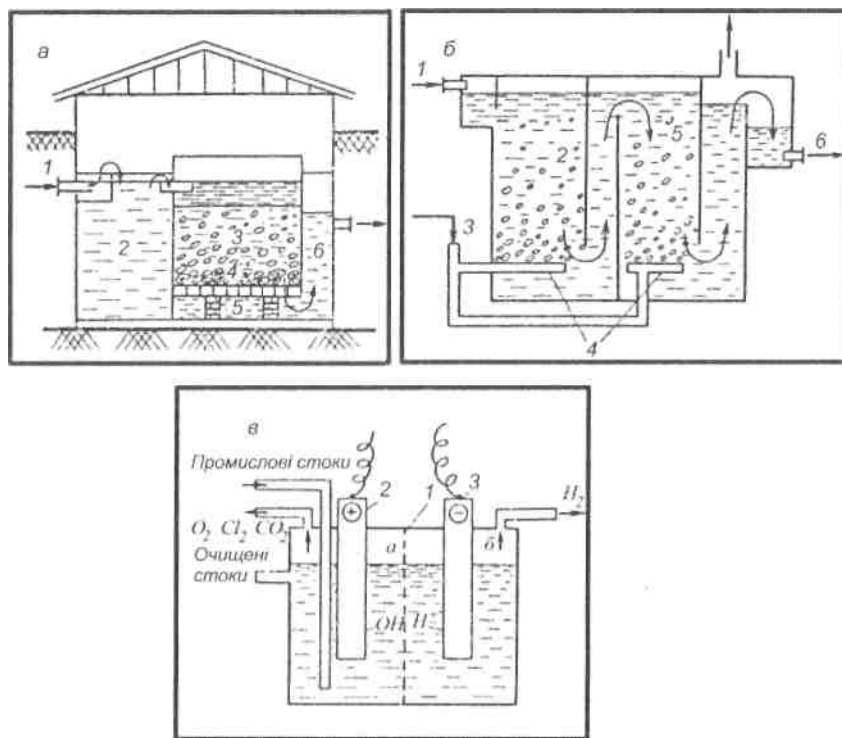


Рис. 3.15 – Основні види обладнання для хімічного очищення стічних вод:

**а** – вертикальний доломітовий фільтр-нейтралізатор: **1** – подача кислих стічних вод; **2** – приймальна камера; **3** – доломітовий фільтр; **4** – гравій; **5** – дренаж; **6** – випуск нейтралізованих стічних вод;

**б** – контактна камера озонування стічних вод: **1** – подача стічних вод; **2, 5** – камера озонування; **3** – введення озону; **4** – металокерамічні розпилювальні труби; **6** – вивід стічних вод;

**в** – камера електролітичного знешкодження (анодного окислення): **1** – напівпроникна перегородка; **2** – анод; **3** – катод

**Озонування** дає можливість одночасно знебарвлювати воду, усуває її присмаки, неприємні запахи тощо. Озонуванням можна очищати стічні води від фенолів, нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин (ПАР), барвників у ароматичних вуглеводнів, пестицидів на промислових

підприємствах.

Озон як окислювач має унікальні властивості. У водному розчині він дисоціює швидше, ніж у повітрі; дуже швидко дисоціює в слабколужних розчинах. У кислотних розчинах озон виявляє високу стійкість. У чистому сухому повітрі озон розкладається дуже повільно. При обробці води озоном відбувається розкладання органічних речовин і знешкодження води; бактерії гинуть у декілька тисяч разів швидше, ніж при обробці хлором, розчинність озону у воді залежить від рН і вмісту у воді розчинених речовин. Невеликий вміст кислот і нейтральних солей збільшує розчинність озону.

Дія озону в процесах окислення може відбуватися трьома способами: безпосереднє окислення за участю одного атома кисню; приєднання цілої молекули озону до речовини, що окислюється з утворенням озонідів; окислювальна дія кисню за допомогою каталізатора – озону.

Озон подають у стічну воду у вигляді озono-кисневої суміші. Концентрація озону в суміші – близько 3% . Для підсилення процесу окислення суміш диспергують у стічній воді на дрібненькі бульбашки газу (рис. 3.15, б). Озонування – це процес абсорбції, який супроводжується хімічною реакцією в рідкій фазі. Витрата озону, необхідного для окислення забруднень, може визначатись за рівнянням масообміну

$$Q = \beta_p \cdot F \cdot \Delta p, \quad (3.30)$$

де  $Q$  – витрата озону, що переходить із газової фази в рідку, кг/с;

$\beta_p$  – коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі при протіканні в ній хімічної реакції, м/с;

$F$  – поверхня контакту фаз, м<sup>2</sup>;

$\Delta p$  – рушійна сила процесу, кг/м<sup>3</sup>.

Озон отримують із кисню повітря під дією електричного розряду в генераторах.

**Метод відновлення** застосовують для очищення стічних вод у випадках наявності легковідновлювальних речовин (ртуть, миш'як, хром). На промислових підприємствах цей метод застосовують інколи.

Разом з озонуванням і хлоруванням виробничих стічних вод застосовують електрохімічне окислення, що ґрунтується на електролізі виробничих стічних вод (рис. 3.15, в). Основу електролізу виробничих стічних вод становлять два процеси: анодне окислення і катодне відновлення.

На аноді, виготовленому з платини або графіту, виділяється кисень і галогени, а також окисляються деякі органічні сполуки, наявні у стічних водах. На катоді виділяється водень і відновлюються деякі органічні сполуки. Внаслідок високої вартості електрохімічне окислення для

очищення стічних вод має обмежене застосування.

### *3.2.5 Фізико-хімічне очищення стічних вод. Сучасні перспективні інженерно-технологічні рішення, типи та конструкції обладнання.*

Цей спосіб включає такі методи очищення стічних вод: коагуляцію, сорбцію, адсорбцію, дезодорацію, екстракцію та ін.

**Коагуляцію** переважно застосовують для очищення стічних вод від емульсій і суспензій, до складу яких входять колоїдні частинки розміром 0,001-0,1 мкм. Ці частинки мають електрзаряд, який виникає у результаті поглинання із водного розчину іонів. Заряд не дає можливості колоїдним частинкам злипатися і таким чином збільшує стійкість колоїдного розчину. Тому в колоїдний розчин додають коагулянти (солі алюмінію, заліза, магнію, вапно), які зменшують електрзаряд колоїдних частинок, унаслідок чого вони інтенсивно злипаються у великі частинки й осідають на дно очисної споруди.

Замість коагулянтів часто застосовують водні розчини полімерів, у молекулі яких містяться полярні функціональні групи (-ОН, -SO<sub>3</sub>H, -NO<sub>2</sub>) – флокулянти. Частинки забруднювальних речовин під дією флокулянтів перетворюються в рихлу масу, що осідає на дно споруди.

Коагуляцію також можна здійснювати, пропускаючи стічні води через електролізер з анодом, виготовленим з алюмінію або заліза. Метал аноду під дією постійного електроструму переходить у стічну воду, утворюючи важкорозчинні гідроксиди алюмінію або заліза. Метод електрохімічного коагулювання широко застосовується для очищення стічних вод від мастил, жирів, нафтопродуктів, хроматів і фосфатів.

**Сорбційне поглинання** – один із найбільш ефективних методів глибокого очищення стічних вод від ароматичних сполук, неелектролітів, барвників, гідрофобних сполук.

Сорбційне поглинання принципово не відрізняється від процесу адсорбції в газовій фазі. Тому в інженерній практиці цей метод часто називають адсорбційним методом очищення стічних вод. Його застосовують для очищення стічних вод від органічних (розчинники, розріджувачі, відходи лакофарбових матеріалів та ін.) і неорганічних (формальдегід, фенол, відходи синтетичних смол, аміак та ін.) речовин, якщо їх концентрація у воді незначна, вони біологічно не розкладаються і є дуже токсичними.

Адсорбційне очищення вод буває регенеративним (витягування речовин із адсорбенту та їх утилізація) і деструктивним (витягування речовини із адсорбенту та її знищення разом з адсорбентом).

В інженерній практиці застосовують адсорбційні установки з послідовним (рис. 3.16, *а*) і протитічним (рис. 3.16, *б*) введенням адсорбенту. Процес адсорбційного очищення стічних вод відбувається при

інтенсивному перемішуванні адсорбенту з водою, а також фільтруванні води через шар адсорбенту. При змішуванні адсорбенту з водою використовують активоване вугілля. Процес може мати один або кілька ступенів. Економічно доцільними є багатоступеневі установки (рис. 3.16, *a*). При цьому на першому етапі вводять стільки адсорбенту, скільки необхідно для зменшення концентрації забруднювальних речовин від  $C_1$  до  $C_2$ , після чого адсорбент виводять з циклу через відстоювання або фільтрування, а стічну воду спрямовують на другий етап очищення, де вводиться свіжий адсорбент.

Після закінчення процесу адсорбції на другому етапі концентрація забруднювальних речовин у воді зменшується від  $C_1$  до  $C_2$  тощо.

Кінцева концентрація забруднювальних речовин у стічній воді після очищення в багатоступеневих установках з  $n$  ступенями визначається за формулами

- з послідовним введенням адсорбенту

$$C_k = \left( \frac{V}{V + km} \right)^n C_{\Pi}, \quad (3.31)$$

- з протитічним введенням адсорбенту

$$C_k = \frac{\left( \frac{km}{V} - 1 \right) C_{\Pi}}{\left( \frac{km}{V} \right)^n - 1}, \quad (3.32)$$

де  $C_{\Pi}$  і  $C_k$  – початкова і кінцева концентрації забруднювальних речовин у стічній воді, мг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм стічної води, м<sup>3</sup>;

$k$  – коефіцієнт розподілу забруднювальних речовин у стічній воді ( $k = 0,7-0,8$ );

$m$  – витрата адсорбенту (активованого вугілля), визначають за формулою

$$m = \frac{V}{k} \left( \sqrt{\frac{C_{\Pi}}{C_k}} - 1 \right), \quad (3.33)$$

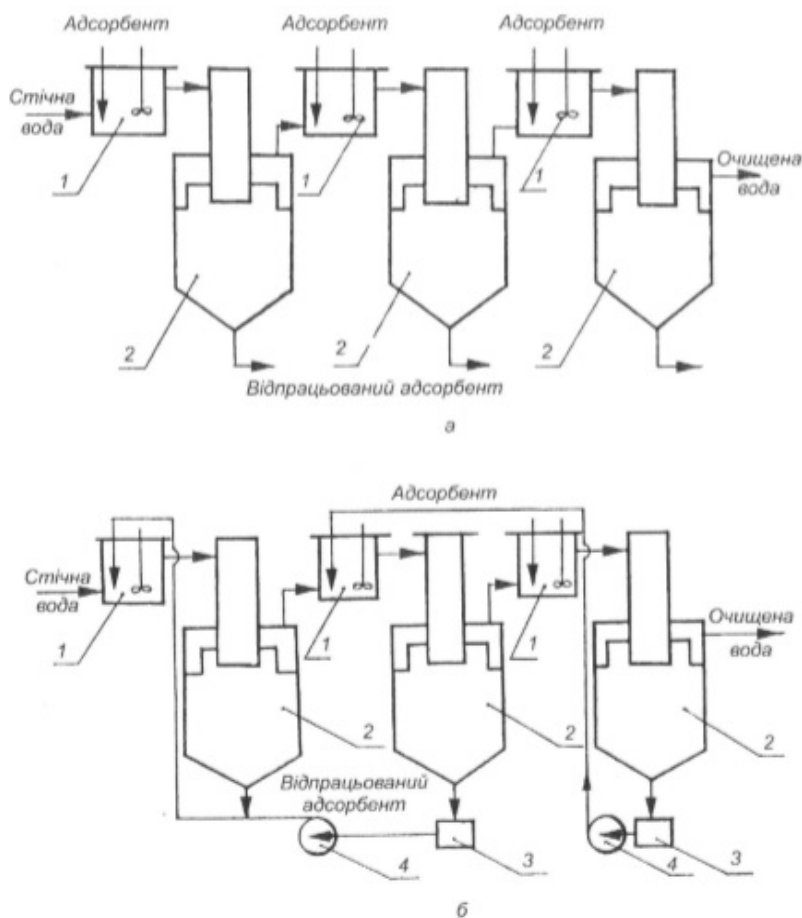
Необхідна кількість ступенів визначається за формулами

- для установок з послідовним введенням адсорбенту

$$n = \frac{\lg C_{\text{п}} - \lg C_{\text{к}}}{\lg(V + km) - \lg V}, \quad (3.34)$$

- для установок з протитічним введенням адсорбенту

$$n = \frac{\lg \left[ C_{\text{п}} \left( \frac{km}{V} - 1 \right) + C_{\text{к}} \right] \lg C_{\text{к}}}{\lg \left( \frac{m}{V} \right)^k} - 1, \quad (3.35)$$



Швидкість фільтрування стічних вод через шар адсорбенту залежить від концентрації розчинених речовин і коливається від 2-4 до 5-6 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год). Вода в адсорбері рухається знизу доверху, поступово заповнюючи його. Розмір частинок адсорбенту приймають у межах 1,5-5 мм. При менших розмірах зерен активованого вугілля зростає опір фільтруванню води. Вугілля укладають на шар гравію, розміщеного на решітці. Щоб не допустити забивання адсорбента, стічна вода не повинна



містити твердих завислих домішок. Ефективність адсорбційного очищення стічних вод досягає 80-95%.

**Аерація** забезпечує або ж десорбцію розчинених летких домішок (перехід у газову фазу), або ж окислення домішок і переведення їх у стан, який є сприятливим для вилучення з води.

Процес **дегазації** стічних вод підпорядковано тим самим законам, що й дегазація природної води, яка використовується для питних цілей. Але в стічних водах, як у більш складних системах, ніж природні води, процес дегазації може ускладнюватися низкою факторів; найбільш важливі серед них – наявність поверхневих плівок (нафтові, масляні) і домішок, що адсорбують гази.

Іонне очищення стічних вод застосовують для вилучення із вод металів, а також сполук миш'яку, фосфору, ціаністих сполук і радіоактивних речовин. Цей метод дозволяє рекуперувати цінні речовини при високому ступені очищення. Іонний обмін поширений при знесолюванні води в процесі водопідготовки для живлення парових котлів.

**Іонний обмін** – це процес взаємодії розчину з твердими домішками, що володіє властивостями обмінювати свої іони на інші, наявні в розчині. Такий метод очищення стічних вод широко застосовується на енергетичних підприємствах.

Для очищення стічних вод з неприємним запахом використовують такі методи дезодорації: аерацію, хлорування, ректифікацію, екстракцію, озонування та ін. Найбільш ефективним є метод аерації.

Дезодорацію застосовують на металургійних, хімічних, деревообробних підприємствах для вилучення із стічних вод аміаку, сірководню, альдегідів і вуглеводів тощо, які надають їм неприємного запаху. На рис. 3.17 наведена схема дезодораційної установки. Вилучення речовин з неприємним запахом здійснюється в тарілчастій колонці ковпакового типу. Стічна вода розтікається, утворюючи плівки на тарілках, які контактують з продуктою перегрітою водяною парою. Потім водяна пара з виділеними забруднювальними речовинами поступає в насадкову колонку 2, що зрошується розчином лугу.

Для очищення 1 м<sup>3</sup> стічної води на 85-90% витрата водяної пари становить 60 кг, концентрація лугу – 40 г/дм<sup>3</sup> води.

**Екстракція** – це процес вилучення зі стічних вод корисних речовин за допомогою екстрагентів з такими властивостями: високою екстрагуювальною, селективною здатністю; незначною розчинністю у воді; густиною, відмінною від густини води; незначним питомим теплом випаровування; невеликою теплоємністю; вибухозахистом та нетоксичністю; невеликою вартістю.

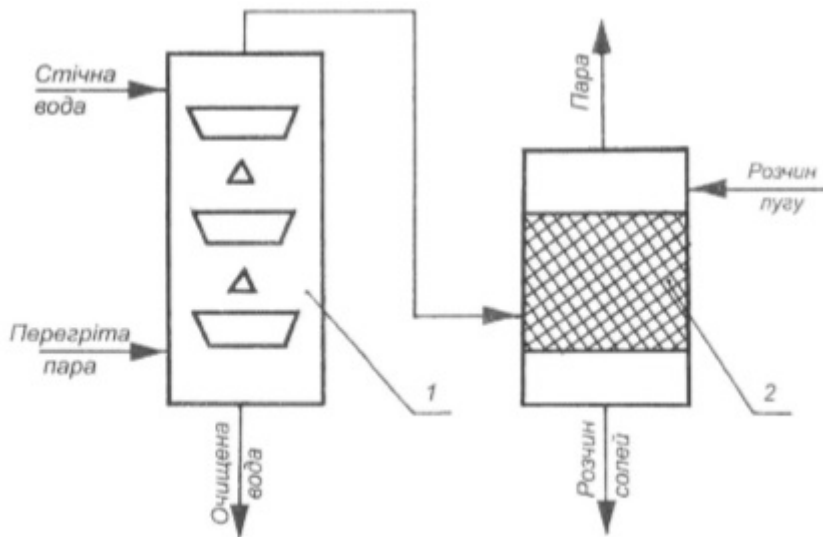


Рис. 3.17 – Схема дезодораційної установки для очищення стічних вод:

- 1 – тарільчаста колонка;
- 2 – насадкова колонка

**Екстрагування** речовин зі стічних вод може здійснюватися за такими методами: перехреснопотоковим, ступінчасто-протитічним і безперервно-протитічним. Кількість екстрагента, необхідного для екстракції, визначають за формулою

$$V_B = m_B \cdot n \cdot V_{CT}, \quad (3.36)$$

де  $m_B$  – питома витрата екстрагента для однієї екстракції, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – число екстракцій;

$V_{CT}$  – об'єм стічних вод, що підлягає екстракції, м<sup>3</sup>.

Рідинна екстракція застосовується при виробництві дерево-стружкових, деревоволокнистих плит і клеєної фанери, для очищення стічних вод від фенолів, масел, органічних кислот, іонів металів та ін. Доцільність використання екстракції для очищення стічних вод визначається концентрацією у них органічних домішок. Екстракція може бути економічно вигідною, якщо вартість вилучених речовин компенсує всі затрати на її проведення.

Для кожної речовини існує концентраційна межа рентабельності її вилучення із стічних вод. Загалом можна вважати, що більшість речовин при концентрації вище 3-4 г/дм<sup>3</sup> доцільніше вилучати екстракцією, ніж адсорбцією. При концентрації менше 1 г/дм<sup>3</sup> екстракцію слід застосовувати в особливих випадках.

Очищення стічних вод екстракцією складається із трьох етапів. Перший етап – інтенсивне змішування стічної води з екстрагентом (органічним розчинником). В умовах розвинутої поверхні контакту між рідинами утворюються дві рідкі фази. Одна фаза – **екстракт** – містить вилучену речовину та екстрагент, друга – **рафінат** – стічну воду та екстрагент. Другий етап – розділення екстракту та рафінату; третій –

регенерація екстрагенту із екстракту і рафінату.

Щоб знизити вміст розчинених домішок до концентрацій, нижче від гранично допустимих, необхідно правильно вибрати екстрагент і швидкість його подачі у стічну воду.

На рис. 3.18 наведена схема багатоступеневої протитічної екстракційної установки. Ця установка має вигляд батареї змішувачів і відстійників. На кожному ступені застосовується змішувач води з екстрагентом і відстійник.

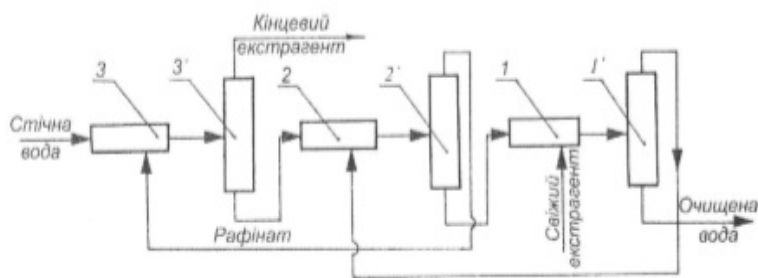


Рис. 3.18 – Схема багатоступеневої екстракційної установки:

1-3 – змішувачі;  
1'-3' – відстійники

Установка працює таким чином. Свіжий екстрагент і стічна вода поступають з протилежних сторін. На першому ступені стічна вода з незначним вмістом домішок перемішується із свіжим екстрагентом, а на останньому ступені стічна вода, що виходить, змішується з екстрагентом, який уже містить значну кількість вилученої речовини. Такий рух потоків сприяє значній рушійній силі процесу екстракції та ефективному очищенню стічних вод.

**Евапорація** (відгонка з водяною парою). Очищення стічних вод шляхом евапорації полягає у відгонці летких з водяною парою забруднювальних органічних речовин, наприклад, фенолів.

Евапорація відбувається або в апаратах періодичної дії, або ж в апаратах безперервної дії (скруберах). Стічна рідина протікає крізь колонку з насадкою назустріч парі, нагріваючись до 100°C. При цьому леткі домішки частково переходять у пару, розподіляючись між нею і водою згідно з рівнянням

$$K = C_{\text{п}} / C_{\text{р}}, \quad (3.37)$$

де  $K$  – коефіцієнт розподілу;

$C_{\text{п}}$  – концентрація речовини в парі, г/дм<sup>3</sup> конденсату;

$C_{\text{р}}$  – концентрація речовини у воді в момент рівноваги, г/дм<sup>3</sup>.

Пара, яка пройшла евапораційну колонку, надходить до скрубера, де звільняється від захоплених забруднювальних речовин.

**Комплексне очищення стічних вод** – один із методів фізико-хімічного очищення, характеризується економічністю, високою стійкістю

та очисною здатністю. Цей метод застосовують для одночасного очищення побутових і виробничих стічних вод.

На рис. 3.19 наведена схема комбінованої установки для комплексного очищення стічних вод.

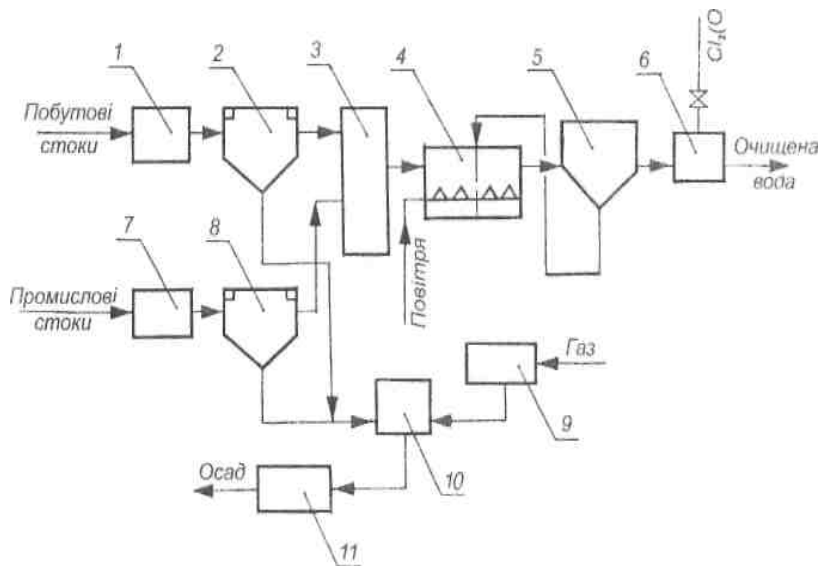


Рис. 3.19 – Схема установки для поєднаного очищення побутових стічних вод:

- 1, 7 – усереднювачі;
- 2, 8 – первинні відстійники;
- 3 – змішувач;
- 4 – аеротенк;
- 5 – вторинний відстійник;
- 6 – ємність для знешкодження;
- 9 – котельня;
- 10 – метатенк;
- 11 – апарат для зневоднення осаду

Опишемо принцип роботи установки. Побутові стічні води поступають в усереднювач 1, а потім у відстійник 2. Після освітлення вода попадає в змішувач 3, де змішується з виробничою стічною водою з відстійника 8. Далі суміш побутових і виробничих стічних вод потрапляє в аеротенк. Після вилучення активного мулу у вторинному відстійнику 5 стічні води знешкоднуються хлором і викидаються у водойми або скеровуються для використання в технологічному процесі.

Осад із відстійників 2 і 8 надходить в метатенк 10. Виділений в процесі знешкодження газ із метатенка подається в котельню 9 для спалювання, а осад знешкоджується і подається на переробку в добриво.

### 3.2.7 Біологічні та біохімічні методи очищення стічних вод

Процес самоочищення водних об'єктів, які забруднюються, у природних умовах відбувається повільно. Виключенням з цього є гірські річки, в яких швидкість течії є великою, що сприяє аерації води.

Дещо швидше, ніж у природних умовах, очищаються стічні води на спорудах, які відтворюють хід процесу самоочищення в ґрунтових умовах або водному середовищі – полях зрошення, полях фільтрації, біологічних ставках і особливо контактних фільтрах, крапельних біофільтрах,

перколяторах, аеротенках тощо (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Показники окисної здатності споруд біологічного очищення стічних вод

Види очисних споруд	Кількість кисню, г з 1 м <sup>3</sup> споруд за добу
<b>Споруди природного біологічного очищення</b>	
Поля зрошення	0,5-1,0
Поля фільтрації	2,0-36,0
Біологічні ставки	12,5
<b>Споруди штучного біологічного очищення</b>	
Контактні фільтри	72
Перколяторні фільтри	100
Аеротенки	1000
Аерофільтри	1000
Аерокоагулятори	4500

З таблиці видно, що показники окисної здатності на спорудах так званої біологічного очищення значно вищі, ніж на спорудах природного біологічного очищення.

Інтенсифікація процесів біологічного очищення призводить не тільки до збільшення їх окисної здатності, але й до значного зменшення площі, яку займають ці споруди. Так, за об'ємів стічних вод 5000 м<sup>3</sup>/д площа, яку займають поля зрошення, становить 150-200 га, поля фільтрації – 30-50 га, біологічні фільтри – 2-3 га, аеротенки – 1 га. Незначна площа останніх двох споруд може бути ще зменшена за збільшення подачі кисню і створення певних умов для працюючих специфічних біоценозів.

Біологічні методи очищення стічних вод полягають у розкладанні і мінералізації аеробним або анаеробним шляхом колоїдних і розчинених органічних речовин міських стічних вод, які не можна вилучити механічним шляхом. Найкращою умовою біологічного очищення стічних вод було б повне відокремлення мінеральних сполук від органічних. На жаль, це технічно не можливо. Тому на практиці обмежуються відокремленням великих за розмірами домішок стічних вод на ґратах, великодисперсних домішок неорганічного походження – у піскоуловлювачах і основної кількості завислих речовин – у відстійниках. Після цього стічна рідина надходить на споруди біологічного очищення. Тверда фаза органічних речовин розкладається анаеробним шляхом, а рідина – аеробним.

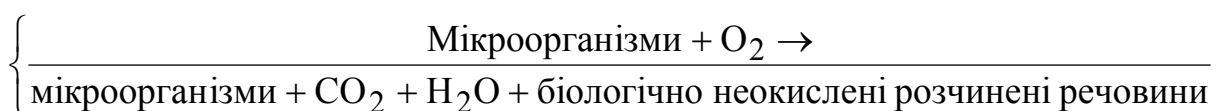
Біологічне очищення – один із методів очищення стічних вод від багатьох органічних і деяких неорганічних домішок на підприємствах целюлозно-паперової, деревообробної, харчової та інших галузей

промисловості. За характером цей метод аналогічний природним процесам, наприклад, біологічному очищенню організмів (біоценозу), до складу яких входить багато різних бактерій (простих і високоорганізованих), пов'язаних між собою в єдиний комплекс складними взаємовідносинами (метабіозу, симбіозу та антагонізму). Основну роль у цьому комплексі відіграють бактерії, число яких знаходиться в межах від  $10^6$  до  $10^{14}$  клітинок в одному грамі сухої біомаси. Число родів бактерій може досягати 5-10, а число видів – кілька десятків і навіть сотень.

Така різноманітність видів бактерій зумовлена наявністю в стічній воді органічних речовин різних класів. Якщо у складі стічних вод є лише одна або декілька близьких за складом органічних сполук, то можливий розвиток монокультури бактерій. Скорочення видів бактерій можливе, якщо очищення проводять при відсутності розчиненого у воді кисню (в анаеробних умовах) або при надто великому співвідношенні кількості поданих на очищення забруднень і біомас мікроорганізмів.

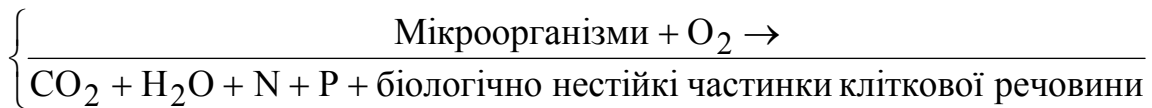
У процесі очищення стічних вод беруть участь дві групи бактерій: гетеротрофи та автотрофи. Ці групи бактерій відрізняються за способом використання джерела вуглецевого живлення. Гетеротрофи використовують вуглець з готових органічних речовин, що переробляються ними для отримання енергії, необхідної для біосинтезу клітин. Автотрофи для синтезу клітин застосовують неорганічний вуглець, а енергію утримують у результаті фотосинтезу або хемосинтезу (окислення деяких органічних сполук: аміаку, нітритів, солей двовалентного заліза, сірководню та ін.). Під дією мікроорганізмів можуть протікати окислювальний (аеробний) або відновлювальний (анаеробний) процеси.

Механізм біологічного окислення в аеробних умовах гетеротрофними бактеріями можна подати у вигляді такої схеми:



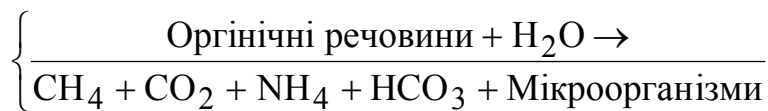
Ця реакція описує процес окислення органічних речовин у стічних водах та утворення нової біомаси. При цьому в очищених стічних водах залишаються біологічно неокислені речовини переважно в розчиненому стані, оскільки колоїдні та нерозчинені речовини виводяться із стічної води методом сорбції.

Після використання джерела живлення (повного окислення органічних речовин) починається процес окислення кліткової речовини за реакцією:



Аеробний процес може відбуватись нормально, якщо концентрація органічної речовини в очищеній воді, виражена у біологічній потребі в кисні, не перевищуватиме певне значення. У зв'язку з цим під час біологічного очищення концентровані стічні води розводять слабкоконцентрованими побутовими стічними водами, а в окремих випадках чистою водою.

Відновлюваний процес біологічного очищення стічної води відбувається за такою схемою:



Анаеробний процес часто застосовують для очищення дуже концентрованих стічних вод, що викидаються малярними, лакувальними, машинобудівними, деревообробними та іншими промисловими підприємствами.

Ефективність процесів біологічного очищення залежить від температури, рН середовища, наявності біогенних елементів, рівня живлення мікроорганізмів, кисневого режиму, вмісту токсичних речовин.

Найбільша ефективність біологічного очищення вод виникає при:

- температурі в очисних спорудах 20-30°C;
- рН середовища 5-9 (оптимальна 6,5-7,5);
- достатній концентрації основних елементів живлення бактерій – органічного вуглецю (БСК), азоту і фосфору з розрахунку  

$$\text{БСК} : \text{N} : \text{P} = 100 : 5 : 1;$$
- кількості забруднення, що припадає на 1 м<sup>3</sup> очисної споруди, на 1 г біомаси або на 1 г беззольної частини біомаси (100-300 мг БСК<sub>пов</sub> на 1 г беззольної речовини);
- постійній концентрації розчиненого кисню не нижче 2 мг/дм<sup>3</sup>;
- допустимій дозі токсичних речовин, яка могла б негативно вплинути на біологічні процеси.

До системи біологічного очищення стічних вод у природних умовах належать поля зрошення, поля фільтрації і біологічні ставки, до штучних – споруди для анаеробного розкладання – септики, двохярусні відстійники, метантенки і споруди для аеробного розкладання – біологічні фільтри, аеротенки. При очищенні стічних вод використовується спочатку механічне очищення, а потім біологічне.

**Поля зрошення** – спеціально підготовані ділянки, призначені для очищення стічних. Водночас з очищенням вод вони використовуються для

виросування кормових сільськогосподарських культур або трав.

**Поля фільтрації** – спеціально підготовані ділянки, призначені лише для біологічного очищення.

Очищення стічних вод на полях зрошення і полях фільтрації відбувається в процесі фільтрації води крізь шар ґрунту. Внаслідок адсорбції вода залишає в ньому завислі та колоїдні речовини, які разом із бактеріями обволокують частинки ґрунту і утворюють біологічну плівку. Ця плівка адсорбує на своїй поверхні колоїдні та розчинені речовини стічних вод, і повітря, використовуючи проникаючий у пори кисень, окислює органічні забруднювальні речовини, які перетворюються на мінеральні сполуки (нітрити і нітрати). Через те, що атмосферне повітря інтенсивно проникає в пори ґрунту на глибину 0,2-0,4 м, саме в цьому шарі відбуваються окислювальні процеси. Глибше процес окислення протікає повільніше. Практично активний шар ґрунту, в якому відбуваються процеси очищення стічних вод, досягає 1,5 м.

Найбільші поля зрошення – площею 24 тис. га – розташовуються під Києвом (Бортницькі), вони з'явилися в 1894 р. Для зрошення сільськогосподарських угідь очищені стічні води Києва подаються напірними трубопроводами до дощувальних машин. Подібні поля існують й в Одесі, вони були побудовані в 1887 р.

**Біологічні ставки** – це неглибокі земляні резервуари (глибиною 0,5-1,5 м), в яких відбуваються ті самі процеси, що і при самоочищенні водотоків і водойм. Цей метод розташування ставків кількома секціями (від двох до п'яти ставків у кожній); вода надходить у них послідовно в міру її очищення. Біологічні ставки працюють при температурі не нижче 6°C.

Найбільше поширеними є три групи очисних споруд для біологічного очищення, які відрізняються за видом розміщення в них активної біомаси:

- біомаса закріплена нерухомо, а стічна вода рухається;
- біомаса знаходиться у стічній воді у вільному стані;
- перший і другий варіанти поєднані.

До першої групи водоочисних споруд належать біофільтри, до другої – аеротенки, циркуляційні канали, окситенки; до третьої – занурені біофільтри, аеротенки із наповнювачами.

**Біофільтр** – це споруда, в корпусі якої розміщується кускова насадка (завантаження) і розподільчий пристрій для стічної води та повітря. В біофільтрах стічна вода фільтрується через шар кускової насадки, покритої плівкою із мікроорганізмів. Мікроорганізми біоплівки окислюють органічні речовини, що використовують при цьому як джерела живлення та енергії. Внаслідок цього зі стічної води виводяться органічні речовини, а маса активної плівки збільшується. Відпрацьована біоплівка змивається протічною стічною водою та виноситься з біофільтра.



Як кускові насадки (завантаження) у біофільтрі використовують: щебінь, гравій, шлак, керамзит, керамічні, пластмасові кільця, куби, кульки, циліндри, тканинні та пластмасові сітки, згорнені в рулон.

На рис. 3.20 зображені види завантажувальних елементів біофільтрів, що забезпечують необхідну поверхню контакту забруднювальних речовин з активним намулом.

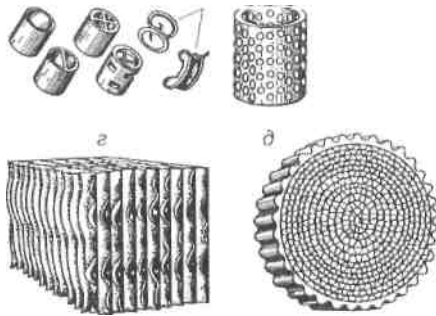


Рис. 3.20 – Основні види завантажувальних елементів біофільтрів:

*a* – кільця; *b* – сидіння; *в* – пустотілі циліндри з отворами; *г* – жорстке блокове завантаження; *д* – м'яке завантаження

Аеротенками називають залізобетонні аеровані резервуари. Процес очищення в аеротенку відбувається при протіканні через нього аерованої суміші стічної води та активного намулу.

За конструкцією аеротенки поділяються на: витискувачі, змішувачі з розосередженим впуском води, з нерівномірно розподіленою подачею води, з регенератором, установки коміркового типу.

В аеротенку-витискувачі у передню частину споруди подаються вода й намул, а суміш виводиться в кінці. В аеротенках-змішувачах стічна вода та намул подаються і відводяться рівномірно вздовж споруди. В аеротенку з розосередженою подачею води і намулу навантаження досягає максимуму в кінці очисної споруди. В аеротенку коміркового типу суміш з першого відсіку перетікає в другий, із другого – в третій тощо. У кожному відсіку здійснюється повне змішування намулу із забрудненою стічною водою. В аеротенках з регенераторами досягається триваліший контакт намулу із забруднювальними речовинами.

В аеросумішах усіх типів застосовують аерацію. Сумарну швидкість біологічного очищення стічних вод визначають за формулою

$$W = K \cdot C_{\text{нам}}, \quad (3.38)$$

де  $K$  – питома швидкість окислення, мгБСК<sub>пов</sub>/г·год;

$C_{\text{нам}}$  – концентрація намулу, г/дм<sup>3</sup>.

На рис. 3.21 наведена схема установки для біологічного очищення стічних вод, в якій використовуються аеротенки.

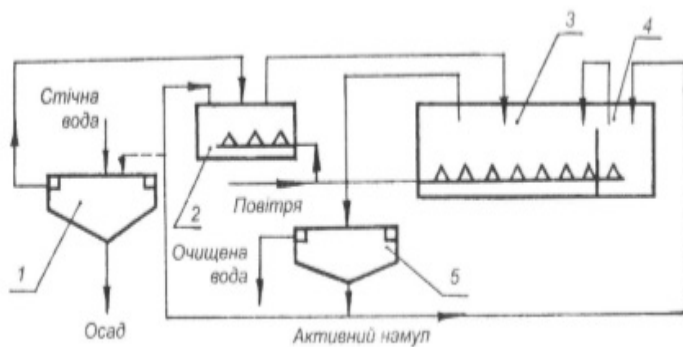


Рис. 3.21 – Схема установки для біологічного очищення стічних вод із використанням аеротенків:

- 1 – первинний відстійник;
- 2 – передаератор;
- 3 – аеротенк;
- 4 – регенератор;
- 5 – відстійник

Установка працює таким чином. Стічну воду подають у первинний відстійник води, де виводяться збурені частинки забруднювальної речовини. Для покращення осаду сюди подається частина надлишкового намулу. Після освітлення вода поступає в передаератор 2. Сюди ж скеровують частину надлишкового намулу із вторинного відстійника, де стічні води попередньо аеруються повітрям протягом 15-20 хв. При необхідності у передаератор можуть вводити нейтралізуючі добавки та живильні речовини.

Із передаератора стічна вода подається в аеротенк, через який циркулює й активний намул. Біохімічні процеси в аеротенку протікають у два етапи:

- адсорбція поверхнею активного намулу органічних речовин і мінералізація легкоокислювальних речовин при інтенсивному споживанні кисню;
- доокислення повільноокислювальних органічних речовин і регенерація активного намулу. На цьому етапі кисень споживається досить повільно.

Аеротенк, як правило, поділяється на дві частини: регенератор (25% від загального об'єму) й аеротенк, в якому відбувається основний процес очищення. Наявність регенератора дає можливість очищати більш концентровані стічні води і збільшити продуктивність агрегата.

Перед потраплянням в аеротенк стічна вода повинна містити не більше 150 мг/дм<sup>3</sup> збурених частинок і не більше 25 мг/дм<sup>3</sup> нафтопродуктів. Температура очищуваних стічних вод не повинна бути нижчою, ніж 6°C, а рН – у межах 6,5-9. Потім стічна вода з намулом поступає у вторинний відстійник, де намул відокремлюється від води. Більша частина намулу повертається в аеротенк, а його надлишок спрямовують у передаератор.

### 3.2.8 Технології та обладнання утилізації осадів біохімічного очищення стічних вод

Осади утворюються у процесі очищення стічних вод унаслідок випадання нерозчинених речовин у первинних відстійниках і утворення надлишкового активного мулу у вторинних відстійниках. Вони являють собою важкофільтровані суспензії колоїдного типу вологістю 98-99%. Тверда фаза осадів містить органічні речовини, а надлишковий активний мул складається з величезного числа мікробіальних кліток, укладених у слиз і заражених небезпечними патогенними мікробами. Здатність органічних речовин до загнивання з виділенням неприємних запахів, небезпека поширення інфекцій епідемічних захворювань через високе забруднення патогенними організмами обумовлює необхідність одержання санітарно безпечного продукту. Високий питомий опір осаду робить його обробку дорогим і трудомістким процесом (40% витрат на очищення).

Основні *завдання обробки осадів* визначаються їх фізико-хімічними властивостями і полягають у *скороченні обсягу, стабілізації і стерилізації*. *Стадії обробки* включають: ущільнення і кондиціонування, стабілізацію, підготовку до зневоднювання і саме зневоднювання, знезаражування (дегельмінтизацію), сушіння або спалювання, піроліз, ліквідацію або утилізацію. Утилізація та регенерація повинні бути кінцевою метою будь-якої технологічної схеми обробки осадів.

Спеціальні *споруди для обробки осадів*: септики, двохярусні відстійники, освітлювачі-перегноювачі, метантенки. Осад підсушують на мулових майданчиках або зневоднюють механічними способами на вакуум-фільтрах, центрифугах, фільтрпресах, застосовують термічне сушіння. Після зневоднення вологість осаду знижується до 40-50 %.

Сьогодні поряд зі *зброджуванням* осаду в метантенках все більше поширення знаходить *аеробна стабілізація* осадів. Заброджені й зневоднені осади

застосовують переважно в якості органічно-мінерального *добрива* в сільському господарстві. Є досвід використання таких осадів як білково-вітамінних добавок до раціону харчування сільськогосподарських тварин.

Для обробки малих кількостей осадів проводять їхнє *компостування* в суміші з твердими побутовими відходами, торфом, обпилюваннями та ін. з метою утилізації цінних речовин.

Традиційна *схема обробки* включає зброджування осаду в метантенках з наступним зневоднюванням у природних умовах на мулових майданчиках. Це найбільш простий і надійний спосіб, що не вимагає великих витрат. Однак через велику тривалість процесу зневоднювання, необхідність відводу великих площ земель під мулові майданчики, дефіцит території, високу вартість землі, залежність обробки від кліматичних умов, небезпеку забруднення природних вод, поширення неприємних запахів на

великих територіях, високу вологість кінцевого продукту (більше 80%) цей спосіб не є перспективним.

Одержали розвиток способи *механічного зневоднювання*, які дозволяють у 2-3 тисячі разів скоротити потреби в земельних ділянках, зменшити виробничий цикл до декількох хвилин за рахунок механізації і автоматизації процесів, незалежно від кліматичних умов, одержати безпечний і транспортабельний продукт вологістю 75-85%, який підлягає утилізації в якості добрива, палива і т.п. Будівництво дорогих та вибухонебезпечних метантенків великої продуктивності економічно доцільно лише у разі утилізації біогазу, одержуваного в процесі зброджування осадів. Біогаз слугує джерелом вироблення електричної і теплової енергії, а осадки використовуються для виробництва органічних добрив. Економічна доцільність утилізації біогазу обумовлена високим вмістом метану при продуктивності устаткування не менше 30-50 м<sup>3</sup> на тонну сирих осадів. При неможливості використання осаду як органічного добрива застосовують спільне спалювання осаду в циклонах з твердими побутовими відходами, міським сміттям, відходами, що містять нафту, виробництво вторинного палива, органічних добрив, рекультивацію земель та ін.

### 3.3 Врахування екологічних аспектів при проектуванні та експлуатації водоохоронних технологій

#### 3.3.1 Розробка документації на стадії наукової еколого-експертної оцінки ситуації (вплив об'єкту експертизи на водне середовище)

При проектуванні очисних споруд одним з перших постає питання визначення площі, необхідної для будівництва очисної станції. Площа, яка відводиться під споруди очисної станції, складається з корисної та резервної. **Корисною** називається площа, яку займають власне очисні споруди, а також допоміжні споруди (насосні та компресорні станції, майстерні, адміністративні споруди). **Резервна** площа – це частина земельної ділянки, яка призначена під будівництво додаткових споруд у разі збільшення продуктивності очисної станції. Резервна площа становить у середньому 20-30% корисної.

Необхідна площа під будівництво очисних споруд розраховується за формулою

$$S_{\text{заг}} = \sum (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5), \quad (3.39)$$

де  $S_{\text{заг}}$  – загальна площа, яка відводиться під очисні споруди, м<sup>2</sup>;

$S_1$  – необхідна площа під споруди механічного очищення;  
 $S_2$  – необхідна площа під споруди біологічного очищення;  
 $S_3$  – необхідна площа під споруди хімічного очищення;  
 $S_4$  – необхідна площа під споруди доочищення і знезараження;  
 $S_5$  – резервна площа, яка відводиться під санітарно-захисні зони (СЗЗ).

**Санітарно-захисні зони** очисних станцій оцінюються з погляду достатності розривів (відстані) між ними і житловою забудовою, а також між ними і водозабірними спорудами підземних вод. У табл. 3.2 наведено санітарно-захисні розриви для очисних споруд продуктивністю понад 200 м<sup>3</sup>/д.

Таблиця 3.2 – Санітарно-захисні розриви для очисних споруд продуктивністю понад 200 м<sup>3</sup>/д

Очисні споруди	Відстань за продуктивності очисних споруд $n \cdot 10^3$ /д, м		
	$n = 0,2-5$	$n = 5-10$	$n = 50-280$
Для механічного та біологічного очищення: з муловим майданчиком для зброджених осадів	200	400	500
з механічною і термомеханічною обробкою осадів у відкритих приміщеннях	150	300	400
Майданчики для обробки осадів	200	400	500
Поля фільтрації	300	500	1000
Поля зрошення	200	400	1000
Аеротенки	100	150	200
Біофільтри	250	200	-
Біологічні ставки	200	300	300

Величина СЗЗ очисної станції встановлюється відносно тієї споруди, для якої необхідний найбільший розрив. За наявності поблизу очисних станцій місцевих споруд для забору ґрунтових вод мінімальні санітарні розриви встановлюються в кожному конкретному випадку.

Майданчик для будівництва очисних споруд, як правило, повинен розміщуватися з підвітряного боку переважаючих вітрів теплого періоду року і нижче населеного пункту за течією річки. Скидання стічних вод у межах населеного пункту забороняється.

Визначити умови випуску стічних вод означає розрахувати

допустимий ступінь їх забруднення, за якого вони можуть бути спущені у водойму. При цьому обов'язково має зберігатися якість води у створі, який розташований на 1 км вище найближчого пункту водокористування, у межах вимог, встановлених «Санітарними правилами і нормами охорони поверхневих вод від забруднення» (СанПіН 4630-88).

Методика санітарної експертизи умов випуску стічних вод у водойми базується на основних положеннях СанПіН, які обмежують випуск стічних вод у водні об'єкти. З цією метою рекомендується максимально використовувати стічні води у оборотній системі водопостачання (для вилучення цінних відходів), влаштовувати їх повністю або частково за рахунок раціоналізації технології виробництва і застосування безстічних виробництв, а також використовувати їх для зрошення у сільському господарстві.

Забороняється випускати стічні води, які містять: а) виробничу сировину, реагенти, напівпродукт і кінцеві продукти виробництва у кількостях, що перевищують встановлені нормативи технологічних втрат; б) речовини, для яких не встановлено ГДК; в) радіоактивні речовини; г) технологічні відходи. Якщо неможливо відмовитися від випуску стічних вод у водойму, необхідно шляхом розрахунку у кожному конкретному випадку визначити умови випуску, які б гарантували охорону водного об'єкта від забруднення.

Розроблено санітарно-гігієнічну класифікацію водних об'єктів за ступенем забруднення, в основу якої покладено провідний принцип нормативних документів водно-санітарного законодавства – забезпечення оптимальних умов господарсько-питного і культурно-побутового водокористування. Головна мета гігієнічної класифікації – це попередження несприятливого впливу на населення хімічних і мікробних факторів води. Тому до неї включено оціночні показники, які належать до чотирьох критеріїв шкідливості водних об'єктів: органолептичного, токсикологічного, загальносанітарного і бактеріологічного. Такими показниками є запах і присмак води, ступінь перевищення ГДК речовин, які нормовані за органолептичною і токсикологічною ознаками шкідливості, розчинений кисень, БСК<sub>20</sub>, кількість кишкових паличок влі води.

Чотири градації оціночних показників відповідають допустимому, помірному, високому і надзвичайно високому ступеню забруднення водойм першої (господарсько-питної) та другої (культурно-побутової) категорії водокористування. У результаті санітарний стан водойми характеризується узагальненим індексом забруднення, який встановлюється за оціночним показником, що змінений у найбільшій мірі (лімітуючий показник).

Забруднення водойми стічними водами – це зміна якості води вище пункту водокористування на 1 км, яке не відповідає вимогам

СанПіН №4630-88 до якості води водойми. Оскільки ступінь обмеження водокористування визначається якістю води у водоймі, то у СанПіН нормуються показники не складу стічних вод, які скидаються, а якості води водних об'єктів у створі, який розташований на 1 км вище пункту водокористування, а для непроточних водойм – на 1 км в обидва боки від пункту водокористування.

Вимоги СанПіН №4630-88 поширюються на:

а) існуючі скиди всіх видів виробничих і господарсько-побутових стічних вод населених пунктів, окремих житлових будинків і громадських споруд, комунальних, лікувально-профілактичних, транспортних, сільськогосподарських об'єктів, промислових підприємств, в тому числі шахтних вод, скидних вод від водяного охолодження, нафтовидобування, скидання вод із сільгоспугідь та ін.;

б) усі заплановані скиди стічних вод підприємств, що будуються, реконструюються, або ж на яких змінюється технологія виробництва; всі заплановані скиди стічних вод каналізації населених пунктів і окремих об'єктів;

в) скиди зливової каналізації.

**Санітарна експертиза проектів очищення стічних вод.** Для цього передбачено проведення такі видів робіт.

1. **Ознайомлення з офіційними нормативними документами.** На їх основі та відповідно до них здійснюється експертиза проектів санітарної охорони водних об'єктів.

2. **Перевірка повноти наданих матеріалів.** Згідно з СНиП 1.02.01-85 проекти будівництва, відновлення й реконструкції споруд очищення стічних вод, які подаються для узгодження – повинні містити загальну пояснювальну записку, графічний матеріал, додатки і документи про затвердження схем планування території. Обов'язковою складовою частиною проекту повинен бути розділ «Заходи з охорони навколишнього середовища».

3. **Ознайомлення з паспортними даними проекту** (назва, стадія проектування, організація-розробник, рік розробки).

4. **Експертиза матеріалів проекту.** На основі аналізу матеріалів пояснювальної записки, в яких наведено обґрунтування необхідності будівництва, охарактеризовано місцеві умови і стандартна ситуація в населеному пункті та водному об'єкті, в який скидаються стічні води, заходи з охорони навколишнього середовища, представники санітарної служби оцінюють запропоновані проектантами схеми й системи каналізації.

5. **Оцінка принципів схем очищення стічних вод** є найбільш важливим етапом експертизи, оскільки від цього буде залежати ефективність роботи, надійність експлуатації очисних споруд і охорона навколишнього середовища. Основним критерієм є об'єм стічних вод

(табл. 3.3). За ним виділяють три групи очисних споруд. Перша – споруди, використання яких доцільне за продуктивності очисних станцій понад 10000 м<sup>3</sup>/д. Використовується у селищах міського типу і містах, друга – від 25 до 10000 м<sup>3</sup>/д (малі очисні споруди), третя – до 25 м<sup>3</sup>/д (місцеві очисні споруди).

Таблиця 3.3 – Показання до вибору очисних споруд за різної продуктивності переробки стічних вод, м<sup>3</sup>/д

Понад 10000	25-10000 (малі)	До 25 (місцеві)
<b>Споруди механічного очищення</b>		
Піскоуловлювачі	Піскоуловлювачі	Септики
Горизонтальні, вертикальні й радіальні відстійники		
<b>Споруди біологічного очищення</b>		
Поля фільтрації	Малі поля фільтрації	Поля підземної фільтрації
Поля зрошення	Малі поля зрошення	Поля підгрунтового зрошення
Різні типи аеротенків	Біологічні ставки	Фільтруючі колодязі
Різні типи біологічних фільтрів	Різні типи біологічних фільтрів	Піщано-гравійні фільтри
		Фільтруючі траншеї
	Циркуляційно-окислювальні канали	Біофільтри малої продуктивності
	Аероокислювачі радіальні	БЮ-25
	Аероакселатори	КУ-12; 25
Компактні установки	УКО-25	

Кожна споруда розраховується на певне гідравлічне навантаження або концентрацію речовин у стічних водах, що знаходяться, за яких досягається максимальний ефект очищення (СНиП 2.04.03-85). Показником ступеня очищення може слугувати концентрація речовин у стічних водах, які виходять з очисних споруд.

Необхідно уважно підходити до вирішення питання про можливість використання ґрунтових методів очищення. За наявності земельних ділянок і сприятливих кліматичних умов цьому методу слід надавати перевагу, тому що він дозволяє вирішувати низку важливих господарських задач: 1) зменшити забір природних вод на зрошення сільгоспугідь; 2) раціональніше використовувати водні ресурси у народному господарстві; 3) виключати безпосереднє скидання очищених і неочищених стічних вод у водний об'єкт; 4) сприяти отриманню високих урожаїв сільгоспкультур; 5) підвищувати родючість ґрунту;



б) поліпшувати кормову і поживну цінність вирощуваної продукції за рахунок збільшення вмісту вуглеводів, протеїну, азоту, фосфору, калію.

Слід відзначити, що використання стічних вод для зрошення дає досить великий додатковий прибуток, за рахунок якого за короткий час окупаються всі витрати, у той час як будівництво споруд штучного біологічного очищення вимагає значних безповоротних капітальних вкладень і експлуатаційних витрат.

На очисних спорудах повинні надійно знезаражуватися й утилізуватися осади стічних вод з відстійників. Показання до вибору методів і схем обробки осадів наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Показання до вибору методів і схем обробки осадів стічних вод за різної продуктивності очисної станції, м<sup>3</sup>/д

100000	10000-100000	25-10000	До 25
Метод анаеробна стабілізації: мулоущільнювач, метантенк, мулові майданчики, сільськогосподарські поля	Термомеханічний метод: мулоущільнювач, вакуумфільтр, термічна сушка, сільськогосподарські поля; мулоущільнювач, фільтр-прес, термічна сушка, сільськогосподарські поля Термічний метод: мулоущільнювач, вакуум-сушка, спалювання	Метод анаеробної стабілізації: двохярусний відстійник, мулові майданчики, сільськогосподарські поля Метод аеробної стабілізації: аеротенк, аераційна секція, термічна обробка, сільськогосподарські поля: аеротенк, аераційна секція, компостування, сільськогосподарські поля	Метод анаеробної стабілізації: септик, підземні мулові майданчики; септик, компостування

Надійне знезараження осадів досягається при застосуванні не одного, а декількох методів. Так, анаеробна стабілізація забезпечує стійкий ефект дегельмінтизації, якщо зброджування відбувається у термофільних умовах. Після аеробної стабілізації осад необхідно прогріти до 60°C або застосувати метод компостування.

Якщо відведення стічних вод підприємства з території населеного пункту буде здійснюватися за допомогою насосних станцій перекачування, необхідно з'ясувати: 1) їх розміщення на плані населеного пункту з урахуванням рози вітрів; 2) наявність і розмір санітарного розриву; 3) улаштування й використання СЗЗ; 4) розмір і благоустрій ділянки;

5) об'єм резервуара для накопичення стічних вод, його відповідність погодинним витратам стічних вод, а також відповідність продуктивності насосів надходженню стічних вод (за графіками припливу і відкачування стічних вод); 6) наявність резервних насосів (на два робочих насоси необхідно мати один резервний); 7) метод знезараження або ліквідації відходів, затриманих на ґратах (подрібнення й подальше надходження в стічні води, вивезення на звалища, компостування на місці); 8) санітарно-технічне обладнання приміщень (інтенсивність вентиляції, наявність допоміжних приміщень тощо); 9) наявність аварійних випусків; 10) наявність аварійного енергоживлення насосів.

**Санітарна експертиза проектів основних очисних споруд очисної станції.** Початковим елементом технологічної схеми очищення стічних вод є ґрати. У складі очисних споруд передбачаються ґрати з поздовжніми отворами не більше 16 мм або ґрати-дробильні. За такої величини отворів кількість відходів, які будуть затримуватися на ґратах, становитиме на рік  $8 \text{ дм}^3$  на 1 людину. Якщо добова кількість затримуваних відходів не перевищує  $0,1 \text{ м}^3$ , то допускається ручне очищення і вивіз відходів у герметичних контейнерах у місця знезараження твердих побутових і промислових відходів. В інших випадках повинна передбачатися механізоване очищення і подрібнення відходів.

Піскоуловлювачі влаштовуються за продуктивності очисних споруд понад  $100 \text{ м}^3/\text{д}$ . Піскоуловлювачів повинно бути не менше двох. Тип піскоуловлювача залежить від продуктивності станції. За продуктивності до  $5000 \text{ м}^3/\text{д}$  доцільно застосовувати тангенціальні піскоуловлювачі, понад  $10000$  – горизонтальні, понад  $20000 \text{ м}^3/\text{д}$  – аеровані. Розрахунок їхніх основних параметрів виконується на основі гідравлічної крупності піску.

Тип відстійників зумовлюється продуктивністю очисної станції. За продуктивності до  $25 \text{ м}^3/\text{д}$  для механічного очищення стічних вод, які потім надходять на поля підземної фільтрації, у піщано-гравійні фільтри, фільтруючі траншеї та фільтруючі колодязі, необхідно застосовувати септики: до  $10000 \text{ м}^3/\text{д}$  – двохярусні і  $20000 \text{ м}^3/\text{д}$  – вертикальні, понад  $20000 \text{ м}^3/\text{д}$  – радіальні відстійники. Повний розрахунковий об'єм септика береться: за витрати стічних вод до  $5 \text{ м}^3/\text{д}$  – не менше трикратного добового припливу, за витрати понад  $5 \text{ м}^3/\text{д}$  – не менше 2,5-кратного. Розрахунок продуктивності відстійників, окрім вторинних, виконується за кінетикою випадання завислих речовин, яке залежить від гідравлічної крупності частинок (СНиП 2.04.03-85).

Оцінюючи основні параметри відстійників, необхідно перевірити об'єм мулової частини, який залежить від норми накопичення осаду і періодичності його усунення. Норма накопичення осаду для відстійників без зброджування мулу становить  $0,7\text{-}0,8 \text{ дм}^3/\text{д}$  на 1 людину, для відстійників із зброджуванням залежно від середньозимової температури стічних вод –  $65 \text{ дм}^3/\text{р}$ . ( $t = 10^\circ\text{C}$ );  $110 \text{ дм}^3/\text{р}$ . ( $t = 6^\circ\text{C}$ ). Об'єм мулової

частини визначається за формулою

$$W = (V \cdot N)/(n \cdot p), \quad (3.40)$$

де  $V$  – норма накопичення осадів, або необхідний об'єм септичної частини на 1 людину;

$N$  – чисельність населення, яке проживає в каналізованому житловому фонді;

$n$  – кількість одночасно працюючих відстійників;

$p$  – періодичність усунення осаду.

У відстійниках необхідно також перевірити пристрої, які регулюють рівномірність розподілу стічних вод по всьому дзеркалу споруди (розподільчі лотки), збирання і усунення плаваючих домішок (жирозбиральні лотки, жирові колодязі), захист від них проясненої води, надходження осаду до приймального бункера станції перекачування.

Виконуючи експертизу споруд біологічного очищення з активним мулом, необхідно перевірити основні технологічні параметри, які характеризують процес біохімічного очищення стічних вод і зумовлюють ефективність роботи споруд: навантаження органічних забруднювальних речовин, швидкість окислення, окисна потужність, відносний і питомий приріст мулу, муловий індекс, необхідний час аерації, місткість аераційної секції.

Вагове або мулове навантаження – це загальна кількість органічних забруднювальних речовин за БСК, які надходять у споруду, що віднесена до загальної маси активного мулу за сухою речовиною в аераційній секції споруди

$$q_H = 24(L_{CT} - L_{OЧ})/a_M(1 - S)t_a, \quad (3.41)$$

де  $q_H$  – навантаження на активний мул, БСК (повне), мгО<sub>2</sub>/г беззольної речовини мулу на добу;

$L_{CT}$  – БСК (повне) стічної води, яка надходить в аеротенк (з урахуванням БСК при первинному відстоюванні), мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$L_{OЧ}$  – БСК (повне) очищеної води, мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$a_M$  – доза мулу, г/дм<sup>3</sup>;

$S$  – зольність мулу (з табл. 3.5);

$t_a$  – період аерації, год.

Період аерації, або тривалість аерації – це час ( $t_a$ ), необхідний для окислення органічних забруднювальних речовин стічних вод у пристрої.

Таблиця 3.5 – Основні технологічні параметри, які характеризують процес очищення стічних вод

Стічні води	ШО <sub>max</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	К <sub>В</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	К <sub>О</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	У <sub>М</sub> , г/дм <sup>3</sup>	S
<b>Міські</b>	85	33	0,625	0,07	0,3
<i>Виробничі</i>					
Нафтопереробних заводів					
I ступінь	33	3	1,81	0,17	-
II ступінь	59	24	1,66	0,158	-
Азотної промисловості	140	6	2,4	1,11	-
Заводів синтетичного каучуку, целюлозно-паперової промисловості	80	30	0,6	0,06	0,15
сульфатно-целюлозне виробництво	650	100	1,5	2	0,16
сульфідно-целюлозне виробництво	700	90	1,6	2	1,17
Заводів штучного волокна (віскози)	90	35	07	0,27	-
Фабрик первинної обробки вовни					
I ступінь	32	156	-	0,23	-
II ступінь	6	33	-	0,2	-
Дріжджових заводів	232	90	1,66	0,16	0,35
Заводів органічного синтезу мікробіологічної промисловості	83	200	1,7	0,27	-
виробництво лізину	280	28	1,67	0,17	0,15
виробництво біовіту і вітаміну	1720	167	1,5	0,98	0,12
Свиновідгодівельних комплексів:					
I ступінь	454	55	1,65	0,176	0,25
II ступінь	15	72	1,68	0,171	0,3

Для аеротенка  $t_a$  визначається за формулою

$$t_a = (2,5/V) \cdot \lg(L_{ст} / L_{оч}), \quad (3.42)$$

Період аерації в аеротенках, які працюють за принципом змішувачів,

( $t_a$ ) визначається за формулою

$$t_a = \frac{(L_{ст} - L_{оч})}{a_M(1 - S)p}. \quad (3.43)$$

Глибина процесу біохімічного очищення і величина приросту активного мулу залежать від валового навантаження. Чим меншою є величина навантаження (не більше 1 г БСК на 1 г мулу на добу), тим вищими є ефект очищення стічних вод і ступінь мінералізації активного мулу, меншою величина його приросту і вищою концентрація розчиненого кисню в муловодяній суміші аеротенку.

Застосовується ще така характеристика, як питома швидкість окиснення (вилучення) забруднювальних речовин активним мулом. Це коли навантаження на мул розраховується не за всією кількістю забруднювальних речовин, що надходять, а лише за тією частиною, що вилучається. Це частина, яка здатна сорбуватися і окислюватися активним мулом і яка може убувати з різною швидкістю залежно від стану (якості) активного мулу. Тому питома швидкість окиснення ШО визначається за величиною БСК, віднесеної до одиниці суміші активного мулу за сухою речовиною в одиницю часу

$$\text{ШО} = \text{ШО}_{\max} \frac{L_{оч} \cdot C_O}{L_{оч} \cdot C_O - K_B \cdot C_O + K_O \cdot L_{оч}} \frac{1}{1 + Y_M}, \quad (3.44)$$

де  $\text{ШО}_{\max}$  – максимальна швидкість окиснення,  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$  за 1 год (береться за табл. 3.5);

$C_O$  – концентрація розчиненого кисню,  $\text{мг/л}$ ;

$K_B$  – константа, яка характеризує властивості органічних забруднювальних речовин, ( $\text{БСК}$  (повне)  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$  береться за табл. 3.5);

$K_O$  – константа, яка характеризує вплив кисню,  $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ , (береться за табл. 3.5);

$Y_M$  – коефіцієнт інгібування продуктами розкладання активного мулу,  $\text{г/дм}^3$ , (береться за табл. 3.5).

Окислювальна потужність (ОП), або об'ємне навантаження – це кількість забруднювальних речовин у стічних водах, які окислюються (вилучаються)  $1 \text{ м}^3$  вмісту аераційної секції споруди за добу

$$\text{ОП} = (L_{ст} - L_{оч})Q/W_a, \quad (3.45)$$

де  $Q$  – приплив стічних вод,  $\text{м}^3/\text{д}$ ;

$W_a$  – вміст аеротенка, м<sup>3</sup>.

Вміст аеротенка  $W_a$  визначається за формулою

$$W_a = t_a(1 + R_M)q_{CT}, \quad (3.46)$$

де  $R_M$  – ступінь рециркуляції активного мулу;

$q_{CT}$  – розрахункова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>.

Ступінь рециркуляції активного мулу  $R_M$  в аеротенках розраховується за формулою

$$R_M = a_M / \frac{1000}{I_M} + a_M, \quad (3.47)$$

де  $I_M$  – муловий індекс, см<sup>3</sup>/г.

Розраховані дані звіряються з відповідними нормативними документами.

Для роботи біофільтрів основним технологічним параметром є також окисна потужність. Під окисною потужністю (ОП) біофільтрів розуміється кількість органічних забруднювальних речовин за БСК, яка може бути вилучена із стічної рідини 1 м<sup>3</sup> завантаженого матеріалу

$$ОП = (L_{CT} - L_{OЧ}) / W_a. \quad (3.48)$$

Знаючи окисну потужність біофільтра, можна розрахувати необхідний об'єм фільтруючого матеріалу. Для цього сумарну БСК усієї кількості стічних вод, яка надходить на біофільтр впродовж доби, ділиться на окисну потужність 1 м<sup>3</sup> матеріалу. Розділивши потім об'єм фільтруючого матеріалу на допустиму висоту його шару (біофільтр – 2 м, аерофільтр – 4 м), одержується площа, яка необхідна під біофільтр.

**Прийом до експлуатації збудованих очисних споруд.** Необхідно відзначити, що санітарний нагляд має виконуватися під час будівництва очисних споруд. Обстеження очисних станцій в процесі будівництва рекомендується робити не менше двох разів: перший раз – коли ведуться приховані та недоступні для огляду в остаточному вигляді роботи (закладання фундаменту, траншей та каналів, підготовка ложа біологічних ставків та ін.), другий – коли встановлюються санітарно-технічні прилади і монтується очисне обладнання. Основна задача нагляду – перевірка дотримання будівельниками умов проекту.

Згідно з відповідними нормативними документами, прийом до експлуатації очисних споруд здійснюється у дві стадії: перша – попередня (технічна) і друга – державний прийом. До складу технічної комісії

входять представники замовника, генпідрядника і субпідрядника, відділу комунального господарства міста. Завдання технічної комісії полягає в тому, щоб перевірити якість будівельних робіт, їх відповідність проекту і підготувати матеріали для державного прийому об'єкта.

Після огляду споруд технічна комісія складає акт попереднього прийому, в якому має бути відзначено всі виявлені санітарні дефекти і надано рекомендації щодо їх усунення.

За позитивних заключень технічної комісії про можливість пред'явлення закінченого будівництвом (реконструкцією) об'єкта до державного прийому, позитивних заключень експертних організацій про відповідність виконаних робіт проектній документації видається заключення головного санітарного лікаря про можливість пуску об'єкта в експлуатацію.

Відбувається пробна експлуатація очисної станції. Задачі пробної експлуатації – перевірка і регулювання роботи окремих споруд і всієї станції в цілому. Пусковий період складається з двох етапів: пуск споруд на чистій воді та пуск споруд на стічних водах. Він повинен охоплювати теплу і холодну пори року, тому триває не менше шести місяців.

Результати пробної експлуатації подаються в державну приймальну комісію. Ця комісія призначається місцевими державними органами, міністерством або відомством, у віданні якого перебуває об'єкт. До її складу входять представники державного архітектурного будівельного контролю, санітарної служби, пожежної охорони, міського господарства та ін. Державна комісія встановлює завершеність усіх видів робіт на об'єкті, якість їх виконання й ефективність роботи очисних споруд. Робота комісії оформляється актом, який закінчується висновками про можливість прийому об'єкта до експлуатації та загальною оцінкою якості будівництва.

### *3.3.2 Методи підвищення ефективності роботи водоохоронних технологій*

Залежно від призначення води у виробництві її поділяють на кілька категорій. Вода, яку використовують для охолодження в теплообмінних апаратах, нагрівається, але не забруднюється сторонніми домішками. Воду, яку використовують як транспортувальний засіб, наприклад при збагаченні руд, не нагрівається, але забруднюється механічними й розчиненими домішками. Іноді у виробництві використовують підігріту воду, наприклад для миття харчової сировини, тари тощо. Дуже часто у виробництвах використовують воду як розчинник і реагент. Воду, яку застосовують для охолодження та транспортування, можна використовувати у водооборотних циклах:

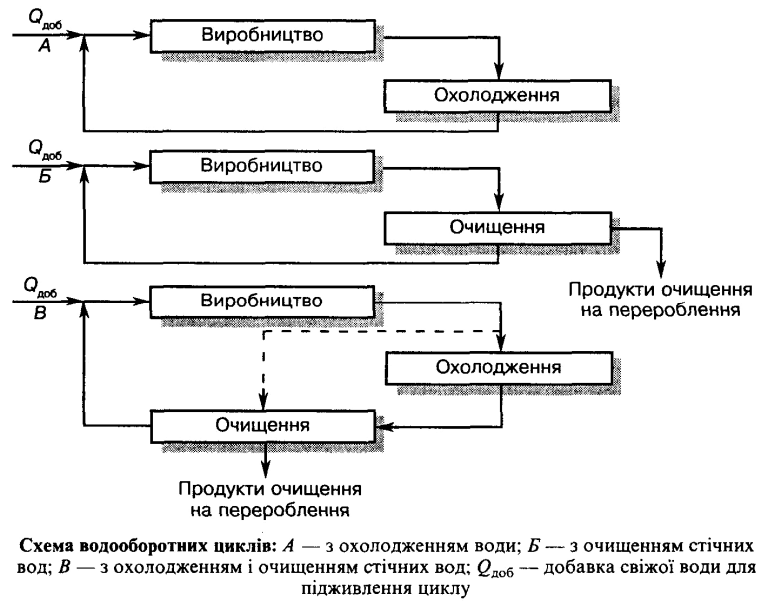


Рис. 3.22 – Схема водооборотних циклів

Для цього охолодні води треба охолодити, води для транспортування – очистити, а підігріті води для миття сировини, тари тощо – охолодити й очистити. Потім до охолоджених та очищених вод додають додаткову кількість свіжої води  $Q_{доб}$  (підживлення системи) для компенсації втрат і їх знову повертають у виробництво.

Для запобігання забрудненню навколишнього природного середовища продукти очищення вод потрібно переробляти на цьому самому або суміжному підприємстві з метою добування з них корисних продуктів чи напівпродуктів. Якщо після очищення утворюються токсичні відходи, які неможливо переробити, їх захоронюють. Оборотно водопостачання в 20-50 разів зменшує споживання чистої природної води та забруднення водойм, тобто зменшує надходження розсіюваних відходів у природне середовище.

При нинішньому положенні справ з постійним збільшенням забруднень гідросфери очевидним стають два напрямки в боротьбі за охорону водних ресурсів. По-перше, це посилення економічної відповідальності водоспоживачів за неякісне очищення стічних вод, по-друге, розробка та впровадження нових технологій, докорінно змінюють підхід до проблем охорони навколишнього середовища.

Потужним каталізатором виконання зазначених тенденцій, мабуть, має стати розвиток нових законодавчих актів з використання і охорони водних ресурсів від забруднень промисловими і побутовими стоками, в яких будуть враховані сучасні проблеми захисту гідросфери. Відмова від старих і впровадження нових технологій, перш за все, обумовлений створенням промислових підприємств без викидів і відходів. Такі



підприємства мають застосовувати новітні системи технологічних процесів, в яких використання сировинних та енергетичних ресурсів буде ув'язуватися з вимогами захисту природи і здоров'я людини. У нашій країні основні тенденції створення таких виробництв пов'язані з системою переробки сировини, яка містить комплекси виділення і обробки всіх відходів у вигляді готової продукції.

В останні роки намітилися різні технологічні напрямки, що забезпечують істотне зниження водоспоживання та забруднення. До найбільш перспективних з них належать: розробка та впровадження водооборотних циклів; повторне використання очищених вод в оборотних системах охолоджуючої води; розробка принципово нових безводних технологічних процесів з впровадженням їх у першу чергу на виробництвах з отруйними відходами, застосування систем повітряного охолодження. Розглядаючи оборотне водопостачання як ефективний засіб споживання свіжої води, слід мати на увазі, що в ньому використовуються методи очищення стічних вод, які повинні забезпечувати необхідну кількість технологічної води.

Одним з найважливіших напрямів є впровадження безвідходної технології, де всі види відходів (рідкі, тверді) повністю утилізуються. Знешкодження та утилізація твердих промислових відходів становлять досить складну і важковирішувану завдання. Справа в тому, що складний цикл безвідходної технології може бути реалізований в умовах комплексу взаємопов'язаних підприємств, в яких відходи одного виробництва стають вихідною сировиною для іншого. Але багато відходів (в тому числі великотоннажні) поки не знаходять широкого застосування. Частина неутілізованих відходів збирають підприємства Главвторчермета і Головторсировини, проте велику частину цих відходів піддають захоронення або вивозять на спеціально організовані для цієї мети полігони.

Не менш важливим напрямком істотного зниження водоспоживання та забруднення стічних вод стає впровадження «безводних» або «сухих» технологій. Використання таких технологій в нафтопереробній промисловості дозволило зменшити витрату води на переробку однієї тони нафти в 100 разів, у целюлозної промисловості на базі нових технологій скорочено споживання води в 6 разів, а концентрація не піддаються очищенню забруднень стічних вод зменшилася в 7 разів. При проектуванні промислових підприємств без викидів відходів у довкілля передбачають створення комплексів безстічних і замкнутих систем водоспоживання, комплексну переробку сировини; рекуперацію промислових відходів; розробку промислових об'єднань із замкнутою системою потоків переробки сировини і відходів та заготовлення для нової продукції.

### *Питання для самоперевірки*

1. Схеми використання води на промислових підприємствах.
2. Типи водоспоживання у виробництві.
3. Схеми водопостачання та водовідведення промислових підприємств.
4. Класифікація систем оборотного водопостачання.
5. Класифікація стічних вод, що утворюються в результаті різних технологічних процесів у промисловості.
6. Основні способи очищення виробничих стічних вод.
7. Очищення стічних вод за допомогою процесу флотації.
8. Хімічне очищення стічних вод.
9. Фізико-хімічне очищення стічних вод.
10. Біологічні та біохімічні методи очищення стічних вод.
11. Технології та обладнання утилізації осадів біохімічного очищення стічних вод.

## **4 СУЧАСНІ ПІДХОДИ, НОВІТНІ МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ**

### **4.1 Теоретичні та технологічні аспекти впливу господарської діяльності на стан земель**

#### *4.1.1. Вплив діяльності людського суспільства на геологічне середовище*

З розвитком науки та техніки невпинно зростає антропогенний вплив на геологічне середовище. До початку XVIII ст. людина використовувала 26 елементів мінеральної сировини, на початку XX ст. – 59, а сьогодні – більше 80.

Тому найбільш негативно впливають на геологічне середовище гірничодобувна і будівельна галузі промисловості. Лише 10% мінеральної сировини, що добувається з надр планети, перетворюється на готову продукцію, а решта 90% забруднює біосферу. Наприклад, при збагаченні мідних руд майже третина міді викидається у звалища. Крім цього, недостатньо використовуються супутні матеріали – срібло, цинк та інші компоненти руд.

При нераціональному використанні геологічного середовища руйнується не лише це середовище, а й пов'язані з ним інші компоненти біосфери – ґрунтовий та рослинний покриви, поверхневі та підземні води тощо. Наприклад, під час будівництва тимчасових доріг вздовж трас вирубується ліс, знищується трав'яний покрив, чагарники, порушується гумусовий шар, змінюється режим ґрунтових вод внаслідок спорудження заглиблень-приямків, дамб тощо.

Внаслідок видобування, збагачення та переробки корисних копалин, нагромадження порожньої породи та відходів виробництва відбувається концентрація шкідливих елементів – важких металів, радіонуклідів тощо, що призводить до важких захворювань і навіть масової загибелі рослин і тварин.

Транспортування вантажів, дослідного устаткування або бурових установок по бездоріжжю, пересування дуже важких самохідних агрегатів, тракторів завжди призводить до важких соціоекологічних наслідків, особливо в степах, пустелях, тундрі.

Під час геологорозвідувальних робіт змінюються природні ландшафти місцевості – порушується ґрунтово-рослинний покрив, утворюються западини через прокладання відкритих каналів, шурфів, розчисток порід.

Значний негативний вплив на геологічне середовище має будівництво й експлуатація різноманітних будівель та інженерних споруд.

Нині дедалі частіше техніко-будівельній діяльності на родючих землях передують знімання, переміщення та зберігання ґрунтів, які потім використовуються для покриття інших територій з гіршими ґрунтами чи для рекультивації кар'єрів, териконів. На рекультивованих землях розводять сади, парки, городи.

У зв'язку з широкомасштабним руйнуванням внаслідок господарської діяльності геологічного середовища все більш актуальною стає проблема його раціонального використання. З цією метою необхідно, щоб було створено державний фонд родовищ корисних копалин і його резерв та розроблено положення про його використання. Слід передбачити чіткі еколого-економічні відносини між власником та користувачем надр, які б враховували плату за землю, надра, штрафні санкції за порушення природоохоронного законодавства.

#### *4.1.2. Джерела виникнення небезпечних явищ негативно впливаючих на стан земель*

Ґрунтом називаються видозмінені під впливом живих організмів, перш за все – зелених рослин, поверхневі шари земної кори (суходолу), які відрізняються від гірських порід складом мінеральної маси, значним вмістом специфічних органічних речовин (гумусу) і мають важливу відмінність – родючість, тобто здатність постачати рослинам необхідні для їх росту поживні речовини, воду і повітря. Ґрунти є одночасно і результатом життєдіяльності зелених рослин, і умовою їхнього існування.

За величиною зон та рівнів забруднення ґрунтів поділяється на фонове, локальне, регіональне, глобальне.

**Фоновим** вважається такий вміст забруднювальних речовин в ґрунті, котрий відповідає або близький до його природного складу.

**Локальним** вважається забруднення ґрунту поблизу одного або сукупності декількох джерел забруднення.

**Регіональним** є таке забруднення ґрунту, яке виникає внаслідок переносу забруднювальних речовин на віддаль не більше 40 км від техногенних та більше 10 км від сільськогосподарських джерел забруднення.

**Глобальними** називають забруднення ґрунту, які виникають внаслідок дальнього переносу забруднювальної речовини на віддаль більше 1000 км від будь-яких джерел забруднення.

Забруднення ґрунту важко класифікувати, у різних джерелах їхній розподіл дається по-різному, найбільш поширеною є така:

1) Забруднення сміттям, викидами, відвалами, відстійними породами. У цю групу входять різні забруднення змішаного характеру, що включають як тверді, так і рідкі речовини, не занадто шкідливі для організму людини, але шкідливі для ґрунту. Вони засмічують поверхню,

що утруднює ріст рослин на цій площі.

2) Забруднення важкими металами. Даний вид забруднень вже становить значну небезпеку для людини й інших живих організмів, тому що важкі метали нерідко мають високу токсичність і здатність до акумуляції в організмі. Найбільш розповсюджене автомобільне паливо – бензин – містить дуже отруйну сполуку – тетраетилсвинець, що містить важкий метал свинець, який потім потрапляє в ґрунт. З інших важких металів, сполуки яких забруднюють ґрунт, можна назвати Cd (кадмій), Cu (мідь), Cr (хром), Ni (нікель), Co (кобальт), Hg (ртуть), As (миш'як), Mn (марганець).

3) Забруднення пестицидами. Ці хімічні речовини в даний час широко використовуються як засоби боротьби зі шкідниками культурних рослин і тому можуть знаходитися в ґрунті в значних кількостях. За своєю небезпекою для тварин і людини вони наближаються до попередньої групи. Саме з цієї причини був заборонений для використання препарат ДДТ (діхлор-дифеніл-трихлор метил метан), що є не тільки високотоксичною сполукою, але, також, характеризується значною хімічною стійкістю і не розкладається протягом десятків років. Пестициди згубно діють на ґрунтову мікрофлору: бактерії, актиноміцети, гриби, водорості.

4) Забруднення мікотоксинами. Дані забруднення не є антропогенними, тому що вони виділяються деякими грибами, однак, по своїй шкідливості для організму вони стоять в одному ряді з перерахованими забрудненнями ґрунту.

5) Забруднення радіоактивними речовинами. Радіоактивні сполуки стоять трохи окремо по своїй небезпеці, насамперед тому, що за своїми хімічними властивостями вони практично не відрізняються від аналогічних не радіоактивних елементів і легко проникають в усі живі організми, вбудовуючись в харчові ланцюжки.

#### *4.1.3. Вплив господарської діяльності на ґрунт*

Шкідливий антропогенний вплив, а також розгул стихій, природних та посилених людиною, завдають ґрунтам величезної, інколи непоправної шкоди. Це, насамперед, водна і вітрова ерозія, погіршення ґрунтової структури, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, постійне збіднення на гумус та поживні речовини, забруднення ґрунту мінеральними добривами, отрутохімікатами, мастилами та паливом, перезволоження та засоленість земель. Деякі види антропогенних впливів на ґрунти, які зумовлюють зміну їхньої родючості, наводяться в табл. 4.1.

**Втрата ґрунтами грудкуватої структури** у верхньому горизонті відбувається внаслідок постійного зменшення вмісту органічних речовин, механічного руйнування структури різноманітними знаряддями обробітку,

а також під впливом опадів, вітру, перепаду температур тощо.

Таблиця 4.1 – Наслідки антропогенних впливів на ґрунти

Вид впливу	Основні зміни ґрунтів
Щорічне розорювання	Посилена взаємодія з атмосферою, вітрова та водна ерозія, зміна чисельності ґрунтових організмів
Сінокоси, збирання врожаю	Вилучення деяких хімічних елементів, підвищення випаровування
Випас худоби	Ущільнення ґрунту, знищення рослинності, котра скріплює ґрунт, ерозія, збіднення ґрунтів низкою хімічних елементів, висушування, удобрення гноєм, біологічне забруднення
Випалювання старої трави	Знищення ґрунтових організмів в поверхневих шарах, підсилення випаровування
Зрошення	При неправильному поливанні відбувається заболочення та засолювання ґрунтів
Осушення	Зниження вологості, виникнення вітрової ерозії
Застосування отрутохімкатів та гербіцидів	Загибель низки ґрунтових організмів, зміни ґрунтових процесів, накопичення небезпечних для живих організмів отрут
Створення промислових та побутових звалищ	Зниження площі землі, придатної для сільського господарства, отруєння ґрунтових організмів на прилеглих ділянках
Робота наземного транспорту	Ущільнення ґрунту при русі поза дорогами, отруєння ґрунтів відпрацьованими газами та сипкими матеріалами
Стічні води	Зволоження ґрунтів, отруєння ґрунтових організмів, забруднення органічними та хімічними речовинами, зміна складу ґрунтів
Викиди в атмосферу	Забруднення ґрунтів хімічними речовинами, зміна їхньої кислотності та складу
Знищення лісів	Посилення вітрової та водної ерозії, посилення випаровування
Вивезення органічних відходів виробництва та фекалій на поля	Забруднення ґрунтів небезпечними організмами, зміна їхнього складу
Шум та вібрація	Сповільнення росту рослин, загибель живих організмів
Енергетичні випромінювання	Сповільнення росту рослин, забруднення ґрунтів

Ще однією причиною втрати родючості є багаторазовий обробіток ґрунтів різними знаряддями за допомогою потужних і важких тракторів. Часто поле протягом року обробляється до 10-12 разів. Не враховується, що добрива, посівний матеріал, зерно і солом, коренеплоди і бульбоплоди завозять на поле та вивозять причепами. Висока частота обробітку пояснюється ще і тим, що наше сільське господарство не має знарядь для одночасного обробітку землі і догляду за посівами.

Через частий обробіток землі розпилюється поверхня ґрунту. Один трактор «Беларусь», працюючи на сухих полях, здимає 13-14 тонн пилу на кожному гектарі, що і без пилових бур призводить до зносу мільярдів тонн родючого шару ґрунту щорічно.

Через ущільнення ґрунту колесами важких тракторів і комбайнів типу «Дон», різко знижується родючість. Нормальна об'ємна маса структурного ґрунту – 1,1 1,2 г/см<sup>3</sup> – на багатьох полях змінюється аж до 1,6-1,7 г/см<sup>3</sup>, що значно перевищує критичні величини. У таких ґрунтах майже вдвоє зменшується загальна пористість, різко знижується водопроникна і водоутримуюча здатність, зменшується опірність ґрунту до ерозійних процесів. Колеса трактора «Кировец-700» ущільнюють у колії ґрунт на глибину до 20 см, і врожай на таких смугах удвічі нижчий, ніж на ділянках між ними. Лише за рахунок цього фактора загальний врожай на полі зменшується на 20%.

Глобальною проблемою сьогодні є постійне **зменшення вмісту гумусу**, який відіграє провідну роль у формуванні ґрунту, його цінних агрономічних властивостей, забезпеченні рослин поживними речовинами. Однією із основних причин цього є споживацький підхід до землі, намагання якнайбільше з неї взяти і якнайменше їй повернути. А гумус витрачається не тільки на мінералізацію з вивільненням доступних для рослин поживних речовин, а й виноситься з ґрунту в процесі ерозії, з коренеплодами та бульбоплодами, на колесах транспортних засобів, руйнується під впливом різноманітних хімічних речовин.

Нині в Україні кількість гумусу в ґрунті зменшилася в середньому в шість разів і становить приблизно 3%. Щорічно ґрунти України втрачають за рахунок мінералізації 14 млн т гумусу, за рахунок ерозії – 19 млн т.

Сьогодні дедалі більш відчутними стають негативні **наслідки хімізації сільського господарства** – погіршуються властивості ґрунту, його стан через нагромадження в ньому великої кількості шкідливих хімічних речовин, що вносились без належних розрахунків і врахування екологічних законів. До таких хімічних речовин, в першу чергу, належать міндобрива та різні отрутохімікати – пестициди.

Внаслідок внесення високих доз мінеральних добрив ґрунт забруднюється баластними речовинами – хлоридами, сульфатами.

Пестициди пригнічують біологічну активність ґрунтів, знищують

корисні мікроорганізми, черв'яків, зменшують природну родючість. Крім цього, гинуть комахи-запилювачі, від чого теж різко знижується врожайність, наприклад, гречки, баштанних культур та ін.

Вже сьогодні внаслідок спровокованої людиною пестицидної еволюції близько 500 видів комах є стійкими проти застосовуваних інсектицидів. Така стійкість виникає у рослин, моллюсків, гризунів, грибів.

Всі без винятку пестициди належать до отрут широкої дії, і тому, потрапляючи в продукти харчування, вони завдають великої шкоди здоров'ю людей. Дослідження в нашій країні засвідчили: там, де інтенсивно застосовуються сільськогосподарські отрутохімікати, у місцевого населення ушкоджуються структури спадковості, розладнується діяльність центральної нервової системи, життєво важливих органів, у жінок частішають випадки ускладнення вагітності, народження неповноцінних або мертвих дітей, виникає алергія. Американські дослідники виявили, що 30% інсектицидів, 60% гербіцидів, 90% фунгіцидів, що застосовуються в США, здатні викликати рак. Також встановлено, що пестициди стимулюють розвиток у навколишньому середовищі вірусів, зокрема тих, які збуджують небезпечні захворювання людей, руйнують імунну систему. Площа земель, забруднених залишками отрутохімікатів, сягає 13 млн га.

Ґрунти також забруднюються відпрацьованими газами тракторів, комбайнів, автомобілів, мастилами та пальним, які з них виливаються під час роботи на полях. У ґрунти потрапляють і техногенні забруднення від промислових підприємств – сульфати, окиси азоту, важкі метали та інші сполуки.

У ролі основних забруднювачів ґрунтів виступають метали і інші сполуки, радіоактивні елементи, а також добрива і отрутохімікати, застосовувані в сільському господарстві. До найбільш небезпечних забруднювачів ґрунтів відносять ртуть і її сполуки. Ртуть надходить у навколишнє середовище з отрутохімікатами, з відходами промислових підприємств, що містять металеву ртуть і різноманітні її сполуки. Ще більш масовий і небезпечний характер носить забруднення ґрунтів свинцем. Відомо, що при виплавці однієї тонни свинцю в навколишнє середовище з відходами викидається його до 25 кг. Сполуки свинцю використовують в якості добавок до бензину, тому автотранспорт є серйозним джерелом свинцевого забруднення. Особливо багато свинцю в ґрунтах уздовж значних автострад.

Поблизу значних центрів чорної і кольорової металургії ґрунти забруднені залізом, міддю, цинком, марганцем, нікелем, алюмінієм і іншими металами. У багатьох місцях їхня концентрація в десятки разів перевищує ГДК.

Радіоактивні елементи можуть потрапляти в ґрунт і накопичуватися в ньому у результаті випадання опадів від атомних вибухів або при



віддаленні рідких і твердих відходів промислових підприємств, АЕС або науково-дослідних закладів, пов'язаних із вивченням і використанням атомної енергії. Радіоактивні речовини з ґрунтів потрапляють у рослини, потім в організми тварин і людини, накопичуються в них.

Винятково гострою проблемою є вилучення орних земель під забудову різних промислових об'єктів, а також складування промислових та побутових відходів. За останні шістьдесят років в Україні під різні види несільськогосподарського використання вилучено родючі землі, площа яких перевищує територію Одеської області (333 тис. км<sup>2</sup>, або 3,3 млн га). Понад 700 тис. га родючих земель затоплено водоймами на Дніпрі. Відвали промислових відходів поглинули 200 тис. га родючих земель.

Негативний бік мають і такі важливі для сільського господарства роботи як *зрошення й осушення земель*. Зрошувані землі дають близько 30% продукції рослинництва, але створення водойм і зрошення великих територій призводить до підняття рівня ґрунтових вод і зміни їхнього хімічного складу. Відбувається засолення ґрунтів, заболочування, підвищується сейсмічність території. 50% зрошуваних земель у нашій країні підтоплено, втрачається чи перевитрачається на кожному гектарі 700 м<sup>3</sup> на рік. Перевитрата води, закладена в самій нормі поливу, перевищена на 30%. Взагалі довжина зрошувальних меліоративних водоводів України перевищує довжину екватора Землі, а площа затоплених угідь втричі перевищує площу такої держави, як Люксембург (2,6 тис. кв. м).

За двадцять років площа перезволожених земель на Україні збільшилась на 1 млн га. Разом із введенням нових осушених площ понад 30% староорних ґрунтів виводиться із сільськогосподарського використання, тобто, якщо щороку вводиться 135 тис. га, то 46 тис. га виводиться із числа меліоративних земель внаслідок їхньої деградації.

Внаслідок осушення зникають болота, міліють річки. Меліорація змінює склад рослинності, місця мешкання тварин, призводить до великих втрат лікарських та харчових рослин. Так, на початку шістдесятих років польські кооператори заготовляли 220 центнерів валеріани на рік, а нині – лише 5 центнерів. Із 47 видів лікарських трав, що росли на Поліссі, тепер збирають 6-7 видів. 20 років тому на Поліссі було 80 тис. га журавлини, яка має надзвичайно цілющі властивості, а нині ця площа скоротилась до 23 тис. га. Катастрофічно знизилась і врожайність цієї цілющої ягоди. На початку шістдесятих заготівельники збирали 900-950 кг журавлини з гектара, а сьогодні – 100.

Таке використання та погіршення якості наших земель вимагає вжиття термінових науково обґрунтованих заходів, що сприятимуть значному підвищенню родючості ґрунтів та отриманню екологічно чистих продуктів харчування.

#### 4.1.4. Вплив екзогенних процесів на стан земель

Як зазначається в одній з останніх доповідей ООН про стан земельних ресурсів світу, подальше існування сучасної цивілізації поставлено під загрозу через широкомасштабну загибель родючих земель, яка дедалі збільшується. Необхідні термінові заходи для відновлення структури і родючості ґрунтів – нейтралізація, розсолення, збагачення гумусу та ін.

На сьогодні **охорона і раціональне використання земельних ресурсів** (оброблювані землі, пасовища, сінокоси, рекреаційні землі) – одна з найактуальніших проблем людства.

Загальна площа родючих земель суші становить близько 1,5 млрд. га (10-11% площі суші), пасовищ і сінокосів – близько 3 млрд. га (20% площі суші). На кожного мешканця Землі сьогодні припадає лише 0,4 га родючої землі.

Однією з основних причин деградації земель є **запустинювання**. Вважається, що утворення більшості пустель на Землі пов'язане із людською діяльністю і є наслідком знищення лісів, надмірного використання пасовищ і обробки землі, перенаселення.

Іншу важливу причину втрати сільськогосподарських угідь становить **відчуження земель** за рахунок містобудування, будівництва доріг, аеродромів, сховищ, промислових і побутових звалищ.

Особливе місце у зменшенні придатних до використання сільськогосподарських земель посідає **деградація ґрунтів** за рахунок ерозії, засолення, хімічної деградації.

Сотні мільйонів гектарів земель страждають від **ерозії**. Тільки в Україні щорічно від ерозії гинуть десятки тисяч гектарів родючої землі. За даними ЮНЕСКО щорічно внаслідок впливу на ґрунти вітрів, ураганів, хімізації, будівництва доріг, промислових об'єктів, аеродромів, розробки кар'єрів у світі втрачається від 5 до 7 млн га родючих земель.

Однією з найбільших бід ґрунтів є **засолення** внаслідок неправильного зрошування.

Великої шкоди землям завдають обумовлені діяльністю людини (підрізування ухилів, риття кар'єрів, підтоплення, будівництво водосховищ та ін.) **зсуви, селі й осипання ґрунтів**.

Дедалі відчутними стають наслідки **хімізації сільського господарства** – погіршення стану ґрунтів через накопичення в них шкідливих хімічних речовин після тривалих і інтенсивних внесень добрив і пестицидів.

Величезної шкоди земельним ресурсам завдає **геологічна і гірничодобувна промисловість**. При розвідці і пошуках корисних копалин тимчасово побудованими дорогами пересувається величезна кількість техніки, утворюються тисячі свердловин, копаються десятки тисяч канав,

шурфів, будуються тимчасові бази, поселення, аеродроми, шляхи, що веде до зміни природних ландшафтів місцевості, порушення ґрунтового-рослинного покриву, утворення западин і опуклостей на поверхні.

Для зменшення тимчасової дії цих робіт необхідне:

- використання техніки з широкими шинами;
- селективна виїмка і складування ґрунтів;
- проведення робіт з відновлення ґрунтів і рекультивації земель;
- зменшення ресурсів ділянок свердлення;
- виведення порід в траншеї;
- проведення екологічної паспортизації земель, відведених під

гірські роботи.

Надра Землі використовуються в декількох напрямках для:

- видобутку корисних копалин;
- зберігання рідких і газоподібних корисних копалин у природних і штучних сховищах;
- утворення різних споруд і навіть цілих заводів;
- будівництва транспортних комунікацій, метро, трубопроводів;
- поховання токсичних і радіоактивних відходів.

Для зони впливу гірничого виробництва характерні порушення різних типів:

- геомеханічні (деформації порід і земної поверхні, провали, забудови);
- гідродинамічні (гідрологічні – поверхневі, гідрогеологічні – підземні);
- аеродинамічні (приземні) порушення і забруднення: літосферні (поверхні), гідросферні, атмосферні та біоценотичні.

**Мінеральні ресурси** – це сукупність всіх корисних копалин суші, Світового океану, які використовуються в галузях енергетики, чорної і кольорової металургії, хімічної промисловості, будівництва.

Мінеральні ресурси є національним багатством кожної країни. Щорічно на нашій планеті видобувається майже 30 т різних корисних копалин на людину, але тільки 1-5% їх через недосконалі технології і техніки реалізується у вигляді продукції виробництва, інше йде у відходи і втрачається на різних етапах виробництва. За даними німецьких фахівців мінеральні ресурси України оцінені у вісім балів за десятибальною системою.

Правильна охорона природи передбачає, щоб експлуатація одних видів ресурсів не завдавала збитку іншим. У зв'язку із цим слід розглянути шкідливий вплив гірничодобувної промисловості на природу, який виявляється у створенні відвалів, кар'єрів, териконів, провальних воронок, в забрудненні води, ґрунту, повітря. Нижче наведені деякі з цих порушень і заходи з їх ліквідації.

**Відвали** утворюються або з порожньої породи, яку піднімають з

шахт разом з рудою або вугіллям, а потім відсортовують на збагачувальних фарбниках і звальюють поблизу (інколи такі відвали називають «хвостами» або хвостосховищами), або з відходів промислових підприємств (наприклад, попеловідвали теплових електростанцій), або з так званої вскриші, тобто верхніх шарів земної кори, що покривають поклади.

Якщо корисна копалина залягає неглибоко, її прагнуть розробляти відкритим способом, що значно дешевше. У такому випадку риють кар'єри, тобто проводять виїмку на велику глибину (інколи до 100 м), а потім відвалюють убік, створюючи своєрідні штучні плато, які виводять з ладу значні площі цінних земель.

**Видобуток корисних копалин відкритим способом** завдає найбільшого збитку природному середовищу, оскільки часто повному руйнуванню піддаються десятки і сотні гектарів цінних лісових і сільськогосподарських угідь.

Відновлення колишніх властивостей і родючості земель, що піддалися промисловому впливу, так звана їх **рекультивация** набуває великого господарського і соціально-економічного значення, особливо в промислових районах з високою щільністю населення. Цим пояснюється зростаючий інтерес до проблеми рекультивации як за кордоном, так і в Україні.

**Териконами** є різновиди відвалів – у формі конусів. Ці конуси складаються з порожньої породи або з шлаку і часто зустрічаються навколо шахт, заводів, електростанцій та інших промислових підприємств. Терикони не тільки займають багато місця, але сильно порожать за наявності вітру, багато з них продовжують тліти усередині, виділяючи їдкий дим і сірчистий газ. У териконах вуглезбагачувальних фабрик завжди міститься багато вугільного штибу (пилу), який може самозайматися. Інколи внутрішня пожежа триває роками, а вся поверхня величезного конусу випускає жар і палиться цівками диму, як справжній вулкан. Якщо сильна злива глибоко промочить такий терикон, він може з величезною силою вибухнути, заподіюючи серйозні руйнування. Холодний терикон під впливом тривалих дощів здатний втратити зв'язаність і розпливтися.

Охороняти мінеральні ресурси необхідно, перш за все, від непродуктивної витрати, що відбувається у низці випадків через недбалість або недосконалість самого процесу видобутку. Наприклад, багато кам'яного вугілля втрачається при підземних пожежах, значна кількість горючого газу пропадає при спалюванні у факелах на нафтопромислах та ін.

З метою **раціонального використання мінеральних ресурсів** здійснюються безперервна розвідка, економне і комплексне витрачання їх, заміна дефіцитної мінеральної сировини іншими ресурсами. Для економії

мінеральної сировини велике значення має збір металобрухту і його повторне використання. Крім того, необхідно передбачати заходи щодо запобігання і ліквідації шкідливого впливу гірничодобувної промисловості на природне середовище.

Економне і комплексне витрачання мінеральної сировини забезпечує продовження експлуатації існуючих (вже розвіданих) корисних копалин з тим, щоб їх вистачило на довший термін. У природі майже не зустрічаються «чисті» руди, що містять тільки залізо або тільки мідь, цинк, свинець. Руди величезної більшості родовищ – це складні комплекси, що включають основний елемент і низку додаткових компонентів, які інколи називаються супутниками. Часто трапляється, що гірничопромислові підприємства здобувають тільки основну копалину, притому лише з найбагатших пластів. Бідні пласти, що залягають тут же, не розробляються, а залишаються у землі або вибираються і кидаються у відвали з порожньою породою. Туди ж звальюються копалини-супутники, виділення яких з комплексної руди потребує додаткових технологічних операцій. А потім, коли багаті родовища виснажуються або виникає потреба саме у викинутих раніше супутниках, починається процес **вторинної переробки і збагачення відвалів**, як правило, набагато більш коштовної, ніж організація одночасного видобутку всіх копалин. Щоб запобігти подібним фактам, потрібні не тільки організаційні заходи, але і наукові дослідження, спрямовані на створення досконаліших технологічних процесів видобутку мінеральної сировини.

У багатьох країнах екологічна безпека людини тісно пов'язана з питаннями відновлення родючості ґрунтів і рослинного покриву. Такі способи мають назву рекультивация. **Рекультивация** – штучне відновлення родючості ґрунтів і рослинного покриву.

## 4.2 Сучасні перспективні технології та обладнання в сфері охорони земель

### 4.2.1. Методи та технології захисту земель від промислового забруднення й екзогенних впливів в галузі

Існують наступні способи очищення ґрунтів.

**Низькотемпературна термічна десорбція** – це технологія очищення ґрунтів, що заснована на застосуванні нагрівання для випаровування органічних речовин і видаленні їх таким чином із забрудненої матриці. Гази, що утворюються при випаровуванні органічних речовин, потім обробляються іншими методами, часто спалюванням.

Оброблені ґрунти, зазвичай, можуть бути повторно використані в якості засипного матеріалу. Така технологія, ефективна для легких

речовин у проникних ґрунтах, менш ефективна для слабо проникних ґрунтів.

Перевага способу: очищений ґрунт може використовуватися як заповнювач при будівельних роботах.

Недоліки:

- газ, що відходить, вимагає очищення;
- технологія має високі капітальні витрати.

**Біоремедіація** – ґрунти витягаються й обробляються таким чином, щоб інтенсифікувати ріст мікроорганізмів, зокрема, із застосуванням аерації, підгодівлі й поливу. Ці мікроорганізми, або природні, або культивовані, розкладають забруднювальні речовини. Дана технологія може застосовуватися в низці варіантів.

**Сільськогосподарська обробка землі** – ґрунти забезпечуються живильними речовинами, поливаються водою і переорюються культиваторами з метою інтенсифікації мікробіологічного розкладання забруднювальних речовин. Сільськогосподарська обробка землі має низку переваг, а саме: невисока вартість, ефективність у застосуванні до ідентифікованих забруднювальних речовин, якщо на місцях маються достатні площі для застосування цієї технології. Сільськогосподарська обробка землі найбільш застосовна до ґрунтів, забруднених вивітряними нафтопродуктами при високих концентраціях (3-10%). Ця технологія не повинна застосовуватися до ґрунтів, забруднених леткими органічними речовинами, тому що при цьому може виникнути проблема запахів.

Недоліки технології:

- вона ефективна для не летких органічних сполук;
- менш ефективна для летких органічних сполук;
- має потребу у відповідних ґрунтових і кліматичних умовах;
- необхідно чекати до 3 років для отримання необхідного результату;
- більш підходить для грубозернистих ґрунтів;
- вимагає наявності великих площ землі.

До переваг способу можна віднести низькі капітальні витрати.

**Компостування** – ґрунти, переміщують у відвали, де вони забезпечуються живильними речовинами, щоб інтенсифікувати ріст мікроорганізмів, зокрема, із застосуванням аерації, підгодівлі і поливу. Ці мікроорганізми, або природні, або культивовані, розкладають забруднювальні речовини.

Переваги способу:

- ефективний для не летких органічних сполук;
- менш ефективний для летких органічних сполук;
- технологія вимагає наявності невеликих площ землі і помірних капітальних витрат.

**Очищення ґрунту в суспензійних біореакторах** – технологія,

включає завантаження ґрунту у пристрої, де ґрунти механічно перемішуються з водою. Далі до біореактору додаються мікроорганізми. Активізація мікроорганізмів досягається шляхом постачання повітря і живильних речовин, а також підтримкою температури, що веде до мікробіологічного розкладання забруднювальних речовин.

Недоліки:

- має потребу у відповідних кліматичних умовах;
- необхідно чекати до 3 років необхідного результату;
- використовується примусова аерація;
- вимагає очищення газу, що відходить.

Переваги способу – вимагає наявності невеликих площ землі і помірних капітальних витрат.

**Промивання ґрунту** – технологія, що включає завантаження ґрунту у пристрої, де ґрунти механічно перемішуються з водою та далі потрапляють у систему фільтрів, в яких з водою від ґрунту віддаляються забруднювальні речовини.

Переваги способу – ефективність для більшості типів забруднювальних речовин.

Недоліки – високі капітальні витрати.

**Перетворення ґрунту у будівельні матеріали** – забруднені ґрунти змішуються з вапняком, цементом та деякими іншими в'язучими агентами для стабілізації забруднювачів у виді твердої маси з низькою проникністю. Це охороняє від їх розповсюдження і подальшого переносу. Оброблені ґрунти потім ізолюються в сховищах або можуть залишатися на місці у контрольованому землекористуванні.

Переваги – ефективний для більшості типів забруднювальних речовин, особливо неорганічних сполук.

Недоліки – ґрунт стабілізований, однак забруднювачі не зруйновані, високі капітальні витрати.

**Включення в асфальт** – ця технологія являє собою включення забрудненого ґрунту до складу гарячої композиції асфальту. Леткі вуглеводні випаровуються під час нагрівання і згорають, продукти згорання уловлюються системами фільтрів асфальтового заводу. Більш важкі вуглеводні залишаються у складі композиції асфальту.

Переваги технології – ефективна для усіх вуглеводнів.

Недоліки – ефективна тільки для ґрунтів піщаного й гравійного типів, високі капітальні витрати.

**Хімічна обробка** – забруднювачі трансформуються в безпечні речовини шляхом хімічних реакцій зі специфічними реагентами, що додаються.

Переваги – ефективна для деяких хімічних речовин.

Недоліки – неефективна для вуглеводнів, високі капітальні витрати.

**Ізоляція ґрунтів у сховище** – ґрунт розміщається в спеціально

побудованих сховищах, що ізолюють забруднювальні речовини від навколишнього середовища, із контролем підземних вод. Сховище може бути як тимчасове, так і довгострокове.

**Ізоляція ґрунтів на місці** – забруднені ґрунти залишаються на місці, але ізолюються від навколишнього середовища, із проведенням контролю фільтрату й міграції забруднювальних речовин. Ізоляція досягається шляхом спорудження покритть, чи стінок, що відтинають забруднювачі від довкілля, а також інших інженерних рішень.

Переваги способу – ефективний для більшості типів забруднювальних речовин, включаючи неорганічні сполуки; ефективний для забрудненого устаткування й уламків.

Недоліки – ґрунт стабілізований, однак забруднювачі не зруйновані, високі капітальні витрати, фільтрат може мати потребу в очищенні.

**Спалювання ґрунту (захист від високотоксичних відходів)** – ґрунт пропалюється у спеціальних печах, де при високих температурах розкладаються високотоксичні органічні забруднювачі.

Переваги способу – ефективний для деяких високотоксичних органічних хімічних речовин.

Недоліки – неефективний для деяких неорганічних забруднювачів, високі капітальні витрати.

Проблеми екологічної безпеки людини тісно пов'язані зі станом довкілля. На жаль розглянуті способи очищення ґрунтів не завжди допомагають повернути їх до необхідного стану, та як правило, потребують значних матеріальних затрат.

#### *4.2.2. Протиерозійні методи захисту земель та протиерозійна організація території*

**Ерозія ґрунтів** – це процес руйнування, перенесення і відкладання продуктів руйнування ґрунтів під впливом води, вітру, механічної дії ґрунтообробних знарядь, внаслідок чого катастрофічно знижується частка родючих земель. На сучасному етапі землекористування швидкість руйнування ґрунтового покриву перевищує швидкість ґрунтоутворення.

У нашій державі від ерозії за рік втрачається 344 млн т ґрунту або в середньому 20 т/га. У змитому і дефльованому ґрунті міститься, млн т: гумусу – 10,7, азоту – 0,5, фосфору – 0,4, калію – 7,1. Щоб компенсувати такі витрати, треба внести, млн т: гною – 118, аміачної селітри – 1,5, суперфосфату – 2,1, калійної солі – 17,1.

Для практичних потреб рекомендована шкала оцінки інтенсивності ерозії, складена за втратами ґрунту за рік М.К. Шиколою:

<b>Інтенсивність втрат ґрунту внаслідок ерозії, т/га</b>	<b>Ступінь ерозії</b>
Менша за швидкість ґрунтоутворення, що	Відсутня



дорівнює близько 2-3 т/га	
Більша за швидкість ґрунтоутворення, але менша за б	Слабка
6-12	Середня
12-24	Сильна
24-60	Дуже сильна
> 60	Катастрофічна

Залежно від чинників руйнування ґрунтів розрізняють водну, вітрову, агротехнологічну, антропогенну, пасовищну ерозію та ін.

**Водна ерозія** – це змивання верхнього шару або розмив його в глибину (рис. 4.1). Вона буває: **краплинною** – руйнування ґрунтових агрегатів ударами дощових крапель, внаслідок чого шпарини забиваються дрібними часточками ґрунту, зменшуючи водопроникність і підсилюючи поверхневий стік та змив ґрунту; **площинною** – більш-менш рівномірний змив ґрунту невеликими струменями талих і дощових вод; **лінійною**, що спричиняє розмиви ґрунту, підґрунтя, материнської породи концентрованими токами води; **іригаційною**, яка виникає в умовах неправильного організованого зрошення на схилах.

Крім такої класифікації водна ерозія поділяється на **наводкову**, що виникає навесні під час сніготанення, та **зливову**, яка виникає при випаданні інтенсивних дощів улітку.

Основними факторами розвитку водної ерозії є особливості та інтенсивність випадання опадів, товщина снігового покриву та швидкість його танення, глибина промерзання ґрунту, рельєф місцевості – крутість і довжина схилу, його експозиція. Руйнування ґрунтів водою починається за кута нахилу території 1-2°.

За ступенем еродованості ґрунти поділяють на слабо-, середньо-, сильно- і дуже змиті. У **слабкозмитих ґрунтах** зруйнована не більш як половина гумусового горизонту, трапляється на слабо пологих схилах серед незмитих ґрунтів. У **середньозмитих ґрунтах** гумусовий горизонт зруйнований на 2/3, знаходяться вони на пологих і стрімких схилах. У **сильнозмитих ґрунтах** повністю зруйнований гумусовий горизонт і частково – перехідний, залягають вони на стрімких і опуклих схилах. У дуже змитих ґрунтах повністю зруйновані як гумусовий, так і перехідний горизонти.

Водна ерозія виявляється в усіх зонах країни на схилах понад 0,5°. У середньому з одного гектара схилових земель змивається до 15 т родючого шару ґрунту, а у Вінницькій, Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській, Тернопільській та Харківській областях – 23-27 т. Внаслідок цього втрачається 500 кг/га гумусу, 500-700 кг/га елементів живлення, що в 2-3 рази більше, ніж їх вносять із добривами. На посівах просапних культур, розміщених на схилах понад 3°, змив ґрунту зростає до 30-50 т/га

за допустимого рівня 4-6 т/га.

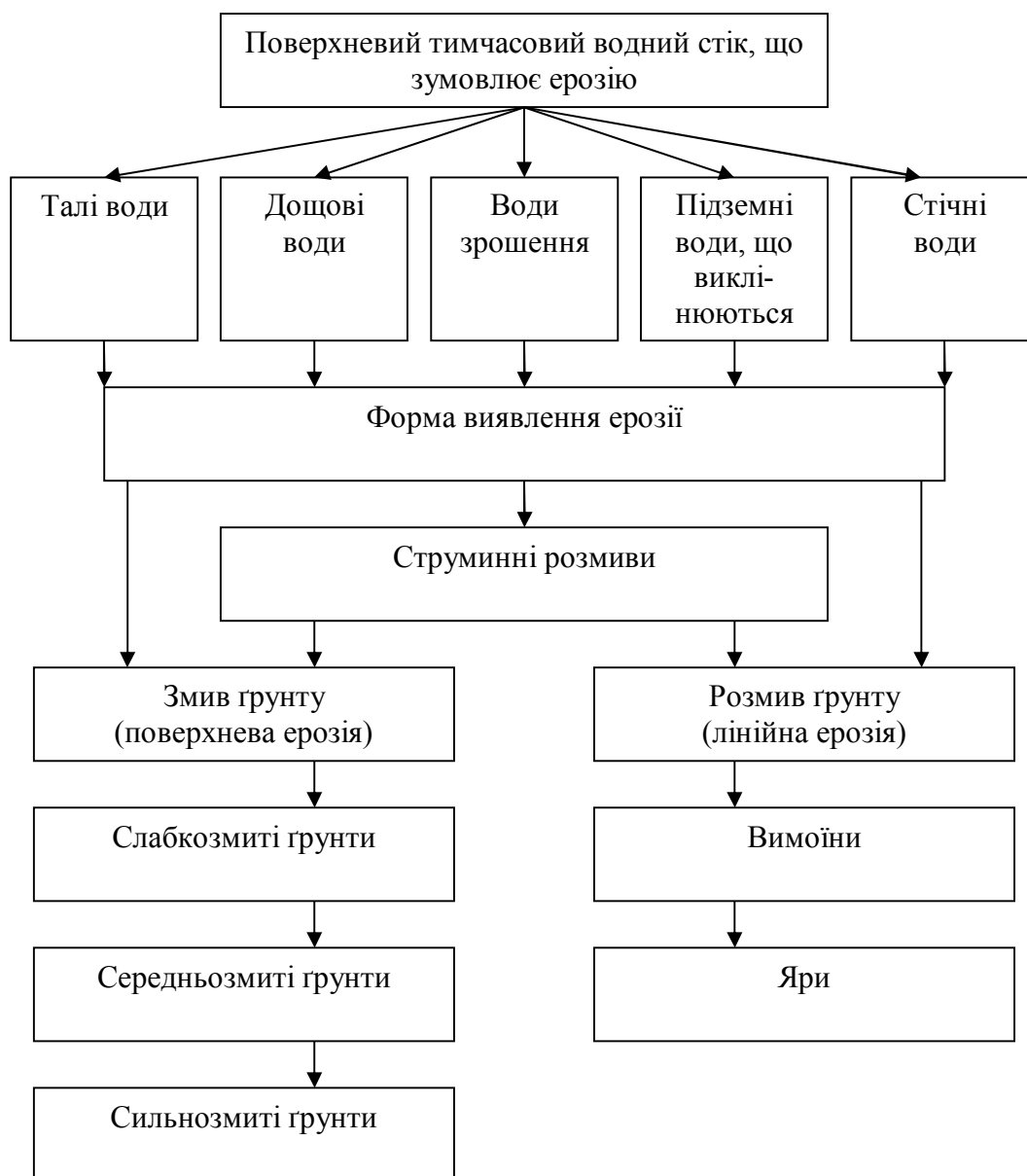


Рис. 4.1 – Класифікація водної ерозії ґрунтів

Руйнування поверхні ґрунту під дією сильних вітрів називають **вітровою ерозією, або дефляцією**. Вона виявляється у вигляді **пилових (чорних) бур** і **місцевої (повсякденної) вітрової ерозії**. Розпочинається за швидкості вітру 3-4 м/с на супіщаних, 4-6 м/с – на легкосуглинкових, 5-7 м/с – на важкосуглинкових і 7-9 м/с – на глинистих ґрунтах. Вітрова ерозія поширена у степових посушливих районах. Вітер зносить з полів верхній шар ґрунту (пилові бурі), видуває рослини або засипає посіви, зрошувальні системи ґрунтом і піском. Пилові бурі охоплюють великі території й повторюються періодично. Дрібні часточки ґрунту (менші за 0,25 мм) можуть переноситись на десятки, сотні, тисячі кілометрів від

місця видування.

За даними М.Й. Долгілевича, у Степовій зоні України в середньому за рік видувається 21,5 млн т дрібнозему, з яким виноситься 39,5 тис. т фосфору.

Великої шкоди завдає місцева вітрова ерозія, яка виявляється у вигляді верхової і поземки: часточки ґрунту переносяться вітром на невеликі відстані або перекочуються по його поверхні, пошкоджуючи сходи сільськогосподарських культур.

Кількісно процеси ерозії оцінюються за інтенсивністю втрат ґрунту, тобто в тонах на гектар за рік або в міліметрах за рік. У цих одиницях вимірюють і швидкість процесів ґрунтоутворення. Порівнявши інтенсивність втрат ґрунту зі швидкістю ґрунтоутворення, можна оцінити ступінь небезпеки ерозії.

Ерозійні процеси за характером поділяють на нормальні і прискорені. **Нормальна (геологічна) ерозія** відбувається під природною рослинністю, не зміненою діями людини (цілинні степи, ліси, луки, пасовища та ін.). За своєю природою вона дуже повільна і, як правило, не призводить до утворення еродованих ґрунтів, тому що втрати ґрунту протягом року повністю компенсуються його утворенням. **Прискорена (антропогенна) ерозія** розвивається там, де внаслідок господарської діяльності людини природну рослинність знищено, а територія використовується без урахування її природних властивостей. У цьому разі втрати ґрунту набагато вищі за його утворення, що призводить до різкого зниження родючості. Такій ерозії легше і дешевше запобігти, ніж боротися з її наслідками.

Площа ерозійно небезпечних ґрунтів в Україні досягла 17,0 млн га, у тім числі 5,0 млн га орних земель зруйновано вітром. Ерозія прогресує зі швидкістю 100-120 тис. га за рік.

За останні десятиліття дефляція ґрунтів охопила й територію Полісся, вона руйнує осушені торфовища і мінералізовані переосушені землі, а також переміщує піски на пасмових формах рельєфу, навіть вкритих лісовою рослинністю. Втрати дрібнозему на Поліссі, за даними М.Й. Долгілевича, становлять 2-5 т/га за рік.

**Антропогенна ерозія** – це руйнування ґрунту у зв'язку з неправильним землекористуванням: велика розораність земель, непродумана конфігурація полів, недотримання сівозмін, екологічно нестабільний обробіток ґрунту, відсутність лісосмуг та ін.

Останнім часом допустиму норму ерозії запропоновано встановлювати за швидкістю гумусоутворення у верхньому шарі ґрунту і за потребою органічного матеріалу для цього. **Норма ерозії** – це та гранична інтенсивність ерозії, яка компенсується ґрунтоутворенням, точніше, за визначенням М.М. Заславського, гумусонакопиченням. Для різних типів ґрунтів встановлено такі норми ерозії (за М.К. Шикуюлою та

ін.), т/га: дерново-підзолисті – 1; ясно-сірі та сірі ґрунти – 2; темно-сірі – 3; чорноземи вилужені – 5; чорноземи глибокі – 6; чорноземи звичайні – 4; чорноземи південні та каштанові ґрунти – 3.

Допустимі втрати ґрунту не повинні перевищувати 0,2-0,5 т/га за рік. Річні втрати ґрунту класифікують за такою шкалою, т/га: незначні – до 0,5; слабкі – 0,5-1,0; середні – 1,0-1,5; сильні – 5-10; дуже сильні – > 10.

Захист ґрунтів від ерозії передбачає здійснення профілактичних заходів для запобігання її розвитку та вжиття конкретних заходів щодо ліквідації ерозії там, де вона вже розвинулась. **Комплекс заходів щодо захисту ґрунтів від водної ерозії** охоплює агротехнічні, лукомеліоративні, лісомеліоративні, гідротехнічні та організаційно-господарські.

Для запобігання процесам ерозії велике значення мають такі основні **агротехнічні заходи**:

- різноглибинний безполицевий обробіток ґрунту упоперек схилів з мульчуванням його стернею;
- безполицеве лушення та культивація із залишанням стерні на поверхні поля;
- щільювання ґрунтів на глибину 50-60 см упоперек схилів через кожні 5-7 м;
- терасування стрімких схилів, нарізування валів упоперек схилів, борознування та ямкування зябу;
- впровадження ґрунтозахисних сівозмін;
- внесення органічних і мінеральних добрив, у тім числі нетоварної частини врожаю – стебел кукурудзи, соняшнику, гички, сидератів, соломи;
- снігозатримання та регулювання сніготанення;
- залуження ерозійно небезпечних ділянок багаторічними травами;
- зміна структури посівних площ.

**До лукомеліоративних протиерозійних заходів** належить:

- докорінне поліпшення пасовищ знищенням природних малопродуктивних трав, посівом і вирощуванням культурних трав;
- докорінна меліорація пасовищ, у тім числі із засоленими та солонцюватими ґрунтами;
- поверхневе поліпшення пасовищ;
- щільювання пасовищ і висівання трав;
- догляд за пасовищами;
- періодичне відновлення травостою пасовищ;
- загальне планування (вирівнювання) поверхні пасовищ і засипання вимоїн;
- виположування ярів у разі розчленування пасовищ ярами завглибшки до 10 м.

**З лісомеліоративних протиерозійних заходів** найважливішими є:

- поlezахисні лісосмуги упоперек схилів для затримання поверхневого стоку, а також вітрозахисні лісосмуги, які влаштовують на межах полів сівозміни;

- насадження навколо ставів і водойм;

- суцільне або плямисте залісення еродованих чи ерозійно небезпечних земель (пісків, виходів гірських порід на поверхню та інші ділянки землі, які непридатні для сільськогосподарського використання).

**Гідротехнічні протиерозійні заходи** доцільно застосовувати тільки тоді, коли інші неспроможні запобігти ерозії. До них належать спеціальні споруди для регулювання стоку:

- водозатримні вали – влаштовують на відстані, не ближче від трьох глибин яру від його вершини;

- вали-тераси – споруджують на ріллі для повного затримання стоку;

- вали-лимани та вали-шляхи – водозатримні гідротехнічні споруди на межі полів сівозміни;

- донні та вершинні водоскидні споруди (загати, лотки-швидкотоки, східчасті перепади, консолі та ін.).

Від **протиерозійної організації території** залежить ефективність усіх інших заходів захисту ґрунтів від ерозії. Головне її завдання – раціональне розміщення агропромислового виробництва на земельному масиві господарства з органічним ув'язанням з природними умовами і характером використання кожної земельної ділянки.

Тому при складанні проектів внутрішньогосподарського землевпорядкування необхідно враховувати:

1. Спеціалізацію господарства та перспективну структуру посівних площ.

2. Розміщення лінійних рубежів. Межі господарств, полів, робочих ділянок, лісосмуги слід розміщувати переважно по вододільних лініях або впоперек схилу за напрямком основних горизонталей, що дозволить уникнути концентрації поверхневого стоку води й створити умови для обробітку ґрунту й сівби культур впоперек схилу. В районах із сильно вираженою вітровою ерозією на рівнинних ділянках і схилах крутістю до 1° лінійні рубежі слід розміщувати переважно впоперек панівних ерозійно небезпечних вітрів.

3. Раціональний склад і розподіл земельних угідь, їх використання, типи, кількість, розмір сівозмін, створення організаційно-територіальних умов для проведення ґрунтоохоронних заходів на всіх землях, що належать землевласнику або землекористувачу.

4. Раціональне проектування полів сівозмін з їх внутрішньопольвою організацією.

5. Органічне ув'язування всіх ґрунтоохоронних елементів на основі гідрологічних розрахунків.

Для найбільш правильної протиерозійної організації території усі землі господарства за інтенсивністю прояву ерозійних процесів поділяються на 3 еколого-технологічні групи (ЕТГ).

**Еколого-технологічна група орних земель** – це землі, виділені й об'єднані в окремі групи з урахуванням стрімкості схилу, еродованості, інтенсивності використання при контурно-меліоративній організації території. З метою формування в господарствах ерозійно стійких агроландшафтів орні землі за стрімкістю схилів поділяють на три еколого-технологічні групи.

**Перша ЕТГ.** До неї входять не еродовані (повнопрофільні) ґрунти, розташовані на рівнинах і схилах крутістю до 3°, характер рельєфу і якісний стан ґрунтового покриву яких дає змогу вирощувати всі види культур, включаючи і просапні.

У межах першої ТГ виділяють дві технологічні підгрупи: а) рівнинні землі, на яких немає обмежень у виборі напрямку обробітку ґрунту та сівби; б) землі на схилах (крутість 1-3°) і ділянки з нахилами до 1° в середній і нижній частинах водозбору в Степовій і Лісостеповій зонах з великими водозбірними площами, на яких обробіток ґрунту і сівба сільськогосподарських культур проводиться лише упоперек схилів або контурно з допустимим нахилом до горизонталей місцевості. На таких землях поля сівозмін поздовжніми сторонами і лісосмугами на них розміщуються упоперек схилу або контурно.

У Степовій і Лісостеповій зонах, де є прояви водної і вітрової ерозії ґрунтів, на землях першої ЕТГ перевага надається захисту земель від водної ерозії. Тому поздовжні сторони полів і лісосмуги на них розміщуються впоперек схилів. Заходи проти вітрової ерозії підсилюються ґрунтозахисним обробітком, посівом куліс упоперек основного напрямку панівних вітрів.

З метою забезпечення захисту ґрунтів від водної ерозії впоперек схилів на парах проектується буферні смуги, а впоперек основного напрямку панівних вітрів, які збігаються з напрямком схилу, висіваються куліси, захисна дія яких виявляється переважно в осінньо-зимовий та ранньовесняний періоди, тобто в період наймовірнішого прояву пилових бур.

На контурних полях цієї групи застосовується ґрунтозахисна агротехніка – плоскорізний, чизельний та інший обробіток ґрунту за напрямком горизонталей. Для відтворення родючості ґрунту збільшують норми внесення органічних і мінеральних добрив.

**Друга ЕТГ** включає землі, які розташовані на схилах від 3 до 5° зі слабо- і середньо змитими ґрунтами.

На землях другої ЕТГ розміщуються ґрунтозахисні сівозміни з використанням культур, що мають високу ґрунтозахисну здатність (озимі та ярі зернові, однорічні трави). Тут застосовують інтенсивні зернотравні

сівозміни. Розміщувати пари і просапні культури на землях другої ЕТГ недоцільно. На землях цієї групи застосовують ґрунтозахисний обробіток у поєднанні з мульчуванням ґрунту соломкою та іншими післяжнивними рештками.

Для диференціації протиерозійних заходів, включаючи й агротехнічні, коригування ґрунтозахисних сівозмін (за ступенем насиченості багаторічними травами) землі другої ЕТГ поділяються на дві підгрупи: а) землі з крутістю схилів 3-5° без чітко сформованих улоговин; б) землі з крутістю схилів 3-5°, що пересічені улоговинами.

**Третя ЕТГ.** До неї належать землі на схилах крутістю понад 5°, а також землі з малорозвиненими ґрунтами на елювії твердих порід, піску, з малоеродованими, але низькопродуктивними ґрунтами, які повністю виводяться з обробітку з подальшим залуженням або залісенням. Їх засівають багаторічними травами і вилучають із ріллі. Такі землі перетворюються на штучні сіножаті з сіяних багаторічних трав.

При визначенні меж технологічних груп земель враховується, що лінію переходу однієї групи в іншу, суворо по горизонталях проводити не завжди доцільно через складну їх конфігурацію.

Тому слід дотримуватись основного напрямку горизонталей з випрямленням лінії переходу по улоговинах. При цьому ділянки, що складаються з більш як 30% площ гіршої групи, виділяють у групу земель менш інтенсивного використання.

На лініях переходу однієї технологічної групи земель в іншу необхідно проектувати водорегулюючі, переважно дворядні лісові смуги, посилені найпростішими гідротехнічними спорудами (канава в нижньому міжрядді, вал-дорога по нижньому узліссі).

Системи обробітку ґрунту, удобрення та захисту рослин у комплексі забезпечують ґрунтозахисні технології вирощування культур, які розробляються для кожної зони чи регіону. Всі ґрунтозахисні технології разом з протиерозійною організацією території, гідро-, лісо- та лукомеліоративними заходами формують **загальну або регіональну ґрунтозахисну систему землеробства. Основними її ланками є:** контурно-меліоративна організація території з напрямними лініями обробітку ґрунту та системи сівозмін, ґрунтозахисного обробітку ґрунту, удобрення культур, захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників, машин і знарядь, насінництва.

#### 4.2.3. Польова гідрографічна мережа

За сучасних умов господарювання умов на землі надзвичайно важливим є раціональна організація території, яка задовольняла б 2 основні вимоги:

- отримання максимальної кількості продукції;

- збереження родючості ґрунту й екологічної стабільності ландшафтів у цілому.

Світовий, а також вітчизняний досвід свідчать, що найкращим чином ці питання вирішуються при контурно-меліоративній організації території. Основою для при контурно-меліоративній організації території, як вже зазначалось вище, є поділ земельних угідь господарства на окремі технологічні групи у відповідності до якості ґрунтів та крутості схилу.

Організація території при цьому засновується на контурних межах між технологічними групами земель, по яких проектуються водорегулюючі лісосмуги, посилені при потребі найпростішими гідротехнічними спорудами (канава, вал, вал-канава, вал-дорога тощо).

Найважливішою складовою частиною контурно-меліоративної організації території є створення нового елемента – *польової гідрографічної мережі*, яку розміщують по межах технологічних груп земель. Цим самим створюють контурну організацію території, яку на місцевості фіксують так званими заходами постійної дії: водорегулюючими оброблюваними валами, валами-дорогами, лісосмугами. При потребі їх суміщують і доповнюють залуженими водотоками.

При цьому передбачено загортання й виположування ярів, що вклинюються в орні землі, будівництво протиерозійних ставків, поновлення природних і створення штучних водотоків.

Зв'язок у системі еколого-технологічних груп земель здійснюється на основі добре зафіксованих контурних рубежів між групами земель, найчастіше за допомогою водорегулюючих валів і лісосмуг. Виконуючи свою основну функцію безпечного відведення незатриманої в межах поля агротехнічними заходами частини стікаючої води в залужені водостоки, вони є спрямовуючими лініями для контурного виконання окремих технологічних операцій і насамперед основного обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур.

На межах між першою та другою, а в окремих випадках між другою та третьою технологічними групами земель встановлюють лінійні рубежі у вигляді вала-дороги, водорегулюючого вала, вала-тераси, лісосмуги, вала-канави в поєднанні з лісосмугою.

Лінійні рубежі розміщують з максимальним наближенням до напрямку горизонталей. На багатоскатних і дуже хвилястих схилах, а також при пересіченні улоговин і мікро-понижень лінійні рубежі доцільно розміщувати так, щоб радіуси повороту на землях першої технологічної групи не перевищували 60, другої 30 та третьої 15м.

Протяжність ліній рубежів уздовж схилу залежить від його крутості, типу ґрунту й господарського використання ділянки (табл. 4.2).

У зв'язку з тим, що при чергуванні культур у сівозміні в полях періодично розміщують культури з різною ґрунтозахисною здатністю,



допустиму довжину ліній току визначають по найбільш небезпечній в ерозійному відношенні культурі: в польових сівозмінах це чистий пар, просапні; в зернотрав'яних – зернові.

Таблиця 4.2 – Допустима довжина лінії току по робочому напрямку

Агрофон	Ухил, градус	Довжина лінії току, м		
		грунти		
		дерново- підзолисті та сірі лісові	чорноземи звичайні, південні, вилугувані, опідзолені	чорноземи, типові потужні
Пар чистий	0,5	101	204	263
Цукрові буряки	1	63	125	175
Кукурудза	2	43	83	120
	3	36	74	102
Озимі та ярі зернові, пар зайнятий	0,5	207	416	577
	1	127	256	355
	2	83	176	244
	3	75	150	208
	5	64	129	178

Лінійні рубежі першого порядку доповнюють рубежами другого й третього порядків, які створюють при організації сівозмін і природних кормових угідь по межах полів і робочих ділянок, сіножатей, пасовищ і в середині них. Види, розміри і кількість лінійних рубежів, їх розміщення по території встановлюють під час землепорядних робіт на основі гідрологічних розрахунків поверхневого стоку води й змиву ґрунту.

Для ефективного використання сучасної та перспективної широкозахватної техніки і знарядь найраціональніше нарізати прямокутні поля та робочі ділянки.

Тому на рівних ділянках і схилах крутістю до 1° нарізають прямокутні поля, розміщені довгими сторонами впоперек переважаючих дефляційно небезпечних вітрів. По їх межах проектують 2-3 рядні полежахисні лісосмуги продувної або ажурної конструкції.

На ділянках з пересіченим рельєфом і схилами крутістю понад 1° поля нарізають довгими сторонами впоперек схилу по лініях, наближених до горизонталей. Допускається відхилення від горизонталей тільки на коротких відрізках (50-100 м) з ухилом не більше 1,5-2° по лінії межі поля. У цьому випадку по межах полів проектують дворядні водорегулюючі лісові смуги, посилені в міжрядді валом-канавою із земляними перемичками (рубежі другого порядку).

Внутрішньо польова організація включає виділення робочих ділянок, які по можливості мають бути однорідними, компактними, зручними для роботи техніки. Найдоцільніше паралельно-контурне розміщення елементів, які проектуються так, щоб довгі сторони полів і робочих ділянок наближались до горизонталей, випрямляючись в улоговинах. Ширина робочих ділянок по всій довжині повинна бути кратною ширині захвату ґрунтообробних і посівних машин.

Якщо вздовж схилу в межах першої та другої технологічних груп земель швидкість стікання води на полях сівозмін перевищує допустимі межі, проектують рубезі третього порядку. При цьому перевагу надають наорюваним валам з широкою основою, які обробляються. На землях другої технологічної групи в разі потреби проектують більш складні земляні споруди.

Таким чином, протиерозійну організацію території здійснюють в такій послідовності: виділення технологічних груп земель за інтенсивністю використання, розміщення водорегулюючих смуг, посилених канавою і валом-дорогою по межах переходу однієї технологічної групи в іншу; розміщення сівозмін на виділених групах, полів сівозмін, лісосмуг з валом-канавою між полями (рубезі другого порядку) і всередині їх, робочі ділянки всередині полів з рубезями наступних порядків, мережі польових доріг і польових станів.

Польові дороги розміщують по лінії вододілів, по нижніх узліссях лісосмуг. По коротких сторонах полів дороги, як і лісосмути, нарізають суворо перпендикулярно до горизонталей з влаштуванням розпилювачів стоку.

Розміщення лінійних рубезів оцінюють по відхиленню їх від ліній току або горизонталей. *Горизонтальними* вважаються рубезі, в яких відхилення від ліній току не менше  $80^\circ$  або від горизонталей не  $>10^\circ$ . Найбільш небажане відхилення лінії току і горизонталей на  $45^\circ$ , оскільки в цьому випадку той чи інший рубіж концентрує найбільшу кількість води.

Яри, які вклинюються в поля й ускладнюють контурну організацію території, виположують, а промоїни засипають.

Це роблять після спорудження водозатримуючих або водовідвідних валів у вершини яру або промоїн, що запобігає надходженню потоків води з водозбору на виположенні ділянки. Невеликі промоїни глибиною до 30 см зарівнюють під час основного обробітку ґрунту. Великі промоїни та яри виположують бульдозерами, знявши перед цим гумусовий шар ґрунту вздовж них. Після виположування знятий гумусовий шар ґрунту розподіляють по поверхні виположеного яру. Там, де товщина гумусового шару менша 15 см, проводять землювання привезеним ґрунтом.

В ярах, які не можна виположити, насаджують ліс. Контурно-меліоративну організацію території в Україні почали впроваджувати з середини 80-х років минулого століття. Але згодом ця робота була

припинена через відсутність коштів.

#### *4.2.4. Меліоративні технології, системи гідромеліорації земель*

В Законі України «Про меліорацію землі» (січень 2000 р.) **меліорація земель** визначається як комплекс гідротехнічних, культуртехнічних, хімічних, агротехнічних, агролісотехнічних, інших меліоративних заходів, що здійснюються з метою регулювання водного, теплового, повітряного і поживного режиму ґрунтів, збереження і підвищення їх родючості та формування екологічно збалансованої раціональної структури угідь.

Розрізняються такі основні види меліорації земель: гідротехнічна, культуртехнічна, хімічна, агротехнічна і агролісотехнічна.

**Гідротехнічна меліорація** здійснюється з метою поліпшення водного і повітряного режимів ґрунтів та захисту їх від шкідливої дії води (затоплення, підтоплення, ерозії тощо). Основними меліоративними заходами, що здійснюються при гідротехнічній меліорації, є зрошувальні, осушувальні, осушувально-зволожувальні, протиповеневі, протипаводкові, протисельові та протиерозійні. Цей вид меліорації капіталомісткий і передбачає створення спеціальних гідротехнічних споруд.

Меліоративний фонд перезволожених земель України становить 5,4 млн га, втім числі понад 3,9 млн га боліт і заболочених земель. За ступенем заболоченості мінеральних земель, типом ґрунтів і підстильних порід, іншими чинниками, що впливають на вибір методу і способів осушення, всю територію поширення заболочених земель України можна поділити на чотири провінції.

**Перша провінція** займає майже всю площу Поліської низовини в межах України (басейн р. Прип'ять). Південну її межу можна умовно провести по лінії Луцьк – Рівне – Житомир – Київ, північну – по державному кордону. Тут переважають дерново-підзолисті, піщані, супіщані і глинисто-піщані ґрунти з фільтрівним ілювіальним прошарком. Посіви на цих ґрунтах не вимокають, але в окремі роки спостерігається підтоплення понизь підґрунтовими водами у зв'язку з високим загальним рівнем їх стояння.

Дуже підзолисті супіщані і глинисто-піщані ґрунти з водонепроникним шаром ілювію, що затримує воду на поверхні, трапляються тільки у мікрорельєфних пониззях, які поширені територією нерівномірно; їх називають вимочками (блюдцями). В окремих районах вони становлять 5% усієї площі. Крім вимочок, тут часто надмірно зволожуються дерново-підзолисті глейові і дерново-підзолисті суглинкові ґрунти, які залягають також на пісках, але мають водонепроникний ілювіальний прошарок на глибині 0,3-0,6 м.

**Друга провінція** займає вододільне Волино-Подільське плато, верхні частини басейнів Прип'яті і Західного Бугу, а також лівобережну частину

басейну Дністра. Вона характеризується найбільшою різноманітністю ґрунтово-геологічних умов, проте тут переважають ясно-сірі, сірі опідзолені ґрунти та опідзолені чорноземи, що сформувалися в основному на лесових породах, які підстелені мергелями, глинами, щільними вапняками і в окремих випадках – пісками. У Львівській обл. ці ґрунти часто карбонатні і залягають безпосередньо на мергелях. Їх гумусово-ілювіальний і ілювіальний горизонти, що мають товщину 30-60 см, водонепроникні. Нижче залягає ілювіальний, дуже ущільнений, важкого гранулометричного складу горизонт, практично водонепроникний. Підстильні породи малопроникні для води або зовсім водонепроникні.

Ясно-сірі і сірі опідзолені ґрунти майже завжди на поверхні оглеєні внаслідок застоювання води атмосферних опадів над ілювіальним горизонтом.

**Третя провінція** знаходиться на території північно-східного Прикарпаття, тобто на правобережній частині басейну Дністра і правобережній частині басейну Пруту в межах Львівської, Івано-Франківської та Чернівецької областей.

Основними ґрунтовими відмінами тут є дерново-середньопідзолисті поверхнево оглеєні і дерново-глейові ґрунти, що залягають на глинах. Товщина ґрунтових горизонтів змінюється в межах 0,3-1,0 м.

Як і в перших двох, у третій провінції ілювіальні горизонти, що залягають на глибині 0,3-0,6 м, водонепроникні. Вимокання посівів сільськогосподарських культур тут трапляються частіше і на більших площах, ніж в інших провінціях.

**Четверта провінція** займає передгірну і рівнинну частини Закарпатської обл. Тут переважають дерново-глеєві ґрунти у комплексі з підзолисто-глеєвими і болотними, дерново-середньопідзолисті і дуже підзолисті оглеєні важкосуглинкового і середньо суглинкового гранулометричного складу. Підстильними породами цього комплексу ґрунтів є важкі суглинки, глини і мергелі.

Отже, якщо в поліських районах з рівнинним рельєфом і піщаними, піщано-суглинковими і супіщаними ґрунтами, які залягають на пісках, надмірне зволоження орних земель спричинюють мікропониззя з оглеєними, сильно опідзоленими ґрунтами, а в окремих випадках – близьке до поверхні залягання підґрунтових вод, то в Прикарпатті і Закарпатті надмірне зволоження орного шару трапляється внаслідок великої кількості опадів, близького залягання непроникного для води горизонту і слабкої водонепроникності підорного шару, особливо ілювіального горизонту.

Поряд з надмірною зволоженістю орних земель і вимоканням посів у весняний період та під час тривалих дощів досить частими є періоди, коли кількість атмосферних опадів не перевищує 20 мм на місяць, у зв'язку з чим врожай сільськогосподарських культур різко знижується через нестачу вологи у ґрунті.

Швидко пересихання орного шару ґрунтів, що поширені в західних областях і на Поліссі України, пояснюють тим, що ці ґрунти неспроможні утримувати великі запаси вологи, потрібної для рослин на період короткочасних посух.

Піщані ґрунти Полісся внаслідок переважання в них некапілярних пор над капілярними мають велику фільтрівну здатність: вода швидко проходить крізь кореневмісний шар у глибші горизонти, водоутримувальна здатність таких ґрунтів мала. У важких підзолистих ґрунтах внаслідок їх безструктурності і близького залягання водопідпору проникнення води у ґрунт утруднене, а випаровування полегшене через густу мережу тонких капілярів, що пронизують верхній ґрунтовий шар.

Отже, нерівномірний розподіл опадів по місяцях і несприятливі водно-фізичні властивості ґрунтів західних областей і Полісся України змушують передбачати в проектах щодо осушення земель не лише відведення надлишкових вод з поверхні поля та з орного шару, а й створення умов для накопичення якомога більшої кількості вологи в глибших, доступних для рослин горизонтах, щоб забезпечити регулювання водно-повітряного режиму ґрунту протягом усього вегетаційного періоду рослин.

В Україні застосовують такі **методи осушення заболочених земель**: прискорення поверхневого стоку, прискорення стоку орним шаром (відведення води крізь орний шар поверхнею водонепроникного, підорного шару), захист осушуваної території від дії підґрунтових і поверхневих вод.

Як і утворення боліт, заболочення мінеральних земель нерідко відбувається за одночасної дії кількох чинників, тому виникає потреба в застосуванні кількох **способів осушення**. Найчастіше застосовують такі: закритий (переважно гончарний) дренаж, розріджений закритий гончарний дренаж у поєднанні з кротуванням і агроеліоративними заходами, вибіркового закритий дренаж з рідкою мережею відкритих каналів, захисну систему напірних каналів та вловлювальних дрен, обвалування території для запобігання затопленню її високими повеневими водами, агроеліоративні заходи без будівництва стаціонарної осушувальної мережі.

Часто вдаються відразу до кількох способів осушення одного й того самого об'єкта. Наприклад, **розріджений дренаж з рідкою мережею каналів у поєднанні з кротовим дренажем та агроеліоративними заходами** застосовується на ґрунтах важкого гранулометричного складу, якщо на глибині не більш як 0,4 м залягають практично водонепроникні глини або важкі суглинки.

**Вибірковий закритий дренаж з рідкою мережею відкритих каналів** будується у тих випадках, коли надмірне зволоження спостерігається не на всій території, а тільки на окремих знижених ділянках, у місцях малоінтенсивного витікання підґрунтових вод (перша

провінція).

**Агромеліоративні заходи без спорудження стаціонарної осушувальної мережі** можна застосовувати тільки тоді, коли ступінь надмірного зволоження невеликий і воно короткочасне, трапляється на досить розчленованому рельєфі (середній схил поверхні більший за 0,01). Агромеліоративні заходи, незважаючи на їх доступність і простоту, ще не набули поширення через відсутність знарядь для їх здійснення.

**Осушувальної системою** називається комплекс інженерних гідротехнічних споруд, що забезпечують створення оптимального водного режиму на перезволожених землях. Осушувальна система складається з регулюючих, провідних і огорожувальних каналів, водоприймачів, гідротехнічних споруд, протипожежних водойм і дорожньої мережі.

Основним елементом осушувальної системи є **регулююча мережа**. Вона призначена для пониження рівнів ґрунтових вод до необхідної глибини, що забезпечує норму осушення. До каналів регулюючої мережі належать: осушувачі, нагірні, ловчі і тальвегові канали, а також борозни, створювані при підготовці ґрунту під лісові культури на перезволожених землях за умови виведення їх в канали для відведення води.

**Провідна мережа** слугує для збору води з регулюючої мережі і відводу (транспортування) її в водоприймачі. До провідної мережі належать транспортуючі (збирачі) і магістральні канали.

**Водоприймачі** необхідні для прийому води з осушувальної мережі. Водоприймачами можуть слугувати струмки, річки (включаючи і малі), озера, водосховища, карстові воронки, балки та ін. Розташування осушувальної мережі на місцевості залежить від багатьох причин. Осушувачі розташовуються під гострим кутом до горизонталей, не перетинаючи одну і ту ж горизонталь двічі. Бажано осушувачі розташовувати паралельно кварталній мережі і без поворотів. Утворені при такому розміщенні ділянки між каналами зручні для проведення лісогосподарських робіт. Осушувачі не повинні, по можливості, перетинати кварталні просіки і дороги, тому що в місцях перетину необхідно влаштовувати мости або укладати труби для переїзду через канали. З метою зменшення надходження талої та дощової води на кварталних просіках або дорогах осушувальні канали необхідно проводити з верхового (по ухилу) боку просік або доріг. Як встановлено дослідженнями Х.А. Писарькова, при систематичному осушенні всередині кварталної осушувачі можна, не знижуючи норми осушення, не доводити до просік, якщо по них прокладені канали. Канал, що проходить по просіці, забезпечує осушення прилеглих територій по обидва боки від нього. Для кращого транспортного освоєння території осушувачі, розташовувані вздовж просік, бажано влаштовувати на всю довжину останніх (рис. 4.2).

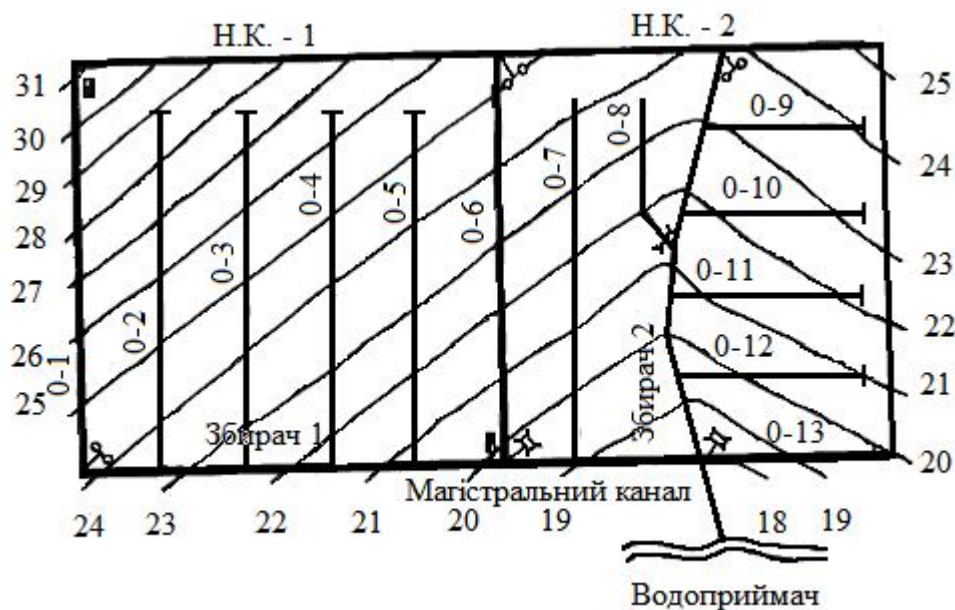


Рис. 4.2 – Схема розміщення осушувальних каналів при систематичному осушенні ділянки

Залежно від рельєфу місцевості осушувачі можна підводити до транспортуючих збирачів під різним кутом, але в збирачі бажано вводити їх під кутом 60-90°.

Для зменшення надходження в річки продуктів твердого стоку і зниження замулення річок регулюючі канали доцільно вводити в річки під гострим кутом, зводячи в спеціальні збирачі, що влаштовуються в напрямку течії річки. Такі збирачі виконують функції мулоуловлювачів для збору твердого стоку.

**Нагірні канали** слугують для перехоплення поверхневих вод, переважно при заболочуванні делювіальними водами. Вони розташовуються по межах осушуваних ділянок з верхової сторони в напрямку, паралельному осушувачам. Глибина нагірних каналів приймається близькою до глибини осушувачів.

**Ловчі канали** застосовуються для перехоплення ґрунтових вод. В умовах ґрунтово-напірного типу водного живлення вони розташовуються так само, як і нагірні канали. Глибина каналів повинна бути в 1,5-2 рази більше глибини осушувачів і може досягати 2,5-3,0 м.

**Тальвегові канали** слугують для осушення витягнутих знижень рельєфу (тальвегом). Вони розміщуються у вигляді одиночних або декількох каналів по тальвегах і застосовуються при вибіркового (на відміну від систематичного) осушенні або для поліпшення дії систематичної осушувальної мережі. Глибина каналів береться рівною глибині осушувачів для даних умов.

**Збирачі** необхідно розташовувати по найбільш низьким місцям

рельєфу, а в умовах рівного схилу – вздовж кварталних просік з верхнього боку.

**Магістральні канали** влаштовуються для збору води зі збирачів та транспортування (пропуску) її в водоприймачі. Магістральні канали розташовуються за найбільш низькими місцями рельєфу. При осушенні боліт, враховуючи осадку торфу, транспортуючі збирачі і магістральні канали слід розташовувати в місцях з найбільшою глибиною торфу. Магістральні канали можуть проходити за межами території держлісфонду, тому проектування їх місцезонашування необхідно узгоджувати з організаціями, яким належать території. Осушувальну мережу на плані починають розміщувати з визначення місця розташування підводячих, а потім регулюючих каналів.

**Огороджувальні (захисні) канали** рекомендується влаштовувати для обмеження зростання боліт в боки з метою запобігання заболочування навколишніх земель.

Площа зрошуваних земель в Україні становить 2,45 млн га. В основному вони зосереджені в Степу – 2,1 млн га або 80 % загальної площі; у Лісостепу зрошується 356 тис. га, на Поліссі – 11 тис. га.

Частка площі зрошуваних земель відносно сільськогосподарських угідь становить 8,4, орних земель – 12,8%. В Автономній Республіці Крим зрошувані площі відносно площі ріллі становлять 29,2%, в Херсонській обл. – 25,6%, Запорізькій – 13,4%, Дніпропетровській – 11,4%, Одеській – 11,2%, Миколаївській – 11,1%, Донецькій – 9,4%.

На зрошуваних землях АР Крим та Херсонської обл. отримують близько 46% усієї валової продукції рослинництва.

У Степовій і Лісостеповій зонах України зі щорічною сумою опадів 350-500 мм зрошення – найефективніший захід підвищення урожайності сільськогосподарських культур.

За високої культури зрошеного землеробства не тільки отримують стабільні високі врожаї сільськогосподарських культур, а й забезпечують також розширене відтворення родючості ґрунтів. При цьому збільшується вміст рухомих форм калію і фосфору, стабілізується гумусовий баланс. Внаслідок створення оптимального для рослин водного режиму ґрунту істотно збільшується чисельність та активність мікроорганізмів, що забезпечує прискорене розкладання органічної речовини, в тім числі гумусу. Водночас ці ж умови сприяють і прискоренню процесу утворення гумусу, який є продуктом життєдіяльності мікроорганізмів в умовах достатніх кількостей органічних речовин і мінерального живлення.

Отже, за умов зрошення в ґрунті одночасно відбуваються два протилежно спрямовані процеси – прискорене розкладання та активне новоутворення гумусу й інших органічних речовин. Який із них стане домінуючим – залежить від меліоративних і агротехнічних умов.

Процес зрошення не тільки змінює агрохімічні властивості ґрунту, а



й впливає на його фізичний стан. Проте гранулометричний склад його істотно не змінюється. У процесі зрошення ґрунт дещо збагачується мулом, який приносить зрошувальна вода, відбувається часткове вимивання його з орного шару в глибші.

Застосування сучасних методів досліджень зрошуваних земель, проведення багатofакторних стаціонарних польових дослідів, які забезпечують комплексний підхід до вивчення змін, що відбуваються в процесі зрошення і є їх наслідком, дає змогу встановити закономірності, характерні для різних умов зрошення.

Результати досліджень засвідчують, що в зрошувальному землеробстві у зв'язку з інтенсивним застосуванням поливів, удобрення і засобів захисту рослин проступають нові закономірності взаємодії екологічних чинників.

Одним із найнебезпечніших наслідків зрошення є засолення земель. Засолення, як відомо, - це підвищення вмісту в ґрунтах легкорозчинних солей (карбонату натрію, хлоридів, сульфатів). Якщо воно спричинене засоленістю ґрунтоутворної породи, принесенням солей ґрунтовими і поверхневими водами, то таке засолення називається *первинним, або залишковим*.

Часто засолення відбувається через нераціональне зрошення. Цей процес називається *вторинним засоленням*. Ґрунти вважають засоленими, якщо вони містять понад 0,1% за масою токсичних для рослин солей або понад 0,25% солей у щільному залишку (для безгіпсових ґрунтів). Вторинного засолення можуть зазнавати природно засолені, залишково засолені, первинно незасолені чи глибоко розсолені ґрунти. Основний механізм цього процесу – внесення солей з поливними водами в розчиненому або завислому стані і випадання солей у ґрунтовій товщі з мінералізованих ґрунтових вод, рівень яких при зрошенні часто підіймається. За недостатнього дренажу вторинне засолення може призвести до катастрофічних наслідків. Через накопичення великої кількості солей у ґрунтах великі масиви зрошуваних земель стають непридатними для землеробства і їх доводиться виводити із сільськогосподарського використання. За вторинного засолення істотно змінюється багато хімічних властивостей ґрунтів: одночасно з накопиченням легкорозчинних солей акумулюються гіпс і карбонати, що позитивно впливає на фізичні властивості ґрунтів; негативно змінюється склад ґрунтового вбирного комплексу, в якому іони  $\text{Ca}^{2+}$  заміщуються на іони  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , зростає рухливість сполук калію, силіцію, заліза.

Важливою причиною засолення ґрунтів є підймання рівня мінералізованих ґрунтових вод вище від певного критичного. Ґрунтова вода досягає його з наближенням капілярної зони до кореневмісного шару. Тривале утримання мінералізованих ґрунтових вод у кореневмісному шарі часто є причиною захворювань підземної частини рослин, що призводить

до зниження врожаїв сільськогосподарських культур. Водночас значне зниження рівня ґрунтових вод, зумовлене дренажем, також може призвести до зниження врожаю вирощуваних культур. Тому треба підтримувати оптимальний рівень ґрунтових вод, який істотно змінюється залежно від типу ґрунтів, ступеня мінералізації ґрунтових вод, характеру їх засоленості, виду вирощуваних культур. Таку залежність встановлюють експериментально в конкретних природних умовах.

Для оцінки потенційної небезпеки вторинного засолення введено поняття – критичний рівень ґрунтових вод, за якого починається засолення кореневмісного шару ґрунту, що призводить до пригнічення і загибелі сільськогосподарських культур. Критичну глибину залягання ґрунтових вод  $h_{кр}$  визначають за формулою

$$h_{кр} = h_{max} + a, \quad (4.1)$$

де  $h_{max}$  – найбільша висота капілярного підймання води в досліджуваному ґрунті;

$a$  – глибина поширення основної маси коренів сільськогосподарських культур.

Досвід підтверджує, що чим вищий ступінь мінералізації ґрунтових вод, тим з більшої глибини відбувається засолення ґрунтів. У середньому за мінералізації ґрунтових вод 10-15 г/л критична глибина їх засолення становить 2,0-2,5 м. У разі застосування зрошення рівень ґрунтових вод слід підтримувати не вище від цієї позначки. Для запобігання вторинному засоленню потрібно обладнувати дренаж, проводити полив у суворій відповідності зі зрошувальними нормами, відводити мінералізовані ґрунтові води в дренажну мережу, застосовувати полив дощуванням, влаштовувати лісові насадження вздовж каналів.

Перевагу віддають каналному внутрішньоґрунтовому зрошенню. Для видалення солей із ґрунту вдаються до багаторазового промивання прісною водою. На солонцях і солонцюватих ґрунтах (із вмістом понад 5-10 % обмінного натрію) рекомендується застосовувати гіпсування або вносити відходи виробництва фосфорних добрив (фосфогіпс), проводити триярусну оранку для перемішування солонцевого горизонту з карбонатним. Значний ефект щодо зниження засоленості ґрунтів і продуктивного їх використання забезпечує вирощування солевбирних рослин, до яких належать буркун, лядвенець, пирій видовжений та ін.

Найбільшого підвищення продуктивності засоленних ґрунтів досягають використанням комплексного методу меліорації, що включає застосування фосфогіпсу (15 т/га) у поєднанні з органічними добривами (60 т/га) на фоні глибокого розпушення.

У зрошуваному землеробстві застосовують різні види поливів, які

мають неоднакове агроекологічне призначення.

**Вологопозарядний полив** здійснюють на полях із глибоким заляганням підґрунтових вод. Його завданням є створення в кореневмісному шарі ґрунту ще до сівби або до початку вегетації культури надійного запасу води, який використовуватиметься в процесі вегетації рослин. Норму поливу розраховують на зволоження шару ґрунту завтовшки 1,5-2 м з обов'язковим урахуванням при цьому кількості опадів, які можуть випасти за час від поливу до початку вегетації, та витрати води на випаровування і стікання за той самий час.

Вологопозарядні поливи проводять здебільшого восени. Такий полив сприяє поліпшенню температурного режиму ґрунту взимку, а це створює умови для доброї перезимівлі озимини, багаторічних трав, садів, виноградників.

**Вегетаційні поливи** є основним видом поливів, за допомогою яких підтримують сприятливий водний режим ґрунту у посівах сільськогосподарських культур, садах, виноградниках протягом вегетаційного періоду. Застосовують їх у міру потреби відповідно до біологічних вимог культур і з урахуванням метеорологічних умов, що складаються на час вегетації.

**Передпосівний полив** має завданням створення оптимальної вологості верхніх шарів ґрунту для отримання своєчасних і дружніх сходів. Найчастіше його застосовують під озиму пшеницю на полях, де підґрунтові води залягають поблизу поверхні, а також навесні під кукурудзу, картоплю, деякі овочеві культури за дуже посушливої погоди. Поливна норма – 400-600 м<sup>3</sup>/га.

**Посадковий полив** забезпечує приживання розсади овочевих культур. Проводять його під час висаджування й підсаджування розсади. Норма поливу дощуванням – 250-300 м<sup>3</sup>/га, по борознах – 400 м<sup>3</sup>/га.

**Передоранковий полив** застосовують здебільшого під післяжнивні культури, коли верхній шар ґрунту дуже пересушений, що перешкоджає проведенню доброякісної оранки. Іноді до такого поливу вдаються також восени, перед оранкою на зяб. Норма поливу – 400-600 м<sup>3</sup>/га.

**Удобрювальний полив** проводять під час дощування як самостійний нормою до 100 м<sup>3</sup>/га для підживлення рослин розчиненими у воді добривами або поєднують його з черговим вегетаційним поливом. Удобрювальний полив можна здійснювати і більшими ніж 100 м<sup>3</sup>/га нормами, наприклад у разі зрошення стічними водами, які містять значну кількість поживних речовин.

**Освіжні поливи** призначені для боротьби з повітряною посухою. Їх проводять нормою 50-100 м<sup>3</sup>/га в літні місяці в найспекотніші години дня, щоб підтримати рослинний тургор. Застосовують для цукрових буряків, овочевих та інших культур у найвідповідальніші фази росту рослин.

**Промивні поливи** мають за мету вимивання із засоленого ґрунту

водорозчинних солей. Залежно від типу й ступеня засолення ґрунту мінімальні промивні норми води в умовах півдня України становлять 3500-4500 м<sup>3</sup>/га. Здійснюють їх в осінній період.

#### 4.2.5. Зрошувальні системи

**Зрошувальній системі** називається мережу каналів і споруд на них, призначених для забору води з джерела і подачі її на зрошувану площу. Зрошувальна система складається з наступних елементів: джерела води, водозабірної (головної) споруди, зрошувальної мережі, водоскидних і дренажних пристроїв, споруд на каналах, дорожньої мережі та деревних насаджень на каналах.

**Водозабірні споруди.** Для забору води з джерел і подавання її в зрошувальні канали влаштовують водозабірні споруди, що дозволяють подавати воду в канали самопливом або за допомогою насосних станцій.

**Безгребельний водозабір** влаштовується на річках з стійким рівнем води. Частина русла річки відокремлюють шпорою (рис. 4.3), що споруджується шляхом накидання каменів або будь-якої кладки. Ширина водовідвідної частини русла  $b_1$  береться рівною полуторній ширині магістрального каналу  $b$ . Довжина шпори дорівнює полуторній-потрійній ширині каналу. Між шпорою і дамбою залишають зачинений отвір для промивання вхідної частини, що відкривається в міру необхідності.

**Гребельний водозабір** складається з греблі і шлюзу, що встановлюється в голові магістрального каналу (рис. 4.4). Гребельний водозабір, забезпечуючи підйом води і підтримку її на необхідному рівні, створює надійний «горизонт командування» в голові магістрального каналу.

Водозабори за допомогою насосних станцій застосовуються при розташуванні зрошуваної ділянки вище джерела, коли виникає необхідність в механічному підйомі води.

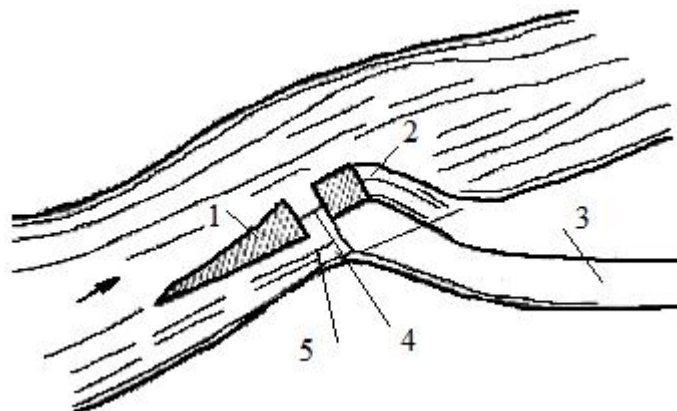


Рис. 4.3 – Схема безгребельного водозабору на річці:

1 – шпора; 2 – дамба; 3 – магістральний канал; 4 – головне спорудження;  
5 – шлюз для промивання головної споруди

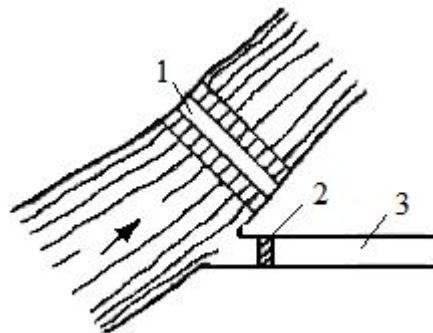


Рис. 4.4 – Схема греблевого водозабору:

1 – гребля; 2 – шлюз; 3 – магістральний канал

Можна застосовувати стаціонарні, плаваючі або пересувні насосні станції. При коливаннях рівнів води в межах 5 м використовуються стаціонарні насосні станції, а при великих коливаннях – пересувні. Стаціонарні станції при зрошенні в лісовому господарстві найбільш поширені.

Для подавання (виводу) води з гребельних ставків в магістральні канали як водозабірної споруди використовуються водовипуски у вигляді труб із засувками, укладені в греблю на рівні горизонту мертвого об'єму.

**Зрошувальна мережа.** Зрошувальна мережа може бути відкритою і закритою. Відкрита зрошувальна мережа включає: магістральні, розподільні і зрошувальні канали.

**Магістральні канали** розташовуються по вищих позначках рельєфу з ухилом 0,0002-0,0008. Ділянка каналу, споруджена до зрошуваного ділянки, слугує для транспортування води і носить назву холостої частини. Решта ділянки каналу, з якого вода подається в розподільні і зрошувальні канали, називається робочою частиною каналу.

**Зрошувальні канали** відносно поверхні землі можна влаштовувати у виїмці, напіввиїмці або в насипу. Магістральний канал в холостій частині бажано споруджувати у виїмці для зниження втрати води на фільтрацію. У робочій частині залежно від способу зрошення канал влаштовується у виїмці, напіввиїмці або насипу. Бажано проектувати канали з найбільш короткою холостою частиною.

**Зрошувачі** залежно від ухилів поверхні розташовують уздовж або впоперек схилів. При ухилах поверхні менше 0,002 застосовується поздовжнє розташування, на ділянках з ухилом 0,004-0,006 – впоперек схилу (поперечне). Довжина зрошувачів береться від 400 до 600 м. Відстань між зрошувачами в залежності від обраного способу зрошення

може змінюватися від 70 до 200 м. Зрошувачі можуть бути постійними або тимчасовими. Вода для зрошення може подаватися і закритими трубопроводами, особливо при зрошенні дощуванням.

**Споруди на зрошувальній мережі.** При зрошенні в лісовому і садово-парковому господарстві застосовуються водопровідні споруди: акведуки та дюкери.

**Акведук** (рис. 4.5) призначений для перекидання води через яри, лощини, водні потоки. Він має вигляд лотка, перекинутого через пониження, і складається з вхідної частини, лотка і вихідної частини. Інколи замість лотків використовуються труби. Пролітна споруда акведуків може бути арочної, рамної або балочної конструкції. Вхід в акведук має планове обрис у вигляді розтруба або косих площин. Швидкість течії в акведуці становить від 1,0 до 2,5 м/с.

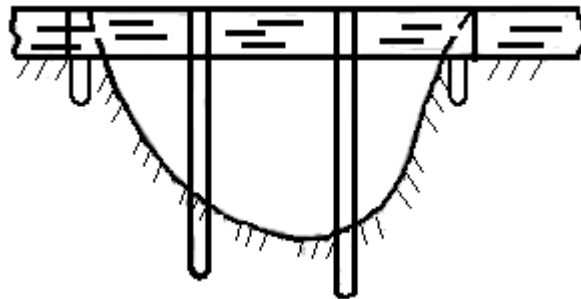


Рис. 4.5 – Акведук

**Дюкер** призначений для транспортування води під дорогами, каналами, балками, річками. Він являє собою трубу, що укладається на поверхню ґрунту на схилах балок, дні річки або в ґрунті на деякій глибині.

**Перепади і швидкотоки** належать до групи сполучальних споруд і призначаються для зниження швидкостей руху води на ділянках зрошувальних каналів з великими ухілами. Вони влаштовуються як на каналах при осушенні земель, так і на водоскидних спорудах при греблях. Їх пропускна здатність і розміри розраховується на необхідні витрати води.

Для підтримки в каналах необхідних рівнів води створюються **водопідірні споруди**. До них належать шлюзи-регулятори, водовипуски, перемички. Шлюзи-регулятори є постійними спорудами.

**Водовипуски** часто влаштовуються у вигляді труб, що укладаються в головній частині зрошувальних каналів в місцях виходу їх з магістральних або розподільних каналів. В якості водовипуску можна використовувати щити, що перегороджують канали, з отворами необхідного розміру. Перемички у вигляді металевих або дерев'яних щитів, а також виготовлені з брезенту або пластмасових матеріалів встановлюються у місцях, де необхідно підвищити рівень води (наприклад, в місцях її забору для зрошення дощувальними машинами).

**Водомірні споруди** призначені для виміру води, що подається на зрошувану площу. При витраті води не більше 100-150 л/с в якості водомірних споруджень використовуються водозливи з тонкою стінкою.

**Водоскидна і дренажна мережа.** Водоскидна мережа призначена для відводу надлишкової води. Водоскидні канали споруджуються в прикінцевій частині розподільних і зрошувальних каналів, розташовуючи їх по можливості в природничих зниженнях місцевості вздовж доріг і меж зрошуваних ділянок. Глибина водоскидних каналів повинна бути такою, щоб при пропуску розрахункових витрат рівень води в каналах був на 15-20 см нижче поверхні землі, ширина каналів по дну визначається розрахунком, але повинна бути не менше 0,3 м.

При неможливості своєчасного відводу надлишкової води за межі зрошуваних ділянок і нестачі води її доцільно збирати у ставки для використання на зрошення повторно.

Щоб уникнути перезволоження зрошуваних земель вдаються до влаштування дренажу, вибирається вид дренажу і складається проект на його будівництво.

Для зниження втрат води зі зрошувальної мережі на фізичне випаровування вздовж основних зрошувальних каналів створюють смуги з деревних рослин, що зменшують рух повітряних потоків. Існують різні способи зрошення: дощування, поверхнєве самопливне, дрібнодисперсне, синхронно-імпульсне, крапельне, підґрунтове. Під способом зрошення розуміється комплекс заходів, що забезпечує подавання води до зрошуваних культур і розподіл її на зрошуваній ділянці з метою зволоження ґрунту. При виборі способу зрошення слід враховувати можливості механізації робіт та автоматизації поливу, агротехніку вирощування посадкового матеріалу, призначення угідь (розплідники по вирощуванню посадкового матеріалу, сади, садово-паркові об'єкти, лісові насадження), рельєф місцевості, особливості водопостачання (цілорічне, сезонне).

#### *4.2.6. Лісомеліоративні заходи*

**Агролісомеліорація** – це система лісонасаджень, яка забезпечує поліпшення ґрунтових і кліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур.

Ліс, як і трави, є одним із найпотужніших механізмів природи для запобігання водній та вітровій ерозіям ґрунтів.

Всередині лісонасаджень формується лісова підстилка, ґрунт стає менш щільним, значно зростає його водопроникність.

У поліпшенні природних умов для сільськогосподарського виробництва та запобігання негативним наслідкам його інтенсифікації (ерозія ґрунтів, забруднення та замулення водних об'єктів тощо)

важливого значення набувають ефективного використання і відтворення лісових насаджень – захисне лісорозведення. Сучасне сільськогосподарське виробництво зобов'язане передбачати не тільки використання природних умов і ресурсів, а й їх охорону, відновлення й перетворення.

На основі глибокого вивчення змін природних умов степів В.В. Докучаєв розробив систему заходів проти посухи, суховіїв та ерозії ґрунту, в якій провідне місце відведено лісорозведенню. Ця система передбачає: регулювання річок і закріплення ярів; будівництво протиерозійних ставів; зрошення; встановлення певного співвідношення площ ріллі, луків і лісу залежно від місцевих умов; використання більш пристосованих до степових умов сортів сільськогосподарських культур; застосування найдосконаліших прийомів обробітку ґрунту.

Агролісомеліоративні насадження й природні ліси в комплексі із сільськогосподарськими угіддями утворюють лісоаграрні ландшафти, в яких створюються сприятливі умови для підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь та охорони навколишнього середовища.

Лісові насадження як один із важливих компонентів природних комплексів сприяють інтенсифікації процесу ґрунтоутворення, підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, впливають на формування мікроклімату, баланс тепла і вологи, ослаблюють водну й вітрову ерозію, запобігають обмілінню, забрудненню та замуленню річок і водойм.

В зв'язку з тим що лісові насадження виконують різноманітні меліоративні функції протягом тривалого часу, вони є основною постійно діючою складовою частиною захисних інженерно-біологічних комплексів, що є системою запроваджуваних у межах водозбору організаційно-господарських, технологічних, агротехнічних, луколісомеліоративних, гідротехнічних та інших заходів, спрямованих на формування сприятливого мікроклімату, зменшення інтенсивності ерозійних процесів, підвищення родючості ґрунтів, запобігання негативним наслідкам сільськогосподарського виробництва.

Агролісомеліоративні насадження на місцевості мають бути єдиною біологічною меліоративною системою і займати територію окремих водозборів.

Полезахисне лісорозведення є найважливішою складовою частиною агролісомеліорації, яка передбачає поліпшення ґрунтово-кліматичних умов для вирощування сільськогосподарських культур і захист ґрунтів від ерозії за допомогою створення полезахисних лісових смуг.

Лісові насадження зменшують швидкість вітру, затримують на полях сніг, сприяють підвищенню вологості ґрунту і повітря, поліпшують гідрологічний режим місцевості, знижують випаровування вологи з ґрунту, захищають його та сходи сільськогосподарських культур від видування. Ці насадження належать до протиерозійних заходів постійної дії з тривалими



строками окупності. Їх диференціюють за меліоративними функціями та за місцем розташування.

Лісові насадження мають бути багатофункціональними. У районах зі значним поверхневим стоком талих вод та інтенсивним снігоперенесенням основним їх завданням є ефективна дія на процеси формування поверхневого стоку за рахунок впливу на напрямок і швидкість вітру, температури повітря і ґрунту, динаміку снігового покриву, інтенсивність танення снігу та врожайність сільськогосподарських культур.

Функціональна ефективність лісових насаджень забезпечується відповідним добором дерев і чагарників, застосуванням найдоцільніших схем розміщення в посадках і спеціального догляду, а також збереженням захисної дії для своєчасного відтворення посадок у певних місцях.

До захисних насаджень належать полезахисні та водорегулювальні лісосмуги, насадження навколо ставів та водойм, прибалкові та на незручних землях.

**Полезахисні лісосмуги** – це група захисних лісових насаджень, призначених для запобігання вітровій ерозії, поліпшення водного режиму ґрунту, захисту культурних рослин від посухи та шкідливого впливу суховіїв, збереження агроценозів тощо. Їх насаджують по межах полів та сівозмін і орієнтують уперек напрямку вітрів, які спричинюють пилові бурі чи повітряну посуху. Вони поліпшують мікроклімат поля, сприяють затриманню снігу й підвищенню врожайів сільськогосподарських культур. Досвід застосування полезахисних смуг засвідчує найвищу їх ефективність щодо запобігання чи ослаблення вітрової ерозії, снігозатримання, поліпшення мікроклімату в міжсмуговому просторі в тому разі, коли їх конструкція ажурна або продувна і якщо вони поєднуються з ґрунтозахисним безполицевим обробітком ґрунту.

**Водорегулювальні лісосмуги** висаджують на межі полів сівозмін і орієнтують довгим боком точно уперек схилу. Вони перехоплюють поверхневий стік і переводять його у внутрішньогрунтовий, а також поліпшують мікроклімат міжсмугового простору. Водорегулювальні лісосмуги застосовують на водозбірних схилах як основні, додаткові і допоміжні насадження. Основні лісосмуги завширшки 9-12 м розміщують по горизонталях і дещо спрямляють їх у місця пересікання з улоговинами. Додаткові водорегулювальні лісосмуги завширшки 7-9 м на схилі застосовують тоді, коли основна смуга такого самого призначення не забезпечує повного регулювання поверхневого стоку із водозбору, внаслідок чого ґрунт у нижній частині схилу та на берегах гідрографічної мережі розмивається. Розміщують їх як безпосередньо вздовж бровки гідрографічної мережі (прибалкові), так і на деякій відстані від неї, а в разі сильного розмивання берегів мережі – безпосередньо вздовж її кромки.

**Насадження навколо ставів та водойм** належать до рекреаційних, тобто тут влаштовують зони відпочинку. Ґрунтозахисна роль таких

насаджень полягає в запобіганні абразії берегів, захисті земляних гребель від руйнування хвилеприбоєм та у разі переливання води через греблі. У верхів'ях ставів із чагарникових порід влаштовують мулофільтри, які осаджують дрібнозем, що надходить зі стоком і може замулювати стави.

**Прибалкові насадження** поглинають стік, що надходить з полів, поліпшують мікроклімат місцевості, відгороджують ріллю від природних кормових угідь. Для запобігання спасуванню худобою польових культур їх відгороджують колючими чагарниками і деревами (шипшиною, глодом, лохом).

Насадження на незручних землях влаштовують на ділянках, непридатних для сільськогосподарського використання. Вони мають бути залісеними, оскільки ліс – це легені планети. Чим більше лісів, тим здоровіше, чистіше і більш насичене киснем повітря.

У лісомеліоративні насадження доцільно включати їстівні та лікарські породи дерев і чагарників – грецький горіх, ліщину, фундук, глід, обліпиху, шипшину, грушу, яблуню, чорну смородину тощо.

За однакових географічних, метеорологічних та інших умов ефективність впливу лісових насаджень залежить від їхньої конституції під якою розуміють їх будову в поздовжньому профілі.

Полезахисні смуги характеризуються ажурністю, або відношенням площі просвітів у поздовжньому профілі лісових смуг до загальної площі цього профілю. Ажурність визначають, коли дерева повністю вкриті листям. За ступенем ажурності та характером розміщення просвітів розрізняють такі основні види конструкцій:

- **щільну** – лісосмуги у поздовжньому профілі не мають наскрізних просвітів або їх кількість за рівномірного розміщення не перевищує 10 % загальної площі профілю; як правило, це багаторядні лісові смуги складної будови з густокронних деревних порід і густого високорослого підліску, які мають суцільні чагарникові або порістеві узлісся, що змикаються з нижньою частиною крон дерев; крізь такі смуги вітер майже не проникає, а на завітрянних узліссях зберігається повний затишок;

- **ажурну** – лісові смуги, в яких у поздовжньому профілі рівномірно розміщені наскрізні просвіти загальною площею 15-45 % усієї його площі. Це порівняно вузькі (не більш як 7 рядів) лісосмуги, що складаються з рідкокронних або рідко розміщених дерев з негустим підліском чи без нього, але з низько опущеними до землі кронами у дерев крайніх рядів; вони рівномірно продуваються вітром, основна частина повітряного потоку проходить крізь них без зміни напрямку, але швидкість його зменшується, на завітрянному узліссі швидкість вітру зменшується різко;

- **продувну** – лісосмуги, в яких у середній та верхній частинах поздовжнього профілю немає наскрізних просвітів або їх кількість не

перевищує 10 % усієї площі цієї частини профілю, а в нижній приземній – просвіт суцільний, що створює ажурність понад 60 %; в основному це вузькі смуги (до 7 рядів) з густокронних порід без чагарників або з низьким чагарниковим підліском, який не досягає нижньої частини крон дерев; повітряний потік, що підходить до смуги, розділяється на дві частини: верхня проходить крізь насадження, а нижня з підвищеною швидкістю проникає крізь просвіт під кронами дерев, при цьому в лісосмузі та на її узліссі, в тім числі й на завітрянному, швидкість вітру буває навіть більшою, ніж у відкритому полі.

В агрономічному та меліоративному плані найефективнішими є лісосмуги продувної конструкції, найменш ефективними – лісосмуги щільної конструкції, ажурні – займають проміжне місце.

Ефективна дія полезахисних лісосмуг спостерігається на відстані до 30 висот деревних насаджень.

Лісові смуги, розміщені вздовж довгих боків полів, називають основними, або поздовжніми, вздовж коротких – допоміжними, або поперечними. Полезахисні лісосмуги розміщують, як правило, у двох взаємно перпендикулярних напрямках: поздовжні – впоперек напрямку панівних у даному районі шкідливих вітрів, поперечні – впоперек поздовжніх смуг, які захищають поля від вітрів інших напрямків.

В умовах хвилястого рельєфу з поширеними процесами водної ерозії поздовжні смуги з метою водорегулювання розміщують уперек схилів  $2^\circ$  і більше на суглинкових та  $3-4^\circ$  і більше – на супіщаних ґрунтах. Поздовжні смуги висаджують на межах полів сівозміни, в середині їх з урахуванням рельєфу місцевості та загальної організації території господарства. Допускається відхилення цих смуг до  $30-45^\circ$  від перпендикулярного напрямку до найбільш шкідливих вітрів. Рекомендовані відстані між полезахисними лісосмугами для різних ґрунтово-кліматичних зон наведено в табл. 4.3.

За рекомендованих відстаней між лісосмугами площа полів становитиме 70-120 га. На піщаних і супіщаних ґрунтах і схилах понад  $3^\circ$  площа полів менша (мінімальна – 12,5-15 га).

За складом деревних порід лісові смуги бувають простими, якщо складаються з однієї породи, і змішаними, якщо до їх складу входять декілька деревних або деревні і чагарникові породи.

Прості за складом лісосмуги більш придатні для створення вузьких вітроламних ліній зі швидкорослих порід із густою кроною (тополі) або насаджень у специфічних лісорослинних умовах (бідні піщані, заболочені ґрунти тощо), асортимент дерев для яких обмежений.

Полезахисні лісові смуги здебільшого змішані, вони характеризуються кращим ростом, вищою біологічною стійкістю порівняно з простими насадженнями.

Таблиця 4.3 – Рекомендовані відстані між полезахисними лісосмугами

Зона	Рівні місця та схили до 2-3°		Схили крутістю від 3 до 8°	
	Відстані між смугами			
	поздовжніми	поперечними	поздовжніми	поперечними
	<i>Суглинкові ґрунти</i>			
Лісостеп	550-650	1500-2000	450	1500-2000
	<i>Чорноземи звичайні та південні</i>			
Степ	450-500	1500-2000	350-400	1500-2000
	<i>Супіщані ґрунти</i>			
Лісостеп	350-400	1000	-	-
Степ	250-300	600-700	-	-
	<i>Піщані ґрунти</i>			
Лісостеп	300	500	-	-
Степ	200	400	-	-
	<i>Піщані та супіщані ґрунти</i>			
Полісся	400	700-900	300	700-900

При складанні схем лісових смуг слід пам'ятати, що основна порода у змішаних насадженнях має займати не менш як 50-60% посадкових місць. Основні й допоміжні породи висаджують, як правило, рядами, а чагарники чергують через одне посадкове місце з допоміжною або ажурнокронною породою. В разі створення лісових смуг за участю однієї з ажурнокронних основних порід (береза, горіх, модрина, біла акація) до них треба додавати певні густокронні допоміжні породи.

При влаштуванні полезахисних лісових смуг на суглинкових і глинистих схилах понад 2° і на супіщаних схилах 3-4° у складі насаджень слід передбачати чагарникові породи.

Загальна ширина лісових смуг визначається за формулою

$$Ш = Mn ; \quad (4.2)$$

де Ш – ширина смуги, м;

М – ширина міжрядь, м;

n – число рядів.

Відстані між рядами та рослинами в рядах визначаються ґрунтово-кліматичними умовами. У Лісостеповій зоні відстань між рядами коливається від 2,5 до 3, у Степовій – від 4 до 5 м. Відстань між рослинами в рядах залежить від швидкості їх росту і коливається від 1 до 3 м.

З метою підвищення ефективності безпосереднього впливу лісових насаджень на поверхневий стік їх доцільно поєднувати з простими

протиерозійними гідротехнічними спорудами.

Прості гідротехнічні споруди застосовують для: ліквідації кінетичної енергії зосереджених потоків та їх розпилення; затримання в лісосмузі вод місцевого стоку, що надходять з ділянок, розміщених на схилі вище; збільшення водопоглинальної здатності ґрунтів під лісосмугами; відведення надлишку поверхневого стоку з-під полого лісосмуг.

Конструкція простих гідротехнічних споруд залежить від формування та походження місцевого стоку, розмірів водозбору, стрімкості схилу, ґрунтово-геологічних і гідротехнічних умов, допустимих (нерозмивних) швидкостей водних потоків.

У зонах недостатнього і нестійкого та надмірного зволоження на схилах від 1 до 6° лісосмуги поєднують з водоспрямувальними земляними валами та валами-канавами.

На захищених лісовими насадженнями полях зменшується швидкість вітру, що запобігає видуванню ґрунту, затримуються сніг і поверхневий стік води, захищається ґрунт від змиву й розмиву, змінюється мікроклімат, поліпшуються водний, повітряний і поживний режими ґрунту та умови розвитку сільськогосподарських культур.

Здатність посіву певного виду рослин захищати ґрунт від ерозії характеризують показником середньовиваженого значення проектного покриття ґрунту рослинами в ерозійно небезпечний період. У сівозміні цей показник визначають у відсотках.

Залежно від покриву поверхні поля сільськогосподарські культури виявляють різну ґрунтозахисну здатність. Надійний захист ґрунтів забезпечують багаторічні та однорічні трави, добре розвинені озимі, ранні ярі зернові й зернобобові культури. Після культур суцільної сіви протиерозійний фон зберігається в разі плоско різного обробітку ґрунту та поліпшується фітомеліоративна дія рослин.

Просапні культури до змикання міжрядь мало захищають ґрунт від ерозії, їх ґрунтозахисний вплив посилюється в другій половині літа, коли в рослин добре розвивається листкова поверхня.

Ґрунтозахисна здатність рослин зменшується зі збільшенням стрімкості схилу. Захищають ґрунт від ерозії не лише живі, а й відмерлі рослини. На цьому ґрунтується захист ґрунтів від ерозії мульчуванням соломною та післяжнивними рештками. Мульча поглинає енергетичну силу дощових крапель, зменшує швидкість стоку і силу вітру, запобігає інтенсивному випаровуванню.

Крім того, мульча є енергетичним матеріалом процесу ґрунтоутворення, забезпечує відтворення гумусу, сприяє поліпшенню агрофізичних властивостей ґрунту.

Чим густіші посіви та більша біомаса врожаю, тим вища ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур. Важливу ґрунтозахисну роль відіграють кореневі системи рослин. Проникаючи в

глибокі горизонти і залишаючись у них після відмирання, корені рослин збільшують пористість, структурність та водопроникність ґрунту, що підвищує його родючість та протиерозійну стійкість.

Протиерозійну роль рослин широко використовують у ґрунтозахисному землеробстві – ґрунтозахисні сівозміни, смугове розміщення культур, вирощування культур суцільної сівби, застосування буферних смуг, залуження схилів ділянок багаторічними травами.

Для боротьби з ерозією ґрунтів на схилах влаштовують полезахисні та водорегулювальні лісосмуги, засаджують яри, піски і землі, непридатні для сільськогосподарського використання. Густа трав'яниста рослинність оберігає ґрунт від водної та вітрової ерозій, але найнадійніше його захищають дерева і чагарники, особливо в посушливих районах країни.

#### 4.2.7. Залуження та заліснення земель

Дуже важливим напрямом зменшення інтенсивності ерозійних процесів, деградації сільськогосподарських агроландшафтів і ґрунтового покриву є вилучення з обробітку та зі складу ріллі земельних ділянок із сильно- й середньородованими ґрунтами під постійне їх **залуження або заліснення**.

Під залуження багаторічними травами рекомендується відводи-ти землі схилів понад 5°. Залуження ерозійно небезпечних ділянок багаторічними травами застосовують, як правило, у місцях проходження великих мас води під час злив і сніготанення: залужені водотоки, водопідвідні улоговини, найстрімкіші ділянки довгих схилів із середньо- та сильнозмитими ґрунтами, кювети вздовж доріг, сильно еродовані ділянки схилів.

Ґрунтозахисна здатність багаторічних трав першого року використання становить 92%, другого – 97%, третього – 99%, тоді як однорічні суміші (горох, вика, овес або кукурудза з горохом і викою) – тільки 65%.

При освоєнні схилів під кормові угіддя основною вимогою є запобігання виникненню або зведення до мінімуму ерозії під час залуження. Тому всі види обробітку ґрунту та підготовки його до посіву трав проводять лише упоперек схилів.

Найефективнішим ґрунтозахисним заходом є **смугове залуження схилів**. У перший рік залуження оброблювані смуги завширшки 25-30 м чергують з необроблюваними завширшки 10-20 м залежно від стрімкості схилів, зайнятих природним травостоєм, що на початку освоєння схилів слугує захисним буфером від змивання і розмивання ґрунту. Після утворення міцної дернини під посіяними багаторічними травами (через 1-2 роки) готують під залуження смуги з природним травостоєм. Для залуження добирають найбільш урожайні та стійкі багаторічні трави з

урахуванням екологічних умов їх вирощування (еродованість, реакція ґрунтового розчину, умови вологозабезпечення) та призначення травостою.

Для створення сіяних травостоїв перевагу віддають бобово-злаковим травосумішам, які продуктивніші за чисті посіви, оскільки більше сприяють підвищенню родючості ґрунту, стійкіші проти витоптування тваринами, довговічніші, краще збалансовані за поживними речовинами.

Для залуження схилів угідь Полісся та Лісостепу із бобових використовують конюшину, синьогібридну люцерну, зі злакових – безостий стоколос, лучну вівсяницю, лучну тимофіївку, збірну грястицю, багатоукісний та пасовищний райграс.

У південно-східних районах Лісостепу та Степу в травосуміші включають безостий стоколос, лучну кострицю, високий райграс, безкореневищний пирій та посухостійкіші рослини – прямий стоколос, сизий пирій, вузьколистий житняк та ін. Із бобових компонентів для залуження схилів використовують еспарцет і синьогібридну люцерну, а в південних районах – жовту та жовто гібридну люцерну, на засолених ґрунтах – білий та жовтий буркун.

У Степовій зоні найоптимальнішими травосумішами є: на північних схилах – люцерна із сизим або повзучим пирієм; на південних, менш родючих, – піщаний еспарцет зі стоколосом, житняком, райграсом.

Залуження схилів проводять напровесні або влітку, коли в ґрунті є достатня кількість продуктивної вологи. Весняні посіви трав добре розвиваються в роки з достатнім зволоженням, особливо в разі створення значних запасів вологи з осені. У посушливі роки вищі врожаї дають трави, висіяні влітку на добре обробленому ґрунті. Кращий час для сіви – липень – перша половина серпня (не пізніше). Для формування кореневої системи та врожаю надземної маси багаторічні трави потребують фосфорних і калійних добрив, які підвищують зимостійкість рослин, урожайність та якість продукції на всіх ґрунтах.

#### *4.2.8. Консервація деградованих, малопродуктивних і техногенно забруднених земель*

Важливим напрямом охорони земель сільськогосподарського призначення України є консервація деградованих, малопродуктивних і техногенно забруднених угідь. Відповідно до ст. 171 ЗК України до деградованих земель належать:

а) земельні ділянки, поверхня яких порушена внаслідок землетрусу, зсувів, карстоутворення, повеней, добування корисних копалин тощо;

б) земельні ділянки з еродованими, перезволоженими ґрунтами, ґрунтами з підвищеною кислотністю або засоленістю, забрудненими

хімічними речовинами ґрунтами та ін. Малопродуктивними землями вважаються сільськогосподарські угіддя, ґрунти яких характеризуються негативними природними властивостями, низькою родючістю, а їх господарське використання за призначенням є економічно неефективним.

**Техногенно-забрудненими** є землі, забруднені внаслідок господарської діяльності людини, що призвела до деградації земель та негативного впливу на довкілля і здоров'я людей. До таких земель відносять і землі радіаційно небезпечні та радіоактивно забруднені, землі забруднені важкими металами, іншими хімічними елементами тощо (ст. 169 ЗК).

**Консервація земель** являє собою тимчасове виведення деградованих, малопродуктивних і техногенно забруднених сільськогосподарських угідь із сільськогосподарського використання, проведення на таких угіддях комплексу робіт з відновлення їхньої родючості (головним чином, залуження або заліснення) та повернення їх у сферу сільськогосподарського виробництва. Консервація земель здійснюється лише щодо земель, відновити продуктивні та екологічні властивості яких у процесі їх сільськогосподарського використання неможливо. Що стосується техногенно забруднених земельних ділянок, то консервації підлягають лише землі, на яких неможливо одержати екологічно чисту продукцію, а перебування людей на цих земельних ділянках є небезпечним для їх здоров'я (ст. 172 ЗК).

З метою конкретизації норм Земельного кодексу України щодо консервації земель Держкомзем України видав наказ від 17 жовтня 2002 р. № 175, яким затвердив Порядок консервації земель. Порядок обов'язковий для державних органів виконавчої влади, поширюється на власників землі, землекористувачів, у тому числі орендарів, і має рекомендаційний характер для органів місцевого самоврядування.

Обов'язок ініціювання консервації відповідних земельних ділянок покладений на власників і користувачів цих ділянок. Крім власників і користувачів землі, з ініціативою проведення консервації тих чи інших земельних ділянок можуть виступати місцеві землевпорядні та природоохоронні органи.

Якщо консервацію земельної ділянки ініціює її власник чи користувач, він має подати заяву або клопотання до відповідної державної адміністрації чи сільської, селищної, міської ради за місцезнаходженням земельної ділянки, у якій зазначаються причини проведення консервації земель.

До заяви або клопотання про ініціювання консервації земельної ділянки додаються: копія документа, що посвідчує право на земельну ділянку; вкопійовання із земельно-кадастрового плану орієнтовних меж відповідної земельної ділянки; агрохімічний паспорт земельної ділянки (за наявності); матеріали власних спостережень (фотознімки), таблиці



динаміки врожайності сільськогосподарських культур тощо.

Консервація земель здійснюється за рішеннями органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування. На підставі заяви або клопотання про консервацію земельної ділянки відповідна державна адміністрація видає розпорядження (сільська, селищна, міська рада приймає рішення) про створення комісії з обстеження земель у природі (на місцевості) та підготовки висновків про доцільність їх консервації. За результатами обстеження земельної ділянки у природі (на місцевості) складається звіт про її стан та надаються пропозиції щодо її консервації.

Орган влади, до якого подані матеріали та висновок про консервацію земельної ділянки, повинен протягом 30 днів розглянути їх та видати розпорядження (рішення) про консервацію земель державної або комунальної власності. Якщо земельна ділянка перебуває у приватній власності, розпорядження (рішення) про її консервацію приймається на підставі договору з власником ділянки.

Обов'язковою умовою проведення консервації земель є розробка відповідного проекту. Для підготовки проекту власник земельної ділянки повинен укласти з землевпорядною організацією, яка має ліцензію на виконання землевпорядних робіт, договір на його розробку.

Після схвалення проекту консервації земельної ділянки державною землевпорядною експертизою він підлягає виконанню. Реалізуючи проект консервації земельної ділянки, її власник чи користувач мають здійснити залуження чи заліснення ділянки. Залуження полягає у її засіванні насінням багаторічних трав, а заліснення – у закладенні деревних насаджень. Використання земельної ділянки, що перебуває у стані консервації, для вирощування сільськогосподарських культур забороняється.

По закінченні строку консервації земельної ділянки комісія проводить обстеження законсервованих земель у природі (на місцевості) і вносить до відповідних органів виконавчої влади (місцевого самоврядування), які прийняли рішення про консервацію земель, пропозицію щодо повернення земель до попереднього використання, продовження термінів консервації або про здійснення інших заходів щодо їх раціонального та екологічно безпечного використання.

#### *4.2.9. Порушення та рекультивация земель*

Порушення земель відбувається при виконанні пошукових робіт, видобуванні та переробленні корисних копалин, при будівництві підприємств та доріг. Воно викликає зміни ґрунтового покриву, гідрологічного режиму, утворення техногенного рельєфу та інші якісні зміни. Порушені землі втрачають свою початкову цінність та є джерелом негативного впливу на навколишнє середовище.

При виконанні земляних робіт верхні родючі шари, котрі містять гумус, підлягають зніманню та подальшому використанню на малопрдатних і рекультивованих землях. **Норми** знімання родючого та потенційно родючого шарів ґрунтів

$$H = b \cdot F, \text{ м}^3; \quad (4.3)$$

$$H = b \cdot F \cdot g, \text{ т}, \quad (4.4)$$

де  $h$  – глибина родючого шару;  
 $F$  – площа ґрунтового контуру;  
 $g$  – питома вага родючого шару.

Глибина знімання родючих шарів ґрунтів регламентується Держстандартом 17.5.3.06-85. Норми знімання родючого шару ґрунту наводяться в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Норми знімання родючого шару ґрунту

Тип та підтип ґрунтів	Діапазон глибини знімання, см
Дерново-підзолисті	20 або на глибину орного шару
Буроземно-підзолисті	20-50
Бурі лісові	20-30
Чорноземи типові	50-120
Лучні	40-50
Сіроземи	40
Жовтоземи	30
Гірсько-лугові	30-80
Торф'яні болотні	На всю глибину торф'яного шару

Порушені землі підлягають **рекультивації**, під якою розуміється комплекс робіт, скерованих на відновлення продуктивності та господарської цінності земель, а також поліпшення якості навколишнього середовища згідно з інтересами суспільства (рис. 4.6).

**Послідовність рекультиваційних робіт:** технічна рекультивація, потім біологічна. Технічна рекультивація полягає у підготовленні порушених земель до подальшого використання в господарстві. Біологічна рекультивація передбачає заходи, що сприяють покращанню фізичних та агрохімічних властивостей ґрунтів на рекультивованих землях (вапнування, піскування, глинування, внесення мінеральних, органічних добрив, золи, шлаку та ін.).



Рис. 4.6 – Види та етапи рекультивації землі

Розрізняють такі види технічної рекультивації:

- сільськогосподарську (підготовлений земель до використання як сільськогосподарських угідь);
- лісогосподарську (підготовки земель під лісопосадки);
- водогосподарську (підготовки до створення на них водойм);
- будівельну (підготовки земель до промислового і цивільного будівництва);
- рекреаційну (підготовки земель для об'єктів відпочинку);
- санітарно-гігієнічну (консервація порушених земель, якщо їхня рекультивація з іншою метою з певних причин недоцільна).

Лісогосподарська рекультивація здебільшого проводиться там, де є можливість відновити ділянку лісу цінними породами дерев. Її вартість та

вимоги до агрохімічних характеристик відновлюваних ґрунтів нижчі, ніж при сільськогосподарській рекультивації.

Водогосподарська рекультивація проводиться у відпрацьованих кар'єрах, які часто заповнюються ґрунтовими водами.

Рекреаційна рекультивація здійснюється неподалік від міст і великих населених пунктів з метою створення зон відпочинку для населення. Здебільшого вона поєднується з водогосподарською й лісгосподарською.

Санітарно-гігієнічна рекультивація застосовується на ділянках, де є сховища шкідливих речовин з метою запобігання їх шкідливому впливу на довкілля.

Під час технічної рекультивації виконують такі роботи:

- планування поверхні землі;
- формування відкосів, відвалів і бортів кар'єрів;
- зняття, перевезення, зберігання та повторне нанесення ґрунтів – землювання;
- будівництво доріг, гідротехнічних і меліоративних споруд.

Загальні вимоги до рекультивації земель регламентуються Держстандартом 17.5.3.04-83. Найважливішим етапом технічної рекультивації є *землювання* – комплекс робіт зі зняття, транспортування та нанесення родючого шару ґрунту і потенційно придатних порід на рекультивовані ділянки землі. Технологія землювання вибирається з розрахунку мінімального проходу транспортних та планувальних машин по ділянці з метою недопущення надмірного ущільнення нових шарів ґрунту. Загальні вимоги до землювання викладено в Держстандарті 17.5.3.05-84. Родючий шар ґрунту для землювання повинен відповідати Держстандарту 17.4.2.02-83, а для сільськогосподарського напрямку рекультивації – Держстандарту 17.5.1.03-78. Основною характеристикою землювання є величина родючого шару, що наноситься на рекультивовану землю, яку визначають, орієнтуючись на призначення ділянки, особливості природної зони, економічні можливості тощо. Землювання може бути суцільним і вибіркоким, звичайним і комбінованим.

Звичайне землювання здійснюється за один раз без перемішування основного шару та того, що наноситься.

Комбіноване землювання здійснюється у два етапи: нанесення родючого шару товщиною 10-15 см та перемішування його з поліпшуваним ґрунтом або породою; повторне нанесення родючого шару ґрунту до запроектованої норми.

Основні вимоги до землювання в залежності від типу ґрунтів та конкретного природного середовища викладено в Держстандарті 17.5.3.05-84.

Основними заходами відновлення ґрунтів на оголених ділянках рельєфу є ділянкове лісо- і деревонасадження у вигляді лісозахисних смуг, екологічно обґрунтоване зрошення земель, впровадження сівозмін,

періодична консервація угідь, розроблення норм на вирубку лісу під час пошуково-розвідувальних робіт тощо.

У наш час рекультивацію включають в основні виробничі процеси лісопереробних підприємств. Підприємства, які порушують землі, зобов'язані після закінчення робіт привести їх до стану, придатного для використання в лісовому, сільському чи рибному господарствах.

Однак розрив між відпрацьованими і поновленими площами ще великий, незважаючи на зростання обсягів рекультивації порушених земель. Рациональне землекористування в сільському господарстві включає правильну організацію користування територією, формування культурного агроландшафту. Екстенсивне землеробство призвело до розорювання лучних земель, аж до урізів русел річок, спадистих і крутих схилів, на яких повинні рости ліси, чагарники і трави. У кожному конкретному районі повинно бути своє, науково обґрунтоване співвідношення між полем, лісом, луками, болотами, водоймами, що дасть найвищий господарський ефект і збереже навколишнє середовище.

#### *4.2.10. Технології захисту земель від шкідливої дії вод*

При проектуванні інженерного захисту територій та споруд від **підтоплення** та **затоплення** розробляється комплекс заходів, які б забезпечували запобігання підтопленню та затопленню або усунення негативного впливу цих процесів у залежності від вимог щодо функціонального використання територій і охорони природного середовища.

Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення виконується з метою забезпечення безперебійного і надійного функціонування та розвитку всіх об'єктів господарювання, створення належних екологічних та соціальних умов життя населення, дотримання нормативних санітарно-гігієнічних умов.

Діяльність із забезпечення інженерного захисту від підтоплення та затоплення належать до природоохоронних видів господарської діяльності.

Проектування захисних споруд від підтоплення та затоплення виконується з урахуванням генеральних планів міст та селищ, схем та комплексних програм інженерного захисту територій населених пунктів від небезпечних геологічних процесів та шкідливої дії вод, вимог інтегрованого керування поверхневими та підземними водами, земельними ресурсами, програм екологічного оздоровлення територій.

**Захист від підтоплення** ґрунтовими водами територій міст і селищ, а також окремих споруд на них належить виконувати наступними способами:

- улаштування дренажів різних типів;
- виконання зовнішньої або внутрішньої гідроізоляції.

Вибір типів захисних споруд та їх компонування виконуються під час розроблення схем інженерного захисту або на початкових стадіях проектування. Проектні рішення приймаються на підставі порівняльного аналізу розглянутих варіантів з урахуванням:

- природних умов району будівництва (геологічних, геоморфологічних, кліматичних, гідрологічних, гідрогеологічних і екологічних);
- містобудівної характеристики території на час проектування та будівництва захисних споруд, а також на перспективу – враховуючи існуюче і заплановане використання підземного простору;
- змін гідрогеологічних обставин на ділянках містобудівного та іншого призначення, прилеглих до території, яка захищається;
- наслідків впливу захисних споруд на інженерно-геологічні умови території (приклади наслідків: осушення ґрунтів, зниження рівня ґрунтових вод, зміни міцності природних основ та стійкості схилів і укосів), включаючи екологічні наслідки;
- умов рекреаційного використання території;
- умов і методів виконання робіт, ресурсозбереження.

У комплексах інженерного захисту від підтоплення ґрунтовими водами територій та споруд належить застосовувати дренажі наступних видів:

- горизонтальний;
- вертикальний;
- комбінований;
- променевий;
- внутрішній;
- спеціальні види дренажів (вакуумні, електродренажі тощо).

**Горизонтальний дренаж** досконалого і недосконалого типів застосовують у різних ґрунтових умовах:

- досконалого типу – в усіх водоносних ґрунтах без обмежень;
- недосконалого типу – у добре проникних ґрунтах (в інших ґрунтах – за наявності обґрунтування ефективності застосування).

**Вертикальний дренаж** застосовується для дренування ґрунтів із значною водопроникністю у двошаровому середовищі. Для багатошарового середовища належить обґрунтувати ефективність цього виду дренажу. Вертикальний дренаж найбільш ефективний у випадках, коли слабопроникні ґрунти підстеляються проникними ґрунтами з напірними водами.

**Комбінований дренаж** застосовується у випадках складної будови відкладів, коли верхній слабопроникний шар ґрунту великої потужності підстеляється шарами водопроникних ґрунтів невеликої потужності із водоносним горизонтом у них (напірним або безнапірним).

**Променевий дренаж** застосовується для глибокого зниження рівня

грунтових вод, він є ефективним для дренажу територій із складною будовою рельєфу поверхні та ґрунтових шарів, на ділянках із щільною забудовою та густо насиченим комунікаціями підземним простором.

**Внутрішній дренаж** застосовується для захисту будинків та споруд при неможливості влаштування класичних систем дренажу за умови:

- проведення ремонту або реконструкції підвального приміщення, коли розкриття фундаментних пазух є неможливим за умов розміщення оточуючих об'єктів (будинки, споруди, автошляхи, комунікації, рослинність тощо) або призведе до недоцільних матеріальних витрат на відновлення таких об'єктів;

- при використанні методів будівництва типу зверху-вниз або уверх-униз, які не дозволяють влаштування іншого виду дренажу.

**Спеціальні види дренажів** застосовуються для посилення ефекту осушення слабкопроникних ґрунтів (прискорення темпів осушення, поліпшення роботи фільтрів). До них належать вакуумний, електроосушувальний, вентиляційний та інші дренажі.

**Захист територій від затоплення** здійснюється:

- обвалуванням територій із боку річки, водосховища або іншого водного об'єкта;

- штучним підвищенням рельєфу територій до незатоплюваних планових позначок;

- акумуляцією, регулюванням, відведенням поверхневих стічних і дренажних вод із затоплених, тимчасово затоплюваних, зрошуваних територій і низинних порушених земель.

До складу споруд інженерного захисту від затоплення належать: дамби обвалування, дренажі, дренажні й водоскидні мережі, нагірні водоскидні канали, швидкотоки й перепади, трубопроводи й насосні станції.

У залежності від природних і гідрогеологічних умов території, що захищається, системи інженерного захисту можуть включати декілька вказаних вище споруд або окремі споруди.

**Загальна схема обвалування території** (що захищається) вздовж усього зниження позначок її природної поверхні обирається на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням вимог нормативних документів та стандартів.

Для захисту затоплюваних територій застосовуються два види обвалування: загальне та по ділянках.

**Загальне обвалування території** доцільно застосовувати, якщо на території, що захищається, немає водотоків або коли стік водотоків можна перекинути до водосховища або в річку через відвідний канал, трубопровід або за допомогою насосної станції.

**Обвалування по ділянках** застосовується для захисту територій, які перетинаються великими річками, перекачування яких є економічно

недоцільним, або для захисту окремих ділянок території із різною щільністю забудови.

Під час вибору варіантів конструкцій дамб обвалування слід враховувати:

- топографічні, інженерно-геологічні, гідрогеологічні, гідрологічні, кліматичні умови району будівництва;
- економічні показники конструкцій захисних споруд;
- можливість пропускання води в періоди водопіль та дощових паводків;
- щільність забудови території та розміри зон відчуження, що потребують винесення будівель із зон затоплення;
- доцільність застосування місцевих будівельних матеріалів, будівельних машин і механізмів;
- строки зведення споруд;
- вимоги щодо охорони довкілля;
- зручність експлуатації;
- доцільність утилізації дренажних вод для поліпшення водопостачання.

Перевищення гребенів дамб обвалування над розрахунковими рівнями води у водних об'єктах необхідно визначати в залежності від класу наслідків (відповідальності) цих захисних споруд.

Проекти інженерного захисту з метою запобігання затопленню, обумовленому створенням гідротехнічних споруд (водосховищ, магістральних каналів, систем осушування земельних масивів тощо) необхідно узгоджувати з проектами будівництва всього водогосподарського комплексу.

***Штучне підвищення поверхні території*** здійснюється у разі:

- освоєння під забудову територій, що піддаються підтопленню та затопленню;
- використання земель під сільськогосподарське виробництво;
- благоустрою узбережної смуги водосховищ та інших водних об'єктів.

Варіанти штучного підвищення поверхні територій, що захищаються, у населених пунктах обираються на основі аналізу наступних умов: кліматичних, ґрунтових, геологічних, функціонально-планувальних, соціальних, екологічних та інших – у відповідності з вимогами, що стосуються забудови поселень (ДБН 360).

Проекти вертикального планування територій із підсипанням розробляються з урахуванням щільності забудови території, ступеня виконання передбачених раніше планувальних робіт, класів наслідків (відповідальності) захисних споруд, змін гідрологічного режиму річок і водойм з урахуванням прогнозованого підйому рівня ґрунтових вод.

Під час проектування штучного підвищення поверхні території з



метою захисту від затоплення позначка розрахункового рівня води в річці або водосховищі обирається у відповідності із нормами проектування споруд на берегах водних об'єктів.

Відведення поверхневого стоку на території зі штучним підвищенням поверхні належить здійснювати у водойми, водотоки, яри, в загальноміські каналізаційні або зливові системи з урахуванням природоохоронних вимог.

При проектуванні штучного підвищення поверхні території необхідно забезпечувати умови природного дренажу підземних вод. Уздовж тальвегів ярів і балок, що засипаються або замиваються, слід прокладати дренажі, а постійні водотоки поміщати в колектори із супутніми дренами.

Необхідність осушення штучних підсіпок визначається гідрогеологічними умовами прилеглої території та фільтраційними властивостями ґрунтів основ і підсіпки.

В разі засипання тимчасових водотоків або водойм необхідно передбачати в основі підсіпки фільтрувальний шар або пластовий дренаж для забезпечення розвантаження потоку ґрунтових вод.

Технологія робіт із штучного підвищення поверхні території підсіпанням або наміванням ґрунту має передбачати переміщення ґрунтових мас у напрямку з незатоплюваних ділянок корінного берега або заплави на затоплювані. У разі дефіциту ґрунтів належить використовувати корисні виїмки (зроблені під час поглиблення русел річок для судноплавства, розчищення і благоустрою стариць, проток та інших водойм) на території, що захищається, або поблизу.

**Споруди для акумуляції, регулювання та відведення поверхневих вод** із міських територій і промислових площадок слід проектувати у відповідності з вимогами до проектування зливної каналізації.

Акумуляція річкового стоку здійснюється шляхом улаштування водосховищ у верхів'ях річок.

Для запобігання підтопленню та затопленню сільськогосподарських територій слід застосовувати споруди і заходи з регулювання стоку та руслових процесів прилеглих до цих територій незарегульованих середніх та малих річок. Склад таких споруд і заходів визначається у залежності від:

- масштабів і часу затоплення території;
- природних факторів – підтоплення і водної ерозії;
- техногенних факторів, що посилюють масштаби затоплення і підтоплення земель у зоні об'єктів, що захищаються;
- типу руслового процесу.

Регулювання і відведення поверхневих вод із сільськогосподарських земель належить виконувати з урахуванням можливої водної ерозії ґрунтового покриву (в залежності від норми опадів, випаровування, уклону поверхні, природної дренажності тощо). У процесі регулювання і

відведення поверхневих вод має забезпечуватися:

- у вологій зоні – захист земель від затоплення зливовими і талими водами, відведення надлишкових поверхневих вод, зниження рівня ґрунтових вод (якщо він наближений до поверхні), осушування боліт та перезволожених земель;

- у слабкозасушливій та засушливій зонах – захист від площинної та лінійної водної ерозії шляхом обробки орних земель упоперек схилів, задернування (засівання травами) схилів, висаджування дерев та чагарників у зонах утворення яруг та лісосмуг уздовж меж сівозмінних ділянок, створення водоутримуючих пристроїв, глибокого об'ємного розпушування.

Стокорегулюючі споруди на територіях, що захищається, повинні забезпечувати відведення поверхневого стоку до гідрографічної мережі або інших водоприймачів.

Для перехоплення та відведення поверхневих вод належить застосовувати огорожувальне обвалування у поєднанні із нагірними канавами.

Споруди з регулювання русел улаштовуються на водотоках, які перетинають території, що захищаються. Для забезпечення незатоплюваності територій такі споруди мають розраховуватися на пропускання максимальних витрат, які відповідають розрахунковим рівням води під час повені. Крім того, ці споруди мають забезпечувати розрахункове наповнення русла річки та запобігання висушуванню заплавлених територій, вони не повинні порушувати умов забору води в існуючі канали, змінювати твердий стік потоку, а також режим пропускання льоду й шуги.

Захист територій від техногенного затоплення мінералізованими водами шляхом застосування поглинальних свердловин та колодязів допускається здійснювати тільки як виняток і лише в разі дотримання вимог законодавства про надра та наявності дозволів відповідних державних установ.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Основні причини втрат сільськогосподарських земель у світі.
2. Перелічить основні способи очищення ґрунтів.
3. Види ерозії ґрунтів.
4. Які основні заходи щодо запобігання ерозії ґрунтів існують?
5. Охарактеризуйте сутність протиерозійної організації територій. Польова гідрографічна мережа.
6. Які види меліорацій земель Ви знаєте? Особливості осушувальних та зволожувальних меліорацій, основні елементи осушувальних та зволожувальних систем.

7. Види агролісомеліоративних насаджень.
8. Охарактеризуйте поняття «консервація» земель.
9. Які види рекультивації Ви знаєте? Поясніть, що називається землюванням.
10. Назвіть основні види інженерних споруд для захисту від шкідливої дії вод.

## 5. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ВПЛИВУ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ

### 5.1. Сучасні методи комплексної оцінки та контролю якості й стану компонентів довкілля

#### 5.1.1 Методики аналізу навколишнього природного середовища

Стан навколишнього природного середовища вивчає *екологія* – комплексна наука про окремі складові довкілля і їх взаємодію у просторі та часі. Інструментарієм для розв’язання конкретних завдань моніторингу довкілля, регіональних і глобальних екологічних проблем є *метрологія* з її комплексом методичного забезпечення вимірювання засобами вимірювальної техніки, значеннями критеріїв для оцінювання і порівняння, системою метрологічного забезпечення тощо.

Комплекс стандартизованих методик аналізу довкілля повинен застосовуватися планово, оскільки об’єкти навколишнього середовища характеризують за багатьма просторовими і часовими параметрами. Наприклад, концентрації забруднювальних речовин на міських вулицях залежать від інтенсивності руху транспорту, напрямку вітру, пори року тощо. Для раціонального проведення вимірювання інгредієнтів у об’єктах довкілля необхідний постійний *екологічний моніторинг* – система спостережень за якісними і кількісними характеристиками об’єктів навколишнього середовища з метою з’ясування його стану та розроблення правоохоронних рішень.

Моніторинг дає змогу обмежити систему спостережень раціональною і обґрунтованою з екологічної точки зору кількістю показників. Це означає, що можна звести до необхідного мінімуму витрати на вимірювання і опрацювання отриманої інформації, реактиви тощо.

Екологічний моніторинг проводять за певними (стандартизованими) методиками, які регламентують кількість і види вимірювальних засобів, послідовність їх використання тощо. Стосовно кожного об’єкта довкілля або екологічної проблеми вдаються до конкретних методик аналізу, їх кількість і зміст постійно оновлюють відповідно до надбань науково-технічного прогресу і розвитку науки.

Проаналізувавши джерела забруднень, види забруднювальних речовин, характер їх поширення і міграції у воді, повітрі, ґрунті, знаючи фізико-хімічні властивості інгредієнтів, стандартні методики аналізу та володіючи метрологічним забезпеченням, можна отримати необхідну інформацію про стан довкілля, що істотно допоможе при плануванні та вирішенні багатьох проблем народного господарства.

Контролювання навколишнього середовища неможливе без

постійного надходження точних оперативних даних про його стан. Особливого значення набуває достовірність визначення великої кількості хімічних інгредієнтів, наявних в об'єктах природного середовища. Більшість з них природного походження, тому завжди присутні у природному середовищі, а решта сполук потрапляє у довкілля внаслідок дії антропогенних факторів. Багато речовин є токсичними за дуже низьких концентрацій, і тому необхідно вміти визначати навіть дуже малі їх кількості. Різноманітність хімічних компонентів потребує ретельного вибору ефективних методик аналізу, результати якого могли б стати основою для обґрунтованих заходів, спрямованих на збереження навколишнього середовища.

**Методикою виконання вимірювання** називається сукупність процедур і правил, виконання яких дає змогу одержати результати з потрібною точністю. Послідовність вимірювальних операцій, що забезпечує вимірювання відповідно до обраного методу, називається **процедурою вимірювань**. **Методом вимірювань** вважається сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки на основі принципу вимірювань для створення вимірювальної інформації. **Принципом вимірювання** є сукупність явищ, на яких воно засноване, наприклад вимірювання температури з використанням властивості рідини розширюватись або стискатись під дією температури. Раціональний вибір методики для визначення певного інгредієнта зумовлений, з одного боку, агрегатним станом, якісним і кількісним хімічним складом досліджуваних об'єктів, а з іншого – можливостями самої методики.

Аналіз природних об'єктів проводиться за певною схемою (рис. 5.1). Основними його етапами є: вибір методики, відбір проби, підготовка проби до аналізу, виконання його, вимірювання аналітичного сигналу та статистична обробка результатів аналізу.

Обираючи оптимальну методику, слід зважати на величину проби, яка залежить від очікуваного вмісту визначуваного інгредієнта і чутливості вимірюваного аналітичного сигналу. Селективність методики впливає на тривалість та точність аналізу. Чим більш вибірковою вона є, тим менше часу витрачається на аналіз, тому що немає потреби у виключенні компонентів, які заважають аналізу (наприклад, атомно-абсорбційні визначення мікроелементів, зокрема міді, цинку, кобальту та ін., є значно селективнішими, ніж їх визначення фотометричною методикою).

Можливість виконання аналізу безпосередньо на місці відбору проби є важливою характеристикою методики, оскільки хімічний склад природних вод, повітря, донних відкладів може змінюватися у процесі транспортування і зберігання їх проб (наприклад, рН та Eh води обов'язково визначаються на місці відбору проби з урахуванням температури та інших показників).

Вибір методики досліджень також регламентується її межами

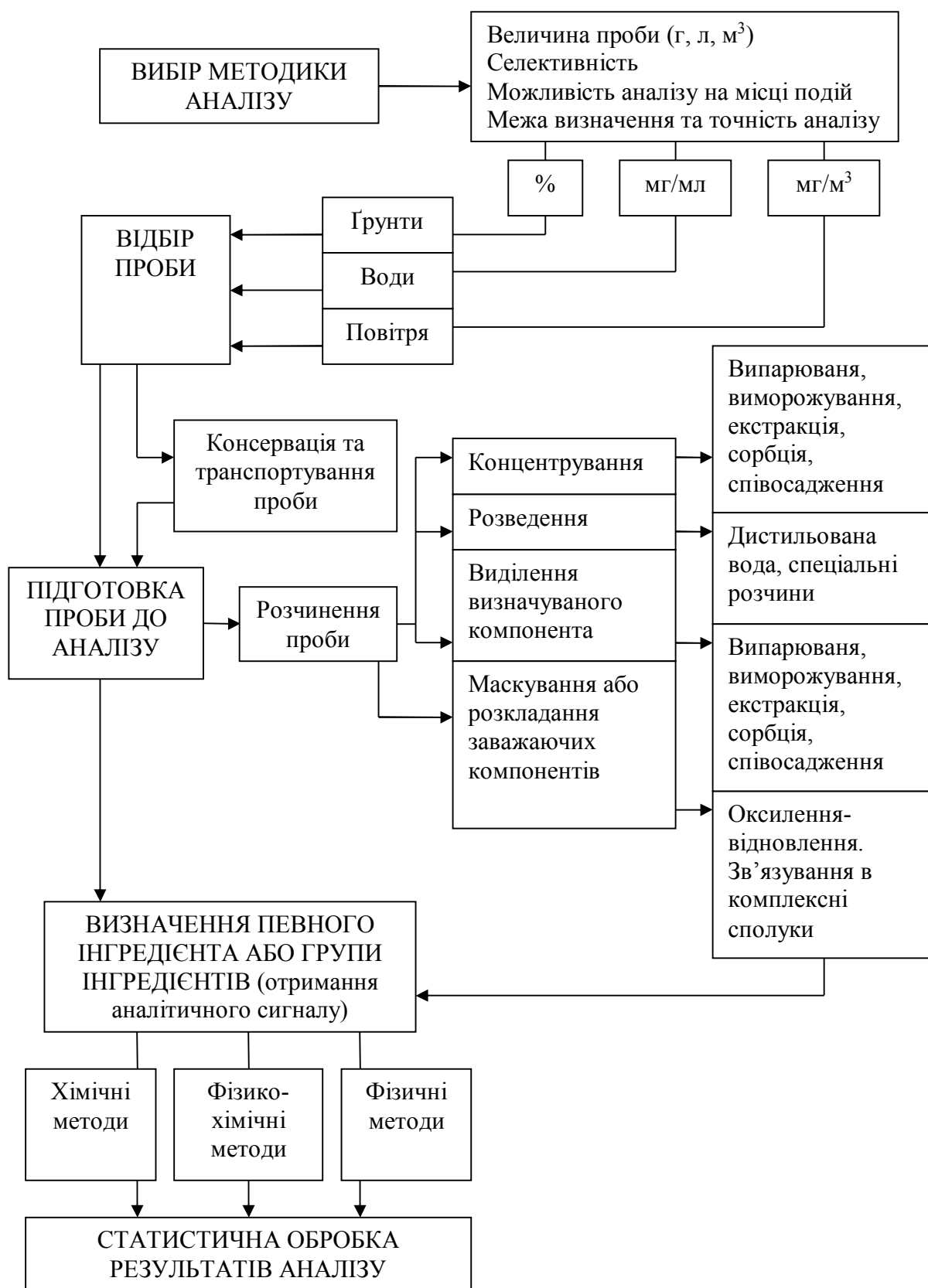


Рис. 5.1 – Загальна схема аналізу об'єктів природного середовища

визначення та точністю аналізу. Усі методики та засоби вимірювальної техніки мають нижню і верхню межу визначення та певну точність (отримання результату з похибкою). Таку інформацію можна отримати з характеристики методики вимірювань і технічної характеристики приладів. Методики та прилади, обрані для аналізу, затверджують у відповідних інстанціях саме для вибраних вимірювань.

Аналіз будь-якого об'єкта довілля передбачає вимірювання аналітичного сигналу з використанням фізичних, хімічних і фізико-хімічних методик.

**Фізичні методики** ґрунтуються на вимірюванні сигналів, які виникають в наслідок збудження електронів в атомах або молекулах, а також ядерних перетворень (емісійна та атомно-абсорбційна спектроскопія, рентгено-спектральний аналіз, радіометричні методики та ін.). Такі методики, як правило, не вимагають проведення хімічної реакції. До фізичних методик також належать оптичні методики (спектрофотометрична, фотометрична), принцип дії яких полягає у залежності параметрів оптичного (світлового або теплового) випромінювання від значення вимірюваної величини, що фіксується приладом, якщо вони застосовуються без попереднього проведення хімічних реакцій окислення-відновлення, комплексоутворення та ін.

Вибір методики аналізу також регламентується межею визначення та необхідною точністю.

Найточнішими та дешевими є **хімічні методики** аналізу, хоча вони часто потребують спеціальної підготовки до аналізу (випаровування, концентрування, спалювання органічних зразків для отримання золи) і малопридатні для автоматизації. Перспективними з точки зору автоматизації вимірювальних операцій і застосування комп'ютерного забезпечення до засобів вимірювальної техніки є фізичні методики аналізу. Зручними, досить чутливими, точними і селективними є фізико-хімічні методики. Можливості використання цих методик щодо об'єктів навколишнього природного середовища зростають завдяки створенню переносної оптичної та електрохімічної апаратури з автономним електроживленням, яку можна використати безпосередньо на місці відбору проб для аналізу.

**Хімічні та фізико-хімічні методики** ґрунтуються на кількісному вимірюванні аналітичних сигналів, які виникають унаслідок хімічної реакції визначуваних компонентів з неорганічними та органічними реагентами або окисно-відновних процесів на електродах. Поділ методик на хімічні та фізико-хімічні є умовним. Однак поділ методик вимірювання аналітичного сигналу на три основні групи – фізичні, хімічні та фізико-хімічні – є доцільним тому, що вони мають різні можливості, які слід враховувати при виборі оптимальних варіантів аналізу об'єктів навколишнього середовища (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Класифікація і характеристика методик аналізу

№	Аналітична методика	Межа виявлення, %	Точність, %	Визначувані компоненти (основні)	Примітки
1	2	3	4	5	6
<i>1. Хімічні методики</i>					
1.1	Гравіметрія	$1^{-10}$ мкг	0,1	Макро-компоненти	Точні і надійні, але малочутливі
1.2	Титриметрія	$10^{-6}$ моль/л	1,0	Макро- і полумікро-компоненти	
<i>2. Фізико-хімічні методики</i>					
2.1	Полярографія (вольтамперометрія)	$10^{-6}$ - $10^{-3}$	3	Залишки металів	Специфічні середньої чутливості
2.2	Фізико-хімічна (електро-, радіо-, оптико- та ін.) титриметрія	$10^{-6}$ - $10^{-4}$	0,3-1	Широке коло сполук	Поширені
2.3	Молекулярна спектроскопія (фотометрія і спектрофотометрія у видимій і УФ-області), хемілюмінометрія	$5 \times 10^{-7}$ - $10^{-5}$	5-10	Мікро-компоненти (залишки металів), органічні сполуки	Використовуються на практиці
2.4	Люмінесцентні методики (спектрофлуориметрія та ін.)	$10^{-7}$ - $10^{-3}$	1-10	Мікро-компоненти (метали і органічні сполуки)	Високочутливі
2.5	Кінетичні методики (хронометрія, каталіметрія)	$10^{-9}$ - $10^{-4}$	10-50		Високочутливі, але не досить точні
2.6	Радіометрія	$10^{-8}$ - $10^{-3}$	1-10	Сліди елементів і органічних сполук	Специфічні умови роботи і техніки безпеки
2.7	Ренгенофлуоресцентна спектрометрія	$10^{-3}$ - $10^{-2}$	1-2	Полумікро-компоненти у ґрунті	



Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6
<i>3. Фізичні методи</i>					
3.1	Інфрачервона спектроскопія	$10^{-3}$ - $10^{-2}$	5-10	Органічні речовини, гази	Високо-специфічні
3.2	Атомно-абсорбційна і емісійна спектроскопія	$10^{-7}$ - $10^{-5}$	5-10	Метали	Селективні
3.3	Атомно-флуоресцентна спектроскопія	$10^{-9}$ - $10^{-6}$	5-10		Високочутлива
3.4	Нейтронно-активний аналіз	До $10^{-7}$	2-10	Елементи і органічні сполуки	Потрібні спеціальні умови роботи
3.5	Ядерний і електронний магнітний резонанс	$10^{-3}$	1-5	Макро-компоненти	Високо-специфічні, але низькочутливі
3.6	Мас-спектрометрія	$10^{-7}$ - $10^{-4}$	0,5-20	Сліди елементів	Точні і високочутливі
<i>4. Біологічні та біохімічні методи</i>					
4.1	Біологічні, мікробіологічні (біоіндикація), органолептичні	Високочутливі	Якісне виявлення	Біологічно активні речовини	Специфічні і високочутливі
4.2	Ферментативні	$10^{-9}$ - $10^{-4}$	1-20	Ультра-мікрокомпоненти (метали і органічні сполуки)	Високочутливі
4.3	Імунно-ферментативні	$10^{-10}$ - $10^{-6}$	10-40	Ультра-мікрокомпоненти	Особливо чутливі та вибірккові
<i>5. Гібридні методи</i>					
5.1	Екстракційні у поєднанні з фізико-хімічними методиками	$10^{-9}$ - $10^{-6}$	10-30	Залишки різних сполук	Високочутливі специфічні
5.2	Газова хроматографія	$10^{-3}$ - $10^{-2}$	5-10	Органічні сполуки	Високо-специфічні

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6
5.3	Рідинна і газорідинна хроматографія	10-7-10-4	2-20	Органічні сполуки	Широко використовуються для аналізу сумішей
5.4	Хроматомас-спектрометрія	10-10-10-5	1-20	Залишки елементів і органічних сполук	Особливо чутливі і точні

Для аналізу природних об'єктів найчастіше використовуються титриметричні та фотометричні (спектрофотометричні) методики, за якими визначають велику кількість неорганічних та органічних інгредієнтів, особливо в природних водах. Титриметричним методом можна визначити багато забруднювачів на місці відбору проб. Для швидкого аналізу на місці відбору проб використовують також спеціальні індикаторні папірці (особливо при визначенні токсичних компонентів на рівні ГДК).

Фотометричні методики ґрунтуються на поглинанні світла речовиною або продуктом реакції в ультрафіолетовій (УФ), видимій та інфрачервоній частинах електромагнітного спектра. Вони придатні для визначення всіх хімічних елементів, крім інертних газів.

Поширені методики атомної абсорбції, спектрального аналізу та хроматографії. Перші з них є ефективними при визначенні мікродошчок металів, особливо у воді, ґрунті та донних відкладах. Хроматографічні методики застосовуються переважно для визначення газуватих неорганічних сполук, летких органічних речовин та деяких катіонів металів, аніонів і нелетких органічних сполук.

Атомно-абсорбційний спектральний аналіз ґрунтується на визначенні концентрації речовини за поглинанням шаром атомної пари елемента монохроматичного резонансного випромінювання. Така методика характеризується універсальністю, простотою і високою продуктивністю. Метод атомно-абсорбційного спектрального аналізу є принципом роботи багатьох аналізаторів.

Спектральний аналіз (фізичний спосіб) передбачає визначення складу та будови речовини за її спектром – упорядкованим за довжиною хвилі електромагнітним випромінюванням. Для збудження речовини використовують полум'я пальника, енергію електричної дуги, іскри. Спектральний аналіз дає змогу встановити елементний, нуклідний і молекулярний склад речовини, її будову (атомно-емісійний спектральний

аналіз).

Хроматографічні методи (ґрунтуються на розподілі рухомої і нерухомої фаз) застосовують в основному для визначення газуватих неорганічних сполук, летких органічних речовин (газова хроматографія) та деяких катіонів металів, аніонів і нелетких органічних сполук (тонкошарова та йонна хроматографія), алкалоїдів, що спричиняють отруєння організму. Для аналізу складних органічних проб використовують рідинну хроматографію. Послуговуючись методикою газорідинної хроматографії, визначають склад стічних вод нафтопереробних і хіміко-фармацевтичних підприємств, заводів органічного синтезу.

Хемілюмінесцентні методики надзвичайно чутливі й селективні, що дає змогу визначати мікрокількості інгредієнтів, особливо при аналізі повітря, у якому вміст забруднювальних речовин часто досить малий.

Хемілюмінесцентний аналіз оснований на здатності продуктів хімічних реакцій світитися, коли один з компонентів реакції перебуває у збудженому стані.

Одним з видів люмінесцентних методик є сортовий аналіз, що передбачає фіксування світла, що випромінюють досліджувані матеріали (наприклад, свіже і зіпсуте зерно світиться по-різному в УФ-променях).

При аналізуванні параметрів об'єктів слід враховувати їх постійну змінюваність у часі і просторі. Тому правильний відбір проб води, повітря та ґрунтів є необхідною умовою при аналізі, а помилки неможливо виправити експериментальними або розрахунковими методиками.

При відборі проб для аналізу вод, повітря та ґрунтів необхідно дотримуватися таких типових вимог:

- проба або серія проб повинна бути характерною для природного об'єкта в місці відбору;
- відбір проб, їх транспортування, зберігання та подальша обробка повинні виконуватись так, щоб не змінювався вміст досліджуваного інгредієнта;
- об'єм або маса проби повинні повністю забезпечити можливість виконання запланованих досліджень.

Забруднювальні речовини та інші інгредієнти можуть бути у різному агрегатному стані і в різних хімічних формах, які мають неоднакові фізико-хімічні та аналітичні властивості, що позначається на особливостях виконання аналізу, а вміст багатьох хімічних речовин у природних об'єктах є таким малим, що їх неможливо визначити без попереднього концентрування та відокремлення від основних компонентів.

Крім загальних вимог, при відборі різних видів проб слід дотримуватися специфічних вимог, які стосуються відбору певних видів проб.

Одним з важливих заходів, які забезпечують ефективний контроль стану навколишнього середовища, є інвентаризація всіх викидів і скидів

забруднювальних речовин в атмосферу і воду, кількості та якості речовин, які підлягають захороненню. Інвентаризація джерел викидів, визначення видів забруднювачів, їх кількісного вмісту тісно пов'язані із плануванням вимірювань.

Для того щоб отримати комплексну характеристику вимірюваного об'єкта (явища тощо), необхідно після проведених вимірювальних експериментів опрацювати результати первинних вимірювань (спостережень). При опрацюванні результатів розв'язуються дві задачі: знаходиться оптимальна оцінка значення вимірюваної величини і оцінюється точність вимірювання. Разом з результатом вимірювання доцільно вказати інші важливі дані, наприклад кількість спостережень (первинних вимірювань) і їх статистичний розподіл, алгоритм опрацювання, характеристики вимірювальних засобів, умови вимірювань, способи корекції систематичних похибок, імовірнісні показники тощо. Наявність цих даних дає змогу порівнювати результати вимірювань, виконаних за однаковими або різними методиками, різними засобами вимірювальної техніки в різних установах.

Обсяг опрацювання залежить від виду вимірювання, кількості експериментальних даних, вимог щодо точності вимірювання, інформації про систематичні та випадкові похибки вимірювання тощо. Лише при прямих разових вимірюваннях отриманий результат спостереження може бути результатом вимірювання (за умови, що систематичні похибки вимірювання не коригують). В інших вимірюваннях опрацювання може здійснюватися за стандартизованими методиками (наприклад, статистичними методами), або вимагати створення спеціальних алгоритмів. У сукупних і сумісних вимірюваннях обов'язковим є розв'язування систем рівнянь (найчастіше методом найменших квадратів).

Одним із основних методів зменшення впливу випадкових похибок є проведення вимірювань з багаторазовими спостереженнями і подальше статистичне опрацювання отриманих результатів. Методика статистичного опрацювання залежить від статистичних властивостей випадкових похибок, зокрема їх розподілу, кореляції. Переважно на практиці використовують модель нормального розподілу випадкових похибок, що дає змогу застосувати до опрацювання результатів теоретично обґрунтовані статистичні методи. Найефективнішим методом зменшення впливу на результат вимірювання нормально розподілених похибок є усереднення результатів. Якщо розподіл випадкових похибок невідомий, необхідно його з'ясувати. На практиці умови проведення робіт, способи підрахунків, форма подавання результатів вимірювання тощо задаються, як правило, у методиках вимірів. Використання теорії імовірностей, глибинних метрологічних засад необхідні у надзвичайних ситуаціях, наприклад щодо важливих народногосподарських об'єктів, аварії на яких можуть призвести до значних матеріальних втрат, екологічних катастроф

тощо.

Як правило, опрацювання результатів вимірювань передбачає такі етапи:

- попередній аналіз результатів спостережень (первинних вимірювань), їх систематизація, відкидання явно недостовірних результатів, аналіз результатів попередніх досліджень;
- корекція впливу систематичних ефектів (вивчення умов вимірювань, розрахунок і внесення поправок, якщо це передбачає методика);
- аналіз впливу випадкових ефектів, перевірка гіпотез про їх розподіл, вибір найкращих оцінок шуканих величин (можливі повторні вимірювання, проведення досліджень з певною повторюваністю);
- оцінювання характеристик точності числового алгоритму, його стійкості;
- виконання розрахунків згідно з вибраним алгоритмом (формули, теоретичні особливості, що наведені у методиках);
- аналіз отриманих результатів;
- подання результатів вимірювань та характеристик їх точності за відповідною формою (із вказівкою можливої похибки або без неї).

Особливості різних видів вимірювань зумовлюють певні відмінності при опрацюванні їх результатів.

***Засоби вимірювальної техніки, призначені для вимірювання вмісту важких металів і радіонуклідів.*** На практиці широко використовуються такі прилади, як «Спектроскан», «Квант-АФА», «Квант-Z.9ТА», «ИВА-400МК», «ТА-І» та ін.

«Спектроскан» – це рентгено-флуоресцентний спектрометр, призначений для вимірювання вмісту токсичних елементів (починаючи з фонових значень) миш'яку, свинцю, селену, нікелю, ртуті та інших в ґрунтах, осаді вод, рослинах, органічних добривах, питній воді, продуктах харчування та інших об'єктах. Він працює на основі методики рентгено-флуоресцентного аналізу і має такі особливості: можливість роботи як в автономному режимі, так і з ПЕОМ; наявність програмного забезпечення для обробки результатів вимірів, використання методик вимірів, адаптованих до вимог природоохоронних органів. Оператори, які працюють зі «Спектросканом», повинні дотримуватися вимог техніки безпеки, щоб уникнути можливого опромінення. Основні характеристики «Спектроскану» є такими: час одного виміру від 2 до 15 хв., використовувані зразки можуть бути твердими, рідкими, у вигляді порошку; відносна похибка вимірів (при концентруванні проб) у діапазоні 0,3-30 мкг/мм<sup>2</sup> становить не більше 30%.

На основі принципу атомно-абсорбційної спектрометрії працюють прилади «Квант-АФА» і «Квант-Z.9ТА». У «Квант-АФА» використовуються три методики аналізу: атомно-емісійну; атомно-

абсорбційну; атомно-флуоресцентну. Методики аналізу, реалізовані у приладі, дають змогу контролювати до 70 елементів періодичної таблиці Менделєєва з чутливістю від  $10^{-4}$  до 50 мг/л. «Квант-Z.3TA» має такі переваги: високу чутливість при контролюванні металів у рідких пробах; комп'ютерне управління приладом і обробленням результатів; високу точність і відтворювальність результатів; автоматичну компенсацію спектральних перешкод. Визначення вмісту токсичних елементів у різних пробах можна здійснювати відповідно до рекомендацій ISO. «Квант-Z.3TA» має такі основні характеристики: температура нагрівання атомізатора від 50 до 3000°C; об'єм проби 0,5-2 мкл; діапазон (спектральна характеристика) 190-1100 нм; піддаються програмуванню такі параметри: температура атомізатора, швидкість зростання температури, час витримування температури; час одного заміру – 1 хв. Програмне забезпечення побудоване за діалоговим принципом, дає змогу реєструвати весь процес динаміки випаровування проби і спостерігати за зміною сигналів, які відповідають сумарному та атомному поглинанню.

За принципом інверсійної вольтамперометрії працюють комп'ютеризований полярографічний комплекс «ИВА-400 МК» та аналізатор вольтамперометричний з УФ-опроміненням проб «ТА-1».

Основними перевагами «ИВА-400 МК» є кількісний аналіз вмісту більше 60 неорганічних йонів; відсутність металічної ртуті та інертних газів при аналізуванні; висока чутливість і точність вимірів; комп'ютерна обробка результатів вимірів; простота експлуатації (табл. 5.2). Додатковою перевагою є визначення вмісту кількох елементів за однією вольтамперограмою. Методика ґрунтується на накопиченні електролізом на електроді, який обертається, елементів з досліджуваного розчину. Концентрат розчиняється з поверхні електрода лінійною зміною потенціалу з одночасною реєстрацією інверсійних струмів. Мікропроцесорне підтримання частоти обертання робочого електрода оптимізує процес нагромадження, істотно знижує похибки вимірів. Розшифровування вольтамперограм здійснюють методом стандартних добавок.

За допомогою «ТА-1» контролюють вміст важких металів у харчових і сільськогосподарських продуктах, воді, ґрунті, біологічних об'єктах, лікарських препаратах, при проведенні сертифікації та екологічного моніторингу. Його технічні характеристики є такими: кількість одночасно вимірюваних проб – 3; час виміру 3-х проб від 5 до 30 хв.; наважка проби – 0,1-5 г. Висока чутливість у поєднанні із задовільною точністю і селективністю реалізована у компактному приладі. Аналізатор «ТА-1» обладнаний системою вібрації електродів, що підвищує чутливість і надійність за рахунок ефективного концентрування й електрохімічної регенерації робочої поверхні електрода. При аналізі води не потрібна пробопідготовка (вплив кисню у пробі ліквідується УФ-опроміненням).

Усі режими роботи та управління забезпечуються IBM-сумісною ПЕОМ.

Таблиця 5.2 – Характеристики визначення елементів

Елемент	Діапазон визначення, мкг/дм <sup>3</sup>	Відносна похибка визначення	Елемент	Діапазон визначення, мкг/дм <sup>3</sup>	Відносна похибка визначення
Cu	1-1000	2-20%	Bi	1-200	5-20%
Pb		2-20%	Ag	1-1000	5-20%
Cd		2-20%	Co	10-100	2-15%
Zn	10-1000	2-20%	Ni	1-500	2-15%

Діапазони визначення деяких речовин наведено у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Діапазон визначення речовин

Речовина	Діапазон, мг/кг	Речовина	Діапазон, мг/кг
As	0,01-10,0	Zn	0,01-200
Hg	0,002-1,0	Cd	0,001-50,0
Pb	0,004-5,0	Sn	0,2-500
Cu	0,02-50,0	вітамін С	0,03-25

Засоби вимірювальної техніки для проведення аналітичних вимірювань вибираються, зважаючи на мету та завдання вимірювань, бажану точність результатів, наявність засобів вимірювальної техніки і хімічних реагентів у лабораторії, способи відбору та підготовки зразків до аналізу, вартість вимірювальних робіт. Засоби вимірювальної техніки, метрологічне обслуговування і забезпечення потребують великих затрат. Тому кількість проб повинна бути мінімально можливою для отримання повномасштабної інформації про стан окремих об'єктів довкілля і їх комплексів: екосистем, ландшафтів, басейнів річок, територій адміністративного району або області.

**Засоби вимірювальної техніки рідинної хроматографії.** Такі прилади, основою дії яких є принцип рідинної хроматографії, мають істотні переваги: точність, чутливість і селективність. До засобів вимірювальної техніки рідинної хроматографії належать хроматографи рідинні «Цвет-403» та «Цвет-404»; хроматограф йонний «Цвіт-3006М»; хроматограф рідинний «Цвет-3110», рідинна хроматографічна система «Стайлер», детектор спектрофотометричний СПФ-1 та ін.

Хроматограф рідинний «Цвет-403» (портативний двоканальний)

визначає аніони і катіони лужних, лужноземельних та перехідних металів, а також органічних і неорганічних сполук, які поглинають в УФ-частині спектра, в об'єктах навколишнього середовища, при екологічному контролі, аналізі біологічних об'єктів, сертифікації продуктів і промислової сировини. Перевагами хроматографа «Цвет-403» є висока селективність, робота від автономного джерела живлення, малі габарити, вага, електроспоживання, вихід на ПЕОМ IBM PC через RS 232, використання інертних матеріалів та ін.

За допомогою хроматографа рідинного «Цвет-404» з електрохімічним детектором проводять якісні та кількісні аналізи домішок фенолів і аміносполук при екологічному контролі, аналізі пестицидів у сільському господарстві, харчовій промисловості, сертифікації продукції та ін. Висока чутливість і селективність приладу дають змогу аналізувати феноли на рівні ГДК без попереднього концентрування. Для хроматографа характерний вихід на ПЕОМ IBM PC через RS 232 та оброблення даних на вмонтованій ЕОМ.

Хроматограф йонний «Цвет-3006М» рідинний визначає аніони і катіони у водних розчинах органічних та неорганічних сполук при контролюванні повітря на вміст аерозолей і кислих газів; води й біологічних рідин – на вміст йонів; ґрунтів і добрив – на вміст калію, амонію, фосфатів, нітратів; а також; при сертифікації продуктів, промислової сировини та ін. Для приладу розроблені та атестовані методики: аналізу атмосферного повітря на вміст кислих газів (НС1, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>); аналізу поверхневої, питної, стічної води на вміст аніонів (фторидів, хлоридів, фосфатів, нітратів, сульфатів); аналізу проб м'яса і м'ясних продуктів на вміст нітритів; одночасного аналізу аніонного та катіонного складу з використанням двох систем дозування (ручної і автоматичної), двох насосів та двох систем колонок та ін.

Детектор спектрометричний для рідинної хроматографії СПФ-1 призначений для контролювання забруднень харчових продуктів і довкілля фенолом та його похідними (хлорпохідними, аніліном і його похідними, фталатами, важкими металами у вигляді комплексів) і багатьма іншими шкідливими речовинами. Конструктивно детектор складається з трьох блоків: спектрофотометра, підсилювача, блоку живлення освітлювача. Найбільший ефект дає використання детектора разом з йонним хроматографом «Цвет-3006». При цьому створюється хроматографічний комплекс з такими можливостями: йонний хроматограф з послідовно включеними кондуктометричним і спектрофотометричним детекторами; молекулярний рідинний хроматограф із спектрофотометричним детектором; два паралельні хроматографи – йонний і рідинний.

Хроматограф рідинний «Цвет-3110» якісно та кількісно аналізує вміст сполук, які поглинають випромінювання з довжиною хвилі 325 нм – поліядерних ароматичних сполук (у т.ч. бенз(а)пірену), білків,



амінокислот, вітамінів та інших речовин у виробництві, екологічному контролі, сертифікації продукції та ін.

Висока чутливість і селективність приладу дають змогу проводити аналіз поліядерних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), зокрема сильного канцерогену бенз(а)пірену. Високоєфективна рідинна хроматографія допомагає відрізнити бенз(а)пірен від його неканцерогенного ізомеру бенз(е)пірену.

**Оптичні прилади.** Використання оптичних ЗВТ зумовлене їх відносною дешевизною, простотою аналізу, мінімальним набором необхідних операцій при підготовці проб до аналізу. Сучасними зразками оптичних приладів є водонепроникний фотометр «Testo 220 (221)»; портативні спеціалізовані колориметри «Наппа»; КФК-3; аналізатор «Флюорат-В9ЖХ».

За допомогою портативного фотометра «Testo 220 (221)» можна виконати оперативні виміри у польових і лабораторних умовах показників водних проб на основі хімічної реакції проби з реагентами і подальшого оптико-електронного аналізу.

Портативні спеціалізовані калориметри «Наппа» дають змогу вимірювати концентрації більше 25 видів йонів у водних розчинах при контролюванні якості води й екологічному моніторингу (наприклад, мг/л): хлор вільний (0,00-2,50); кремній (0,00-2,00); фосфор (0,0-15,0); марганець – високі концентрації (0,0-20,0 мг/л); марганець – низькі концентрації (0,00-200 мкг/л) та ін.

КФК-3 дає змогу вимірювати коефіцієнти пропускання і оптичної густини прозорих рідких розчинів, швидкості зміни оптичної щільності речовини та концентрації речовин у розчинах.

На аналізаторі «Флюорат-02» виконують оптичний аналіз фенолів, вуглеводнів, формальдегіду, поверхнево-активних речовин, важких металів в об'єктах навколишнього середовища, харчовій і сільськогосподарській сировині та продуктах харчування.

На «Флюорат-крио-1» визначають концентрації бенз(а)пірену, свинцю, тетраетилсвинцю, на «Флюорат-крио-2» – концентрації свинцю і тетраетилсвинцю.

За допомогою хроматографічної приставки «Флюорит-В3ЖХ» виконується оптичний аналіз фенолів, вуглеводнів, формальдегіду, поверхнево-активних речовин, важких металів в об'єктах навколишнього середовища, харчовій і сільськогосподарській сировині та продуктах харчування. У табл. 5.4 наведено нижні межі діапазону концентрацій, які визначаються.

**Потенціометричне обладнання.** Воно характеризується простотою в експлуатації, можливістю виконання замірів безпосередньо у польових умовах та відносною дешевизною. До такого обладнання належать йономіри, рН-метри, йоноселективні електроди, кондуктометри, оксиміри та

ін. Найсучаснішими йономерами є мікропроцесорний йономер И-500.1; мікропроцесорний вимірювач концентрації нітратів «Микон»; мініатюрний нітромір-індикатор.

Таблиця 5.4 – Нижні межі діапазону концентрацій, які визначаються

Речовина	Середовище, мг/кг	
	Вода	Повітря
Нафтопродукти	0,005	-
Феноли	0,0005	0,002
Формальдегід	0,02	0,005
Бенз(а)пірен	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-7}$
Нітрати	0,1	-
Нітрити	0,0005	-
Кобальт	0,0002	0,0002
Мідь	0,005	0,002
Сірководень	-	0,004
Кадмій	0,0005	0,0005

Мікропроцесорний йономер И-500.1 визначає рН, Eh водних розчинів, концентрацію (активність) іонів:  $\text{Ag}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  та ін. Йономер працює з багатьма йоноселективними електродами російського і закордонного виробництва, автоматично обробляє результати вимірів та індикацію в одиницях мВ, рХ, Моль/л, мг/л. Прилад можна підключати до ПЕОМ через порт RS 232 для спостереження на екрані комп'ютера за змінами показників розчину та тривалого зберігання в його пам'яті інформації.

Мікропроцесорний вимірювач концентрації нітратів «Микон» виконує експрес-аналіз сільськогосподарської продукції, ґрунтів, продуктів харчування, природних і стічних вод на вміст нітратів. Вимірювальні концентрації знаходяться в межах від 6 до 9999 мг/кг, максимальна похибка виміру сягає  $\pm 15\%$ , час одного виміру – 30 с.

Мініатюрний нітромір-індикатор виконує експрес-аналізи водних розчинів при визначенні кислотності, концентрації солей і вмісту нітратів у харчовій промисловості, екологічному моніторингу та сільськогосподарському виробництві. Процес виміру полягає у знятті захисного ковпачка з приладу, включенні і зануренні у досліджуваний розчин. Покази знімають через 5-6 с після занурення. Калібровка приладу обмежується зануренням його у розчин з відомою концентрацією нітратів і встановленням відповідних показів за допомогою викрутки в отворі корпусу.

Натепер використовують багато розробок рН-метрів: «Checker»;

мініатюрний рН-метр тестер; HI 8314; HI 9024 (9025) – портативні; HI 9317 (931400) – стаціонарні та ін.

Мініатюрний рН-метр тестер призначений для експрес-аналізів водних розчинів при визначенні кислотності, концентрації солей і вмісту нітратів, застосовується у харчовій промисловості, сільськогосподарському виробництві при екологічному моніторингу. Процес виміру величини рН полягає у зніманні захисного ковпачка з приладу, його включенні і зануренні у досліджуваний розчин. Значення змінюється через 5-6 с після занурення. Калібровка приладу обмежується зануренням його у стандартний розчин з рН 6,86 та встановленням відповідних показів. Діапазон вимірів приладу – (0,0-кL4,0) рН, максимальна похибка – 0,2 рН.

До портативних рН-метрів належать: HI 8314, HI 9024, HI 9025, HI 9224, HI 92240. Мікропроцесорні рН-метри HI 9024 і HI 9025 вміщують у водонепроникні корпуси з вмонтованим захистом від електромагнітного поля, що забезпечує стабільну роботу в екстремальних умовах. HI 9024 вимірює рН і температуру в діапазоні (0-14,0) рН і (0-100,0) градусів за Цельсієм. HI 9025 працює також у режимі мВ і в комплекті з відповідним електродом може виміряти Red/Ox – потенціал і концентрації йонів. Подвійний дисплей одночасно відображає величину рН (або мВ) і температуру зразка. У пам'яті приладів зберігаються значення рН п'яти буферних розчинів (4,0; 6,86; 7,01; 9,18; 10,01 рН), калібровка проводиться за одним або двома з них.

HI 9017 – стаціонарний мікропроцесорний прилад, який вимірює рН, мВ (з йоноселективними і Red/Ox-електродами) і температуру з високою точністю. Вмонтований дзвінок сигналізує про досягнення заданої точки або про вихід за межі допустимого діапазону. Влаштований RS 232-порт дає змогу підключити прилад до ПЕОМ IBM PC і обробляти за його допомогою результати вимірів. Прилад зберігає в пам'яті значення рН трьох буферних розчинів для швидкості автоматичної калібровки та 6 програм вимірів. Автоматична термокомпенсація забезпечує точність і відновлення вимірів.

Якість чистої, дистильованої або дейонізованої води визначається за допомогою кондуктометрів: PWT, UPW, DIST. Прилад DIST випускається у десяти модифікаціях, а його моделі WP1, ..., WP4, 2 Plus і 4 Plus виконані у водонепроникних корпусах для застосування у польових умовах з підвищеною вологістю.

До оксимірів належать «ORP», HI 9142, HI 9145 та ін. «ORP» є унікальним малогабаритним приладом вимірювання окисно-відновлювального потенціалу у промислових стічних водах (концентрації хрому і ціаніду), рибогосподарських підприємствах та акваріумах (якість води), в басейнах (дезінфекція) має такі характеристики: робочий діапазон температур 0-50°C; безперервна робота батарейок – 1000 год., вага – 65 г.

НІ 9142 – водонепроникний портативний оксімір, призначений для вимірювання розчиненого кисню в процесах біологічної обробки води, не потребує застосування хімічних реактивів.

Розвиток науки і науково-технічного прогресу ініціює створення нових засобів вимірювальної техніки. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання рівнів радіації У зв'язку з розвитком атомної енергетики у світі, а в Україні зокрема, необхідний постійний радіаційний моніторинг довкілля. З цією метою розробляють і вдосконалюють уже діючі засоби вимірювальної техніки: альфа-бета-гамма-нейтронний радіометр-дозиметр ДКС-96; портативні спектрометри «Прогрес-Спектр»; влаштування малого фону УМФ-2000, спектрометр енергії гамма-випромінювання – «СЕР-001 м», «АКП-С», «Лісовик» та ін.

Альфа-бета-гамма-нейтронний радіометр-дозиметр призначений для вимірювання дози і потужності еквівалентної дози рентгенівського і гамма-випромінювання у скв; вимірювання дози і потужності еквівалентної дози нейтронного випромінювання; вимірювання щільності потоку альфа-випромінювання; вимірювання щільності потоку бета-випромінювання та ін. Діапазон вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання становить  $0,1-1 \cdot 10^6$  мкЗв/год; еквівалентної дози гамма-випромінювання –  $1-1 \cdot 10^6$  мкЗв/год та ін.

Портативні спектрометри «Прогрес-Спектр» належать до нового покоління приладів, характерною властивістю яких є використання мікропроцесорної техніки для управління апаратурою і обробки спектра; автоматизація процесів вимірів і обробки спектра; автоматичний контроль за достовірністю результатів; можливість використання як в лабораторних, так і в польових умовах; можливість підключення до ПЕОМ.

Гамма-спектрометр сцинтиляційний «Спектр-гамма» дає змогу визначити вміст гамма-випромінюючих радіонуклідів у продуктах харчування, зразках ґрунту, будівельних матеріалах, лісоматеріалах та в інших об'єктах навколишнього середовища.

Бета-спектрометр сцинтиляційний «Спектр-бета» призначений для вимірювання вмісту стронцію-90 у продуктах харчування та інших пробах органічного походження.

За допомогою альфа-радіометра сцинтиляційного «Спектр-альфа» з'ясовується сумарна альфа-активність у пробах ґрунту, води і т.д. шляхом вимірювання певних зразків, підготовлених випарюванням, спалюванням, концентруванням.

Влаштування малого фону УМФ-2000 використовується для вимірювання сумарної альфа-бета-активності природної і питної води, а також сумарної активності бета-випромінюючих і сумарної активності альфа-випромінюючих нуклідів у пробах, отриманих після радіохімічної екстракції або концентрування.

Спектрометр енергії гамма-випромінювання сцинтиляційний «СЕР-

001 м», «АКП-С», «Лісовик» призначений для проведення експрес-контролю вмісту радіонуклідів в грибах, ягодах, фруктах, овочах та інших харчових продуктах, оскільки радіонукліди через трофічні ланцюги живлення з ґрунту переходять у рослини, з них – до тварини (або при споживанні рослинницької продукції до людей), з тваринницькою продукцією – до людей. Час контролю в секундах для грибів і ягід становить від 50 до 20; м'яса, риби – 10-140; молока – 25-100; фруктів – 35-370; картоплі – 45-460. Прилад має модифікації з електронними вагами і вмонтованим принтером – «СЕР-001 м», «АКП-С» та внесений у реєстри засобів вимірювальної техніки України, Російської Федерації, Білорусі.

Контролювання вмісту важких металів у об'єктах навколишнього природного середовища є важливим етапом у пізнанні його якісних характеристик. Такі інгредієнти є одними з найнебезпечніших забруднювачів, оскільки через розсіювання в атмосферному повітрі, у поверхневих водах важкі метали і радіонукліди потрапляють до органів дихання людини, а через продукти харчування, питну воду можуть спричинити захворювання.

*5.1.2. Сучасні методи, прилади та контроль-вимірювальна апаратура для проведення спостережень і здійснення контролю якості й стану атмосфери*

Визначення складу і якості атмосферного повітря є необхідним елементом комплексного аналізу параметрів навколишнього природного середовища. Повітря безпосередньо впливає на всі живі організми біосфери, а його стан є одним з основних предметів вивчення екології. Оскільки на атмосферу постійно діє безліч антропогенних факторів, методики її дослідження потребують метрологічного забезпечення досконалими засобами вимірювальної техніки.

Контролювання повітряного середовища передбачає аналіз внутрішнього і зовнішнього повітря (атмосфери). У другому випадку розрізняють первинні суміші в атмосфері (вміст кисню, азоту, аргону в повітрі), які зберегли протягом певного інтервалу часу свої фізичні та хімічні властивості, вторинні суміші, які утворились внаслідок перетворень первинних сумішей, а також фонові концентрації, які визначаються як середнє значення концентрацій, виміряних за певною програмою.

**Метрологічне забезпечення контролювання забруднення атмосфери** передбачає відбір проб, забезпечення атестованими методиками вимірювань, засобами вимірювальної техніки.

Хімічний склад об'єктів навколишнього природного середовища безперервно змінюється в часі та просторі. Тому відбір проб з об'єктів довкілля є необхідною складовою їх моніторингу. Помилки, допущені при

відборі проб, неможливо виправити експериментальними або розрахунковими методиками. Тому при відборі проб повітря, води, ґрунту слід дотримуватися таких вимог:

- об'єм або маса проби повинні повністю забезпечити можливість виконання запланованих лабораторних аналізів;
- проба або серія проб повинні бути характерними для досліджуваного природного об'єкта;
- відбір проб, зберігання, транспортування повинні здійснюватися так, щоб не змінювався вміст вимірюваних інгредієнтів.

За наявності у повітрі кількох хімічних речовин або їх певної характерної постійної суміші досліджують найшкідливіші та найхарактерніші складники. За наявності у повітрі складних сумішей невідомого складу необхідно проводити ідентифікацію речовин.

Вибір способу відбору залежить від агрегатного стану речовини (пара, газоподібний стан, тверді частки), її фізико-хімічних властивостей. Мікродомішки можуть перебувати в атмосфері у вигляді газів (аміак, азот), парів (спирти, кислоти), твердих речовин (нафталін, фенол). Одна і та сама речовина одночасно може бути присутньою у складі повітря в різних агрегатних станах (наприклад, пари і аерозолі).

Для санітарно-хімічного аналізу проби відбираються переважно **аспіраційним способом** – за допомогою пропускання досліджуваного повітря через рідке поглинаюче середовище, сорбенти, фільтри, на яких осідають забруднювальні домішки.

При короткочасних виробничих процесах за наявності високочутливих методів аналізу (газова хроматографія, атомна абсорбція) можливий відбір проб повітря у закритій ємності (шприци, поліетиленові пакети).

Відібрати домішки у вигляді газу, пари можна у рідкій поглинальній розчині, а також на зернистій сорбенті (активоване вугілля, полімерні сорбенти). Для концентрування з повітря шкідливих речовин у вигляді аерозолі (дим, туман, пил) використовуються різноманітні фільтри (паперові, мембранні). При відборі проб у рідкій поглинальній речовині аналізовані інгредієнти розчиняються або вступають у хімічну взаємодію з поглинальною речовиною (хемосорбція). Досліджуючи атмосферні забруднювачі, використовують хемосорбцію, яка забезпечує повноту поглинання у результаті створення нелетких сполук. Ефективність поглинання парів і газів великою мірою залежить від конструкції поглинальних приладів – абсорберів. Як поглинальні розчини застосовують дистильовану воду, органічні розчинники, кислоти, спирти, змішані розчини.

При низьких концентраціях шкідливих речовин у повітрі та недостатній чутливості методу аналізу проводиться концентрування речовин на твердих сорбентах. Речовини вловлюються на нерухомий або

на рухомий (киплячий) шар сорбенту. Оптимальний розмір зерен (часточок) сорбенту становить 0,25-0,5 мм. При відборі проб на рухомий шар як сорбент найчастіше використовується силікагель, оскільки його зерна мають достатню механічну міцність за умови, що речовини міцно утримуються на ньому, а при відборі на нерухомий шар – активоване вугілля, полімерні сорбенти, силікагель, синтетичні молекулярні сита (цеоліти).

Ефективність сорбції активованого вугілля становить: для ацетону – 80%; бензолу – 90-100%. Силікагель має такі властивості сорбції: анілін – 97%; бензол – 95-100%; нітробензол – 93%; метилетилкетон – 97%.

Перевагою таких сорбентів, як карбонат калію, сульфат міді є ефективна десорбція сконцентрованих мікродомішок, а також можливе переведення у розчин як самого сорбента, так і адсорбованих на його поверхні хімічних речовин.

Деякі тверді адсорбенти вибірково поглинають ті або інші хімічні речовини (цеоліти вибірково поглинають з повітря різні вуглеводи). Для ефективного відбору домішок використовується крихту із скла, оброблена спеціальним розчином.

При відборі з повітря нестабільних сполук та сполук, які швидко вступають в реакцію, використовується концентрування на охолодженому сорбційному влаштуванні, наприклад суміш льоду з водою (0°C), ацетон (-80°C), рідкий кисень (-183°C) та ін. Речовини, які перебувають у повітрі у вигляді диму, туману, пилу, можна концентрувати на фільтруючих волокнистих матеріалах. Деякі фільтри використовують при температурі навколишнього повітря від -20°C до +150°C зі швидкістю аспірації до 280 л/хв.

При дослідженні атмосферних забруднювачів визначаються максимальні разові концентрації та середньодобові, які характеризують середню за добу концентрацію. Для вимірювання максимально разової концентрації шкідливої речовини проби повітря відбираються впродовж 20-30 хв., а для дослідження середньодобової концентрації пробу повітря рекомендовано відбирати методом цілодобової аспірації або через визначені однакові проміжки часу.

Спостереження за забрудненням атмосфери проводяться на стаціонарних та пересувних постах. **Стаціонарні пости** призначені для проведення систематичних вимірювань з повним забезпеченням обладнання для безперервної реєстрації та визначення метрологічних показників. **На пересувних постах** спостерігають за безпосередньою дією промислових викидів. Відбір проб під факелом здійснюється на висоті 1,5 м від поверхні землі впродовж 20-30 хв. Інтервал між пробами становить 10 хв. Проби відбираються послідовно за напрямком вітру на відстанях від джерела викиду 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15; 20 км.

Основним способом відбору проб досліджуваного повітря є

пропускання його через **сорбційні влаштування** (поглинальний посуд, концентраційні трубки, фільтри) з певною швидкістю, яка реєструється.

Для автоматичного відбору разових і середньодобових проб атмосферного повітря розроблені **стаціонарні відбірні влаштування**. У приміщеннях, де можлива загроза вибуху, використовуються водяні аспіратори та інші спеціалізовані влаштування, на підприємствах хімічної промисловості – поршневі влаштування з дистанційним управлінням.

Для контролю вмісту шкідливих речовин (фосген, вінілхлорид, гідразин та ін.) у повітрі робочої зони, використовуються **індивідуальні пробовідбирачі**. Повітря проходить через індикаторну стрічку, яка переміщується, в результаті – пропорційно концентрації речовини у аналізованому об'ємі змінюється інтенсивність забарвлення.

Для швидкого проведення аналізу складу повітря (внаслідок аварії тощо) використовуються **експрес-лабораторії**, в яких прилади працюють від акумуляторних батарейок або електричної мережі на основі принципу активної дозиметрії. Пасивна дозиметрія ґрунтується на принципі вільної дифузії, тобто без примусового проходження досліджуваного повітря.

Основними елементами дозиметра є сорбент, дифузор і мембрана. Найчастіше як адсорбент використовується гранульоване або спресоване активоване вугілля, а також вугілля, нанесене на тканину або на целюлозний носій (вугільний папір), яке має меншу поглинальну здатність, практичніше у застосуванні. Дифузор обмежує вплив довкілля на стабільність роботи пасивного дозиметра. Як бар'єр, що перешкоджає негативному впливу змін параметрів повітря на роботу дозиметра, використовують мембрану. Вона повинна бути стійка до дії вологи, хімічно стійка, мати певну товщину, пористість та інші характеристики.

Після відбору проб повітря на твердий адсорбент або на інший фільтруючий матеріал необхідно видалити мікродомішки для подальшого кількісного аналізу. Основними способами видалення хімічних речовин із досліджуваної проби є екстракція розчинниками, термодесорбція та ін. Для вугілля використовують такі розчинники, як бензол, толуол, гексан, Н-бутанол та ін.

Ідентифікація мікродомішок проводиться за допомогою **чутливих кольорових реакцій та методик газової хроматографії** у поєднанні з іншими методиками досліджень. Ефективним способом ідентифікації є **методика застосування селективних детекторів**, які вибірково реєструють певний клас сполук (табл. 5.5).

**Хроматомаспектрометрія** є найнадійнішою методикою, яка дає змогу здійснювати індивідуальну і групову ідентифікацію домішок. Її використовують для розпізнавання складу летких сумішей (наприклад, робота зі змащувально-охолоджувальними рідинами).

Різноманітні прилади і методики, призначені для відбирання повітря у змінюваних умовах і з різною метою, дають змогу отримати результат



вимірювання з достатньою точністю.

Таблиця 5.5 – Типи детекторів та їх характеристики

Детектор	Клас сполук	Лінійний діапазон	Межа вимірів, г
Детектор йонізації вогню (ДІВ)	Органічні сполуки	$5 \cdot 10^6 - 7 \cdot 10^7$	$10^{-10}$
Детектор електронного захвату (ДЕЗ)	Галоген і кисневмісні сполуки	$10^1 - 10^2$	$10^{-12} - 10^{-13}$
Детектор фотойонізаційний	Органічні сполуки	$10^7$	$10^{-12}$

*Для аналізу повітря* використовуються різні фізико-хімічні методики: фотометрію, хроматографію, мас-спектрометрію, вольтамперометрію та ін. Найчастіше для аналізу повітря застосовується газова і рідинна хроматографію. Газова хроматографія є високочутливою, вибірковою та швидкою методикою аналізу повітря. Рідинна хроматографія використовується для кількісного та якісного аналізу поверхнево-активних речовин (ПАР), антиоксидантів, пестицидів, гербіцидів, лікарських препаратів, полімерів, амінокислот. Сучасні рідинні хроматографи укомплектовані високочутливими селективними детекторами з чутливістю від  $10^{-7}$  до  $10^{-10}$  г/мл (наприклад, хроматограф лабораторний рідинний серії «Цвет-300» (модель 304) призначений для аналізу органічних речовин, поглинаючих в ультрафіолетовій зоні спектра (250-400 нм)).

Йонна хроматографія діє на основі принципу елюентного йонообмінного розділення йонів.

Принцип мас-спектрометрії полягає в йонізації молекул органічних речовин під впливом різних факторів (хімічної йонізації, електронного удару та ін.) за збереження основної молекулярної структури. Утворені при розпаді збуджених молекулярних йонів частинки розділяються у мас-аналізаторі на пучки, які містять заряджені частинки певної маси і енергії та реєструються у вигляді відповідних мас-спектрів (наприклад, магнітний мас-спектрометр типу МІ-1201 виконує дискретний аналіз ізотопного складу газів і парів твердих речовин та контролює ізотопний склад газових сумішей у промислових умовах).

Вольтамперометрія полягає у використанні залежності сили струму від напруги при електролізі розчинів. Такий метод використовують для визначення речовин, які здатні до електрохімічного окислення або

відновлення. На практиці використовують йономіри і мілівольтметри типу рН-262, рН-340, ЕН-122.

**Визначення шкідливих речовин у повітрі із застосуванням індикаторних трубок** основане на лінійно-колористичному принципі – залежності довжини забарвленого шару від концентрації речовини. Значення концентрації знаходять за шкалою на індикаторній трубці – герметичній скляній трубці, заповненій твердою речовиною, обробленою реагентом. Досліджуване повітря проходить через індикаторні трубки за допомогою сифонних або поршневих насосів.

Перспективним є розроблення і удосконалення **автоматизованих вимірювальних комплексів**, які об'єднують прилади різноманітного функціонального призначення та дають змогу регулярно вимірювати концентрації шкідливих речовин, забезпечувати збирання і оброблення необхідних експериментальних даних.

Автоматизовані системи спостереження і контролю атмосферного повітря АСКНС-АГ або АНКОС-АГ призначені для постійного контролювання змінних у часі та просторі характеристик забруднення і метеорологічних параметрів повітряного простору. Залежно від характеру і обсягу виконуваних робіт їх поділяють на такі типи:

1) **Промислові системи.** Вони контролюють викиди промислових підприємств, ступінь забруднення промислових майданчиків і прилеглих до них територій. Ці системи оснащені датчиками для фіксування характерних інгредієнтів викидів підприємств, а також метеодатчиками, які розміщують з урахуванням шкідливості викидів, рози вітрів, особливостей розміщення житлових масивів;

2) **Міські системи.** Вони призначені для контролювання рівня забруднення повітря міста викидами підприємств, транспорту, для вимірювання метеопараметрів. За допомогою міських систем встановлюється ступінь забруднення територій з урахуванням сезону року і кліматичних факторів, прогнозуються небезпечні ситуації. Міська система автоматичного спостереження і центр оброблення даних забезпечують систематичне вимірювання заданих параметрів, автоматичний збір інформації з автоматизованих станцій спостереження, оперативне оцінювання ситуації тощо. З цією метою створені комплексні лабораторії (типу ІАЗ-1), стаціонарні та пересувні лабораторії («Пост-І», «Атмосфера-П»), автоматизовані системи контролю забруднення атмосфери («Воздух-І») та ін. Наприклад, контрольно-вимірювальний комплекс типу «Пост-І», на якому вимірюються концентрації оксиду вуглецю, діоксиду сірки, пилу, фенолу, діоксиду азоту, фтороводню, хлору, сірководню, використовується у системі гідрометеослужб, на санітарно-епідеміологічних станціях і промислових підприємствах.

Автоматизовані системи спостереження і контролю якості атмосферного повітря оснащені автоматичними системами відбору проб та

приладами автоматичного визначення і вимірювання вмісту забруднювальних речовин (газоаналізаторами). Найчастіше використовуються газоаналізатори різних типів для визначення діоксиду сірки, оксиду вуглецю, оксидів азоту, вуглеводнів і озону.

Натепер розроблена велика кількість модифікацій газоаналізаторів, призначених для виявлення вмісту і концентрацій різноманітних речовин.

За допомогою ртутного аналізатора РА-915 визначається вміст ртуті у атмосферному повітрі, природних і технічних газах, воді, ґрунті, руді та ін. на рівні фонових значень (діапазон вимірювальних концентрацій становить  $5\text{н}-2\times 10^5$  нг/м). Аналізатор газортутний екологічний 9ГРА-01 призначений для вимірювання вмісту ртуті у атмосферному і підґрунтовому повітрі при моніторингу забруднення навколишнього середовища, санітарному нагляді за виробничими і житловими приміщеннями, контролі технологічних процесів та ін.

Портативні газоаналізатори testo 300M і testo 300XL виконують оперативні вимірювання:  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $^\circ\text{C}$ , тиску у промислових газах і викидах та у повітрі робочої зони.

За допомогою газоаналізатора MSI Compact контролюється вміст  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , тиск і швидкість виходу газів.

Газодозиметр Multiwarn II призначений для оперативного контролювання концентрації  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{COCl}_2$  (фосген),  $\text{PH}_3$  (фоефин), етилен-оксиду та інших речовин у промислових викидах, при технологічних процесах, на робочих місцях і за екологічного моніторингу. Прилад працює при температурі навколишнього середовища від  $-20$  до  $40^\circ\text{C}$  (короткочасно до  $55^\circ\text{C}$  із збільшенням похибки вимірів) і відносній вологості від 10 до 95%.

Газоаналізатор «Грант» дає змогу контролювати вміст аміаку, хлору, фтористого і хлористого водню в атмосфері цехів промислових підприємств і в технологічних потоках газових викидів.

Оптико-акустичний газоаналізатор «Кедр» автоматично безперервно вимірює вміст ацетилену, метану, монооксиду і діоксиду вуглецю у технологічних газових сумішах, промислових викидах і вихлопних газах автомобільних двигунів.

Газоаналізатор «Клен-2» здатен безперервно контролювати концентрації окислів азоту у повітрі. Дія приладу основана на перетворенні інтенсивності люмінесцентного випромінювання, яке виникає при реакції  $\text{NO}$  з  $\text{O}_3$ , що надходить.

Серія газоаналізаторів «Гамма-10», «Гамма-100», «Гамма-1000» призначена для вимірювання вмісту вуглеводнів у промислових викидах і у повітрі виробничих приміщень. Робота приладів ґрунтується на вогневій йонізації при спалюванні органічних речовин у вогні водню і збирання йонів, які утворились.

Сприяє дотриманню правил техніки безпеки сигналізатор витоку

горючих газів і парів «Сигнал-02». Він дає змогу виявити метан, пропан-бутанові та інші газові і парові вуглеводні суміші з повітрям при визначенні місця їх витікання, тому ним оснащують персонал комунальних служб для роботи у підвальних приміщеннях, колекторах, де можуть накопичуватись горючі і шкідливі гази.

Автоматичний оптико-акустичний газоаналізатор ГМК-3 (рис. 5.2) призначений для вимірювання у повітрі концентрації оксиду вуглецю. Принципом дії є поглинання випромінювання інфрачервоного діапазону хвиль з центром смуги поглинання 4,7 мкм приймачем – замкнутою камерою, заповненою сумішшю оксиду вуглецю з аргоном. При поглинанні випромінювання оксиду вуглецю у приймачі виникають пульсації температури і тиску, які сприймаються мікрофоном і перетворюються на електричні сигнали. Пульсації тиску виникають внаслідок модуляції випромінювання механічним обтюратором. Амплітуда коливань пропорційна вмісту оксиду вуглецю у газовій суміші, що аналізується.

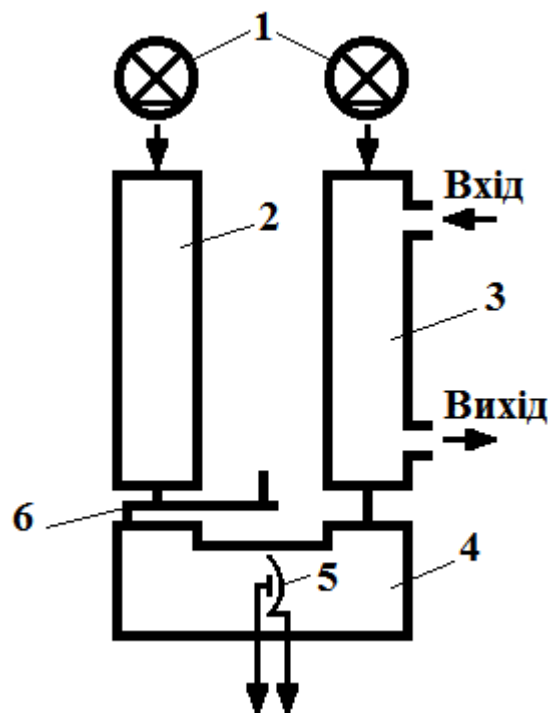


Рис. 5.2 – Принципова схема оптико-акустичного газоаналізатора:

*1* – джерело випромінювання; *2* – порівнювальна кювета; *3* – кювета з газовою сумішшю, що аналізується; *4* – оптико-акустичний приймач; *5* – мікрофон; *6* – обтюратор

Автоматичний хемілюмінесцентний газоаналізатор 645-ХЛ всіх модифікацій призначений для інструментального контролю оксиду азоту

NO, діоксиду азоту NO<sub>2</sub> і суми оксидів азоту NO<sub>x</sub>. В основу методу покладена реакція озону з оксидом азоту, внаслідок якої утворюється діоксид азоту в збудженому стані:  $NO + O_3 > NO_2^* + O_2$ .

Газоаналізатори 645-ХЛ можуть працювати у складі автоматичних станцій контролю забруднення атмосферного повітря, а також в автономному режимі в лабораторіях типу «ПОСТ» та інших лабораторних приміщеннях.

Автоматичний газоаналізатор 623-НН призначений для забезпечення інструментального контролювання суми вуглеводнів. Основою принципу дії газоаналізатора є полуменево-йонізаційний метод. Концентрація вуглецю у повітрі визначається за зміною струму полуменево-йонізаційного детектора (ПД), який збільшується при введенні в полум'я водню органічних речовин. Високоомний вимірювальний перетворювач перетворює струм йонізації у вихідну напругу.

Отже, використання автоматичних засобів контролювання якості атмосферного повітря, зокрема автоматичних газоаналізаторів, дає змогу оцінювати і прогнозувати стан приземного шару повітря.

У повітрі поряд з іншими домішками постійно присутній пил, що складається з газової і твердої дисперсної фаз. Характерними його особливостями є здатність осідати під дією сили тяжіння, а також знову переходити в рухомий стан внаслідок дії вітру, повітряного потоку та ін. Небезпечною є наявність певних видів пилу (кам'яного вугілля, барвників, пестицидів) при технологічних процесах, що може призвести до виникнення пожеж та вибухів (шахти з добування кам'яного вугілля). Найнебезпечнішим вважають пил, утворений з часточок розміром менше 2 мкм. Контролювання вмісту пилу у газоповітряній суміші та атмосферному повітрі дає змогу оцінювати ефективність роботи газоочисного устаткування, обирати необхідний ступінь очищення, вдосконалювати технічні процеси.

Методики вимірювання концентрації пилу поділяють на **методики, основані на попередньому осадженні**, і **методики без попереднього осадження пилу** (безпосередні виміри у самій суміші з повітря, газів, пилу). Істотною перевагою першої методики є здатність вимірювати масову концентрацію пилу, утвореного з різних складових. Другому методу властиві практичність та безперервність процесу вимірів, висока чутливість, але за його допомогою важко визначити дисперсний склад пилу (розміри складових часток пилу).

Для промислового контролювання пилу використовуються методики, які ґрунтуються на попередньому осадженні пилу, якщо його параметри змінюються в широких межах протягом певного часу. При цьому складним процесом є отримання проби (на відбір проби впливає багато різних факторів). Методики без попереднього осадження (оптичні, електричні) дають змогу миттєво виміряти концентрацію пилу та її зміни у

часі.

Середовище з пилу і газів є досить нестійким, його не можна описати одним або двома параметрами. Пил майже завжди є полідисперсним, тобто характеризується спектром розмірів частинок від  $10^{-2}$  до  $10^2$  мкм, інтервал концентрацій перебуває в межах від  $10^{-8}$  до  $10^5$  мг/м<sup>3</sup>. Фізико-хімічні властивості пилу можуть бути найрізноманітнішими і змінюватись у часі.

Для вимірювання концентрацій пилу у повітрі використовують спеціальні прилади – *пилеміри* (для вимірювання концентрації пилу в атмосферному повітрі та промислових приміщеннях і для вимірювання концентрації пилу у різноманітних газових викидах промислових підприємств). Пилеміри, які належать до першої групи, вимірюють зміни мікроконцентрації різноманітних домішок впродовж певного часу і внаслідок впливу природних факторів. Друга група пилемірів призначена для вимірювання великих концентрацій з широким спектром частинок (0,05-100 мкм), при різній швидкості виходу (до 40 м/с) газоповітряної суміші та з різною температурою (до 1200°C).

У пилемірах використовують тільки фізичні методи вимірювання. Пилеміри першої групи повинні відповідати таким вимогам: безперервність вимірювань; автоматизація процесу вимірювань; похибка вимірів не повинна перевищувати  $\pm 10\%$  від ГДК; реєстрація результатів вимірів; нечутливість до параметрів навколишнього середовища; простота конструкції та ін. Пилеміри, призначені для контролювання промислових викидів, повинні відповідати додатковим вимогам: мала інерційність; лінійність градуїрованої характеристики; можливість отримання середніх значень (наявність інтегруючого блоку); наявність попереджувальної сигналізації; пристосованість до певних умов; конструктивні характеристики та ін.

Метрологічні характеристики пилеміра переважно визначаються характеристиками первинного вимірювального перетворювача. Різницею між дійсними і номінальними характеристиками перетворювача є похибка пилеміра, зумовлена властивостями пилу (основна похибка), впливом зовнішніх величин (додаткова похибка) та ін. Для градуювання пилемірів використовують «еталони» пилу. У якості «еталонів» використовують монодисперсні сферичні частинки (штучні, природні), наприклад пилок з розмірами частинок 12, 20, 50 і 90 мкм.

Періодичну повірку пилемірів проводиться із використанням повірочного блоку як стосовно окремих його частин, так і стосовно приладу загалом.

### *5.1.3. Сучасні методи, прилади та контрольовані-вимірювальна апаратура для проведення спостережень і здійснення контролю якості й стану водних екосистем*

Отримання оперативної і точної інформації про стан водних ресурсів неможливе без метрологічного забезпечення засобами вимірювальної техніки, стандартами, методиками робіт з контролю водних ресурсів.

Метрологічне забезпечення контролювання якості води передбачає вирішення таких завдань: визначення необхідного ступеня очищення стічних вод; прогнозування якості води на перспективу; забезпечення робіт необхідною вимірювальною, лабораторною, нормативною базою; встановлення у певному створі необхідного ступеня очищення та ін.

Контролювання якості води сприятиме отриманню інформації про стан водних об'єктів і, як наслідок, прийняттю правильних управлінських рішень, пов'язаних з охороною довкілля і користуванням природними ресурсами.

Інгредієнти природних об'єктів, зокрема водних ресурсів, часто можуть перебувати у різному агрегатному стані, хімічних формах, які мають неоднакові фізико-хімічні властивості або вміст домішок може бути настільки малий, що унеможливить визначення без попереднього відокремлення і концентрування.

Особливості відбору проб з природних водних об'єктів зумовлюються метою, завданням досліджень, типами водних об'єктів і проводяться відповідно до програми моніторингу (спостережень) – теоретично і експериментально визначеної оптимальної кількості показників та послідовності досліджень, які дають змогу отримати повну і достовірну інформацію про якість води в певному місці у визначений час.

Моніторинг якості поверхневих вод передбачає організацію стаціонарної мережі пунктів спостережень за природним складом і забрудненням поверхневих вод та спеціалізованої мережі пунктів спостережень за забрудненими водними об'єктами. При цьому слід дотримуватися метрологічних вимог, які регламентують об'єм, місце відбору, консервацію, транспортування, зберігання проб, які, як правило, наводяться у стандартизованих методиках щодо кожного конкретного випадку, наприклад стандарти ISO: ISO 5667-4:1987; ISO 5667-5:1991; ISO 5667-6:1990.

Об'єм проби води для аналізу визначається з урахуванням кількості визначуваних інгредієнтів, чутливості обраних методик аналізу та особливостей підготовки проб до аналізу.

Місце відбору проб має важливе значення при аналізі води річок і водосховищ, оскільки в них концентрації хімічних інгредієнтів можуть змінюватися з огляду на площу, глибину і час. Наприклад, концентрації розчинного кисню, органічних сполук на відкритих ділянках водосховищ і

в заростях макрофітів помітно різняться.

Відбір проб води може бути одноразовим, серійним, змішаним.

**Одноразовий відбір проб** використовується переважно при аналізі глибинних підземних вод, хімічний склад яких є досить сталим у часі, просторі і глибині. Такий відбір необхідний також для періодичного контролювання якості води природного водного об'єкта, закономірності зміни концентрацій інгредієнтів якого уже досліджені й з'ясовані.

**Серійний відбір проб** забезпечує регулярною інформацією завдяки узгодженню місця і часу відбору та кількості спостережень. Найпоширенішими варіантами серійного відбору проб води є такі:

- відбір води через певні проміжки часу (година, день, декада, сезон);
- зональний відбір (за певною схемою точок відбору);
- узгоджений відбір проб (після скидів, для вивчення біологічних, фізико-хімічних процесів у водоймах).

**Змішані проби** відбираються одночасно в різних місцях досліджуваного водного об'єкта або в одному місці через визначені проміжки часу. Такі проби характеризують середній хімічний склад води певного об'єкта в просторі або за встановлені проміжки часу.

Проби з річок відбираються у місцях найшвидшої течії, оскільки у рукавах або перед греблею хімічний склад води може помітно відрізнитися від середнього складу, характерного для цього водного об'єкта. Проби відбираються під поверхнею води, як правило, на глибині 20-30 см.

Проби із водосховищ і озер відбираються на стаціонарних точках, як правило, на двох глибинах – поблизу поверхні (0,2-0,5 м) і поблизу дна. На проміжних глибинах проби відбираються в залежності від задачі досліджень.

Хімічний склад атмосферних опадів формується переважно в повітрі, тому проби дощової води вловлюються лійками впродовж визначеного періоду досліджень. Якщо необхідно визначити середній хімічний склад дощової води, то її відбирають впродовж усього часу випадання дощу. За необхідності визначити якість чистої дощової води проба відбирається через 5-10 хв. після початку дощу.

Метою консервації проб води є збереження її фізичних властивостей і хімічного складу в такому стані, в якому вони були на момент відбору проби. Консервація проводиться тоді, коли неможливо виконати аналіз на місці відбору проби. Однак консервація не може повністю запобігти змінам хімічного складу, тому визначення фізичних властивостей та хімічного складу законсервованих проб рекомендовано проводити наступного дня, але не пізніше ніж на третій день після відбору проби води. Найпоширенішими консервантами води є такі:

- 5 мл концентрованої  $\text{HNO}_3$  на 1 л води при визначенні йонів:  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ , Cr (III, VI);



- 1 мл концентрованої  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на 1 л води при визначенні: хімічного споживання кисню,  $\text{N}_w$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$ ,  $\text{N}_{\text{орг}}$ ;

- 2-4 мл хлороформу на 1 л води при визначенні кольоровості,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , фосфатів та синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР).

За необхідності вдаються до спеціальних способів консервації, для того щоб зберегти інгредієнти з певними хімічними властивостями. Наприклад, для визначення загального вмісту заліза проба консервується, додаванням 25 мл концентрованої  $\text{HNO}_3$  на 1 л води.

Відбір проб питної води здійснюється згідно з ГОСТ 24481-80-«Вода питна. Відбір проб», який встановлює правила відбору, транспортування і зберігання проб води, яка подається централізованими системами господарсько-побутового водопостачання. Згідно зі стандартом проби води слід відбирати перед потраплянням її в розподільчу мережу, а також у самій мережі. Проби відбираються в хімічно чистий посуд, виконаний з матеріалу, який може контактувати з питною водою. Проби, призначені для аналізу на вміст органічних речовин, відбираються тільки у скляний посуд. Відбір проби виконується після 15-хвилинного спускання води при відкритому крані. Аналізується проба в день відбору зразків (табл. 5.6).

Для транспортування проби води відбираються у скляний або поліетиленовий посуд, що герметично закривається. При цьому у тарі не повинно бути повітря (ємності заповнюються водою вщерть).

Проби не можна консервувати при визначенні багатьох показників (у дужках зазначена допустима тривалість збереження води): температури, Eh,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , кислотності, лужності, озону, хлору, сульфідів; розчиненого кисню (фіксуються одразу); смаку, запаху, кольоровості (2 години); біохімічного споживання кисню (1 доба); зависей, прозорості, каламутності, розчинених речовин, рН, жирних кислот (1 доба), ароматичних вуглеводнів; фенолів (5 діб);  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , боратів (до 3 діб). На практиці в охороні довкілля використовують державні стандарти України: ДСТУ 3913-99. «Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Пробовідбірники автоматичні для відбору усереднених проб природних та стічних вод. Загальні технічні вимоги і методи випробувань»; ДСТУ 3920-99. «Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Пробовідбірники автоматичні для відбору усереднених проб природних та стічних вод. Загальні технічні вимоги і методи випробувань».

Такі стандарти поширюються на автоматичні пробовідбірники природних та стічних вод (пристрої для автоматизованого відбору та зберігання проб природних і стічних вод), а також на ті, що входять до систем контролю складу і властивостей природних та стічних вод і встановлюють вимоги щодо їх розроблення, виготовлення та експлуатації.

Винятком є пробовідбірники для відбору проб вод з метою бактеріологічного та вірусологічного аналізу, а також для визначення вмісту розчинених газів.

Таблиця 5.6 – Способи консервування і умови зберігання проб питної води (приклад)

Визначуваний інгредієнт	Об'єм проби, см <sup>3</sup>	Кількість консерванту на 1 л проби	Посуд	Термін і умови зберігання проб
Залишковий озон	1000	Не консервують	Скляний	Не зберігають. Визначення проводять на місці відбору
Залишковий хлор	500	-//-	-//-	-//-
pH	200	-//-	Скляний або пластиковий	Не зберігають. Визначення проводять не пізніше ніж через 2 год. після відбору
Смак, запах при 60°C, колірність	500	-//-	Скляний	-//-
Поліфосфати	500	2-4 мл хлороформу	Скляний або поліетиленовий	Зберігають у холодильнику. Визначення проводять не пізніше ніж через 24 год. після відбору
Нітрати	200	2-4 мл хлороформу	-//-	Зберігають у холодильнику. Визначення проводять не пізніше ніж через 72 год. після відбору

Пробовідбірники відбирають проби в одну або кілька пробовідбірних посудин відповідно до вимог нормативних документів. Під час експлуатації пробовідбірників з кількома пробовідбірними посудинами повинна забезпечуватися черговість їхнього заповнення, не слід допускати змішування проб. Матеріал, з якого виготовляють пробовідбірники, повинен бути хімічно стійким і не змінювати складу і властивостей проби. Умови випробувань і засоби вимірювальної техніки, які застосовуються під час випробувань, повинні бути вказані в технічних умовах на

пробовідбірники конкретного типу. При відборі зразків на аналізи часто використовуються спеціальні прилади та посуд (переносний відбірник проб ПВП-04; фторопластові пробовідбірні системи; спеціальні ємності для рідини, газів).

Вимірювання всіх показників, які визначають якість води, неможливе без точного дотримання всіх правил відбору проб.

Важливим етапом і однією з передумов отримання повної і точної інформації про домішки та речовини, які містяться у водних пробах, є концентрування.

**Концентрування** – зменшення обсягу розчинника (зокрема, води) з метою виявлення і аналізу наявних у ньому інгредієнтів.

До проведення концентрування доцільно профільтрувати або пропустити воду через центрифугу, для того щоб позбутися нерозчинних сполук, які завжди містяться у природних і стічних водах. Це особливо важливо при визначенні сполук йонів металів, оскільки вони сорбуються на зависях та колоїдних частках.

Концентрування проводять за двома групами методик.

Перша передбачає **випарювання** – дію на пробу високих температур та **виморожування** – дію на пробу низьких температур, які зменшують загальний об'єм води і, як наслідок, збільшують концентрації всіх інгредієнтів. Недолік цих методик полягає в тому, що у разі значної концентрації головних йонів, вони випадають в осад у вигляді солей, наприклад  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  тощо. При випарюванні з проби води можуть відганятись леткі органічні сполуки.

Для підвищення концентрації зразка мінерального складу методом випарювання використовують електроплитки та інші джерела теплової енергії. Але при цьому у розчині збільшується концентрація таких елементів, як Na, Mg, K, Ca, що завжди присутні у пробах. Підвищений вміст таких елементів призводить до значних похибок результатів вимірів. Вирішити проблему дає змогу застосування блоку БПІ-01 (російського виробництва), принцип дії якого передбачає використання йонообмінних смол.

Виморожування також впливає на хімічний склад проби води. За 30-40 хв. виморожування об'єм проби можна зменшити у 5-6 разів. Однак на практиці не рекомендується проводити виморожування із зменшенням об'єму у 8-10 разів, оскільки при цьому значна кількість розчинених у природній воді речовин переходить у фазу льоду.

До другої групи належать методи концентрування, які ґрунтуються на екстракції, сорбції, співосажденні або електрохімічному виділенні мікрокомпонентів без зміни загального об'єму проби води. Вони є ефективнішими порівняно з випарюванням або виморожуванням.

**Екстракційне концентрування** полягає в тому, що певний об'єм природної води збовтують у ділильній лійці з меншим об'ємом

органічного розчинника, який практично не змішується з водою, до встановлення рівноваги. Мікрокомпоненти у вигляді органічних сполук або комплексів йонів металів, які у неводному розчиннику розчиняються краще, ніж у воді, переходять в органічну фазу. Екстракційне концентрування переважно застосовується для вилучення з природної води органічних сполук і йонів металів у вигляді їх комплексів з органічними лігандами. Ці інгредієнти можна потім визначити безпосередньо як в екстракті, так і після реекстракції у водному середовищі.

**Сорбційне концентрування** проводиться на молекулярних і йонообмінних сорбентах у статичних або динамічних умовах. При концентруванні у статичних умовах до проби природної води додається певна кількість сорбенту і витримується впродовж 20-30 хв. при інтенсивному перемішуванні. Як молекулярні сорбенти найчастіше використовується силікагель, активоване вугілля, оксид алюмінію.

**Співосадження** – це процес захоплення мікродомішок йонів певним осадам в умовах, коли ці йони самі не утворюють малорозчинних сполук. Механізм співосадження найчастіше полягає в адсорбції (оклюзії) мікродомішок твердою фазою осаду, який називається колектором. При аналізі природних вод застосовують різні колектори: гідроксиди магнію і заліза, діоксид мангану тощо. Співосадження переважно застосовується для концентрування мікрокількостей йонів металів.

Інверсійна вольтамперометрія з нагромадженням є ефективним методом концентрування і визначення мікрокількостей металів у природних водах. Концентрування йонів металів здійснюється за допомогою попереднього електролізу на висячому ртутному краплинному електроді або твердих електродах. Електроліз проводиться при інтенсивному перемішуванні розчину протягом 30-40 хв. при потенціалі катоду значно більш від'ємному, ніж потенціали полярографічних напівхвиль визначуваних йонів металів. При цьому досягається практично повне виділення та концентрування на катоді йонів визначуваних елементів у вигляді атомів нульового ступеня окислення, твердих розчинів, хімічних або інтер-металічних сполук.

Підготовка проб для визначення вмісту важких металів полягає, як мінімум, у мінералізації аналізованої проби, концентруванні та подальшому вимірюванні. При аналізі водних проб (питної, очищеної стічної, природної) цілком достатньо усунути вміст біоти. Для кожної операції розроблені й затверджені методики та відповідне обладнання.

Біота з водних проб усувається за допомогою додавання азотної кислоти у пробу або ультрафіолетового опромінення. Перший варіант застосовується у методиці атомно-абсорбційної спектрометрії, рідше – у методиках полярографії та інверсійної вольтамперометрії. Ультрафіолетове опромінення дає змогу за кілька хвилин позбавитись біоти і органіки у водних пробах із збереженням їх початкової кислотності.

Концентрування використовується тоді, коли вміст вимірювальних елементів менший від нижньої межі визначення аналітичного приладу. Найчастіше вдаються до хімічного і апаратного концентрування. Хімічне концентрування ґрунтується на селективному пов'язуванні елементів, які необхідно дослідити, у нерозчинні комплекси з їх подальшою фільтрацією і висушуванням. Такий метод використовується для рентгенофлуоресцентного аналізу, але він непридатний для інших методів аналізу, де необхідний рідкий зразок мінерального складу. При відборі проб та їх підготовці до аналізу слід зважати на специфіку досліджуваних водних ресурсів, час доби, швидкість течії, глибину акваторії тощо. На практиці використовуються стандартизовані методики, які забезпечують достовірні результати

*Автоматизовані системи контролю якості* призначені для визначення стану водних об'єктів, під яким розуміють кількісні та якісні показники відповідності критеріям природного стану водного об'єкта або критеріям водокористування. Як правило, такі роботи здійснюються згідно з системами моніторингу (спостереження за станом природної води та її оцінка) на пунктах контролю якості води водойм або водотоків.

*Автоматизована система контролювання поверхневих вод* (АСК ПВ) – комплекс технічних засобів, що вимірюють у часі та просторі фізичні, хімічні й біологічні показники якості води, передають інформацію на центральний пункт управління і попереджають про порушення норм водокористування.

Автоматизовані системи дають змогу автоматично здійснювати відбір проб води, вимірювання, оброблення і передавання інформації. Найпоширенішими з них є автоматизована система контролю якості природних вод (АСК ПВ, згідно ДСТУ 3831-98. «Охорона навколишнього середовища. Автоматизовані системи контролю якості природних вод. Типи та основні вимоги»); автоматизована система контролю якості води АСЯНС-ВГ (автоматизоване спостереження якості навколишнього середовища – водний горизонт, створена в системі Держкомгідромету); автоматизована станція контролю якості води (АСКЯВ) та ін. Різні типи АСК ПВ, залежно від виконуваних етапів моніторингу, призначені для оцінювання стану водних об'єктів, виявлення порушень норм якості води, прогнозування стану водних об'єктів. Діють також комбіновані системи, які виконують кілька етапів моніторингу. Виявлення відхилень від норм якості води є основним завданням усіх типів АСК ПВ.

Залежно від складу і кількості об'єктів, що належать до АСК ПВ, вони поділяються на прості системи контролю якості води в одному пункті водного об'єкта, які мають лише одну станцію контролю, і складні басейнові системи, що охоплюють велику кількість станцій контролю, тобто весь річковий басейн.

АСК ПВ виконують функції відбору і транспортування проб води;

консервування та зберігання проб (пробовідбірники, лабораторні методики зберігання та консервування проб води); вимірювання показників кількості й якості води (автоматичні станції контролю, засоби вимірювальної техніки); реєстрації і сигналізації (індикатори, сигналізатори (звукові, світлові), засоби реєстрації); введення даних; оброблення (персональні ЕОМ, мережі) і передавання інформації (лінії зв'язку, засоби радіозв'язку).

Для кожної АСК ПВ залежно від обсягу робіт, які на ній повинні виконуватися, встановлюються критерії оцінки досягнення мети і правила визначення таких критеріїв, тобто конкретні кількісні показники, наприклад ГДК речовин.

АСК ПВ надають результати вимірювань у такій формі:  $C$ ;  $D$  від  $D_H$  до  $D_B$ ;  $P$ , де  $C$  – результат вимірювання в одиницях вимірювальної величини у міжнародній системі одиниць;  $D$ ,  $D_H$ ,  $D_B$  – похибка вимірювання  $D$  з її нижньою  $D_H$  і верхньою  $D_B$  межами, в тих самих одиницях;  $P$  – значення ймовірності, з якою похибка вимірювання перебуває в цих межах.

З метою забезпечення єдності вимірювань в АСК ПВ повинна бути встановлена єдина ймовірність похибок вимірювання для всіх засобів вимірювальної техніки, застосовуваних для вимірювання кожного з показників. Рекомендоване значення ймовірності  $P$  похибок вимірювання дорівнює 0,95 для хімічних і фізичних показників та 0,90 – для санітарно-епідеміологічних показників. Так, наприклад, нормативи точності при визначенні компонентів у питній воді (ГОСТ 2874-82. «Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль якості») наведені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Нормативи точності при визначенні компонентів, показників

Назва показників	Діапазон значень визначуваного показника	Допустиме відносне середньо-квадратичне відхилення, %
Хлор-йон ( $Cl^-$ ), мг/дм <sup>3</sup>	До 150,0 включно понад 150,0	30 10
Нітрат-йон ( $NO_3^-$ ), мг/дм <sup>3</sup>	До 10,0 включно понад 10,0	30 20
Фтор ( $F^-$ ), мг/дм <sup>3</sup>	До 0,3 включно понад 0,3	30 20

Поріг чутливості  $C_H$  засобів вимірювальної техніки повинен відповідати формулі

$$C_H + D_B < \text{ГДК}. \quad (5.1)$$

Похибка вимірювання показників в АСК ПВ характеризується верхньою  $D_B$  та нижньою  $D_H$  межами допустимого інтервалу і заданою довірчою ймовірністю для одноразових вимірювань або середнім квадратичним відхиленням для багаторазових вимірювань.

АСКЯВ дають змогу без участі людини швидко отримувати, опрацьовувати, зберігати і передавати інформацію про фізичні властивості й хімічний склад поверхневих вод. У табл. 5.8 наведено показники якості води, які можуть бути рекомендовані для автоматичних визначень, у табл. 5.9 – показники, які можна визначити автоматичним методом контролю, а в табл. 5.10 – методики, які використовують для автоматизації аналізу поверхневих вод.

Таблиця 5.8 – Характерні показники якості води, які можуть бути рекомендовані для автоматизованих визначень

Характерні показники	Властивості води та інгредієнти, що вимірюються
Мінеральні речовини	$Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $Na^+$ , $Cl^-$ , $SO_4^{2-}$ , $HCO_3^-$
Органічні речовини	Загальний органічний вуглець, БСК, розчинений кисень
Показники евтрофікації	Первинна продукція та деструкція +або хлорофіл; розчинений кисень; $NH_4^+$ , $NO_3^-$ , $NO_2^-$ , $N_{заг}$ , $PO_4^{3-}$ , $P_{заг}$
Показники токсичності	Специфічні біологічні тести (водні організми, ферментативні реакції)
Специфічні забруднювальні речовини	Важкі метали (Hg, Pb, Cd, та ін.), пестициди, нафтопродукти, феноли, СПАР
Загальні показники	Температура, рН, електрична провідність, окисно-відновний потенціал, завислі речовини

За кордоном розроблені різноманітні автоматичні системи контролю забруднення водного середовища. Найпоширенішими є автоаналізатори, принципом дії яких є дискретний метод аналізу. Загальними для всіх систем є модульна побудова, простота обслуговування і сумісність вихідних сигналів з ЕОМ. Різняться системи кількістю і складом параметрів, які підлягають контролюванню.

Сучасні аналізатори контролю якості води ґрунтуються на використанні фізико-хімічних методик аналізу: потенціометричних, спектрометричних, полярографічних, кондуктометричних, а також низки інших методик та їх різноманітних комбінацій. У вітчизняній практиці

найпоширеніші аналізатори АМА-201 і АМА-201А.

Таблиця 5.9 – Показники якості поверхневих вод, які можна визначити автоматичним методом контролю

Характерні показники	Властивості води та інгредієнти, що вимірюються
Органічні речовини	Сума органічних речовин
Показники евтрофікації	Хлорофіл, сума мікрроводоростей, $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$
Специфічні забруднювальні речовини	Нафтопродукти (плівка)
Загальні показники	Температура, електрична провідність, завислі речовини

Таблиця 5.10 – Методи, які використовуються для автоматизації аналізу поверхневих вод

Метод	Показники, що вимірюються
1	2
Електрохімічні методи	
Потенціометрія (нонометрія)	pH, Eh, $\text{Cl}^-$ , $\text{F}^-$ , $\text{Na}^+$ , $\text{NO}_3^-$ та ін.
Кулонометрія (кулонометричне титрування)	$\text{NH}_4^+$ , $\text{N}_{\text{заг}}$ , As, Se, Sb, U, органічні сполуки
Кондуктометрія (кондуктометричне титрування)	Питома електрична провідність води, загальна мінералізація, деякі йони ( $\text{SO}_4^{2-}$ , Cd, Pb, Cu, Sb, Bi, As та ін.), $\text{O}_2$ (розчинений кисень, первинна продукція та деструкція БСК); органічні речовини (пестициди, феноли)
Полярографія (хронопотенціометрія)	
Спектрометрія	
Фотоколориметрія	Головні йони ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ ), біогенні речовини, важкі метали, феноли, ХСК
Уф-спектроскопія	Загальний органічний вуглець



Продовження табл. 5.10

1	2
ІЧ-спектрофотометрія	Органічні речовини (лігнін, нафтопродукти та ін.)
Люмінесценція (флюорисценція)	Органічні речовини (гумусові речовини, хлорофіл та продукти його розпаду, нафтопродукти), канцерогенні речовини
Атомна абсорбція	Важкі метали (Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Cd, Bi, Hg), лужні та лужноземельні метали
Рентген-спектрометрія	As, Se, Te, Bi та ін.
Хроматографія	
Газорідинна хроматографія	Органічні речовини (пестициди, вуглеводні, органічні кислоти, аміни та ін.)
Комбіновані органічні речовини	
Хроматомас-спектрометрія	Органічні речовини
Газова (колонкова, тонкошарова) хроматографія +УФ-(ІЧ-, люмінесцентна) спектрометрія	Нафтопродукти
Фотохімічне (хімічне) спалювання + ІЧ-спектрометрія (кулонометрія)	Загальний органічний вуглець
Фотохімічне (хімічне) спалювання + фотоколориметрія	Загальний органічний фосфор, загальний органічний азот

Використання автоматизованих систем контролю якості води, аналізаторів контролю якості води та засобів вимірювальної техніки дає змогу вимірювати різноманітні параметри водних об'єктів, своєчасно приймати управлінські рішення для унеможливлення появи екологічних негараздів.

Автоматизування аналізу якості водних об'єктів також сприяє уникненню похибок, спричинених людським фактором, за умови використання справних АСК ПВ.

Особливістю хімічних, фізико-хімічних і фізичних методик аналізу є те, що вимірюваний аналітичний сигнал, адекватний концентрації (вмісту)

певного інгредієнта або групи інгредієнтів, не залежить від природи об'єкта аналізу, який заздалегідь переведено в розчинний або газуватий стан. Наприклад, вміст кальцію, хлоридів, нітратів у ґрунті, воді або повітрі можна визначати після відповідної підготовки проби одним і тим самим методом.

Хімічний склад природних вод, фізичні та біологічні властивості характеризують дві групи показників – інтегральні та індивідуальні.

**Інтегральні показники** якості води зумовлені наявністю в ній групи речовин у завислому, колоїдно-дисперсійному та розчинному стані. До найважливіших інтегральних показників хімічного складу природних вод належать: прозорість, кольоровість, смак, каламутність, запах, Eh, питома електропровідність, загальний вміст азоту та фосфору, органічний вуглець, хімічне споживання кисню (ХСК), біологічне споживання кисню (БСК), азот та фосфор.

**Індивідуальні показники** якості природних вод характеризують концентрації окремих йонів та молекул, наприклад йонів  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , рН; загальний вміст йонів важких металів, органічні сполуки одного класу (альдегіди, кетони), сумарний вміст різних аніонів одного й того самого елемента (фосфати, сульфід).

Дещо умовний поділ показників хімічного складу вод на інтегральні та індивідуальні необхідний з еколого-токсикологічної точки зору, тому що норми ГДК встановлені в основному для йонів і молекул індивідуальних речовин, вміст яких необхідно контролювати в природних водних екосистемах.

Методики визначення індивідуальних інгредієнтів води є надійнішими та інформативнішими, ніж методики визначення інтегральних, оскільки в їх основу покладені певні хімічні або фізико-хімічні процеси. Інтегральні показники мають відносний характер і не дають змоги визначати концентрацію певного інгредієнта. Перспективними вважають біоіндикації і методики вивчення якості поверхневих вод (за вищою йодною рослинністю, мікроорганізмами тощо), тому що вони прості у користуванні, не потребують значних коштів і затрат часу, їх результати дають високі коефіцієнти кореляції з хімічними (фізико-хімічними) методиками, методиками індивідуального визначення інгредієнтів тощо.

У практиці метрології та стандартизації усі методики визначення концентрації хімічних речовин є стандартизованими (наприклад, ГОСТ 19413-89. «Вода питна. Метод визначення масової концентрації селену»; ГОСТ 3351-74. «Вода питна. Методи визначення запаху, кольоровості, мутності»; ГОСТ 4245-72 «Вода питна. Методи визначення концентрації хлоридів» та ін.).

Отже, метрологічне забезпечення контролювання якості водних об'єктів охоплює теоретичні і практичні розробки, відображені у

нормативних документах, стандартах, методиках. На практиці при вимірюванні окремих інгредієнтів води необхідно використовувати затверджені методики; повірені засоби вимірювальної техніки; лабораторне устаткування, що є складовою частиною акредитованої лабораторії.

#### *5.1.4. Сучасні методи, прилади та контрольовано-вимірювальна апаратура для проведення спостережень і здійснення контролю якості ґрунтів*

На ґрунти діють природні (вітри, опади тощо) і антропогенні фактори. Найбільш негативно позначається на їх стані саме антропогенна діяльність: розміщення промислових і побутових відходів; сільськогосподарське виробництво, пов'язане із внесенням мінеральних добрив, засобів боротьби зі шкідниками рослин та бур'янами; будівельні роботи на територіях міст та сіл, меліоративні роботи та ін.

Нерухомість ґрунту зумовлює характерні особливості фізико-хімічних процесів, які в ньому відбуваються. Ґрунтам властиві процеси фільтрації з поверхні та всередині самого ґрунтового профілю і практично повна відсутність процесів переміщення. Саме тому ґрунт піддається значному антропогенному тиску, легко ушкоджується, порушується і належить до важко відновлювальних природних ресурсів.

Виконання вимог методики вимірювань на всіх етапах (від вибору території до математичної обробки отриманого результату) дасть змогу отримати цілком достовірні експериментальні дані.

Хімічний склад ґрунтів є стабільнішим, ніж води і повітря, у часі й у просторі, особливо щодо вмісту основних компонентів. Для визначення антропогенних забруднювачів проби ґрунтів відбирають в інтенсивно забруднених районах. Проте антропогенне забруднення часто має мозаїчний характер, тому найзабрудненіші місця виявляють за допомогою спеціальних досліджень.

Залежно від завдань, які необхідно виконати, виокремлюють такі види спостережень:

- режимні спостереження (систематичні спостереження за рівнем вмісту хімічних речовин у ґрунтах впродовж визначеного часу);
- комплексні спостереження (охоплюють дослідження процесів міграції забруднювальних речовин у системі «атмосферне повітря-ґрунт», «ґрунт-рослина», «ґрунт-вода», «ґрунт-відклади дна»);
- вивчення вертикальної міграції забруднювальних речовин у ґрунтах;
- спостереження за рівнем забруднення ґрунтів у визначених відповідно до запитів певних організацій пунктах.

На їх підставі отримується інформація про ступінь хімічного

забруднення, а також з'ясовується тенденція розвитку процесів і прогноуються зміни забруднення внаслідок дії різноманітних факторів.

Як основу розміщення мережі стаціонарних площадок для відбору проб застосовують розу вітрів, орієнтуючись на 2-3 напрямки. Ґрунтові проби відбираються згідно до вимог ГОСТ 17.04.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84.

Як правило, проби відбираються на відстані 5-50 км від джерела забруднення по осі переносу повітряних мас за переважаючими напрямками розсіювання викидів. У зонах дії автомагістралей проби відбираються у межах 10-200 м, селищних доріг – 5-50 м від дороги. Опорні розрізи закладаються на глибині 2 м або до рівня ґрунтових вод, загальні розрізи – до глибини 30 см. Проби ґрунтів відбираються у поліетиленові пакети і висушують.

Є певні особливості щодо відбору проб ґрунтів, забруднених пестицидами. Постійні пункти використовуються впродовж 5 років і переважно на адміністративних територіях. На тимчасових пунктах спостереження здійснюються впродовж одного вегетаційного періоду або року. Проби відбираються 2 рази на рік: навесні після сівби і восени після збору врожаю. При встановленні багаторічної динаміки наявності пестицидів у ґрунтах або їх міграції в системі «ґрунт-рослина» спостереження проводяться не менше 6 разів на рік. Для оцінки площинного забруднення ґрунтів пестицидами відбираються 25-30 проб вагою 15-20 г по діагоналі ділянки (глибина відбору проб 0-20 см) спеціальним буром. Для вивчення вертикальної міграції пестицидів закладаються ґрунтові розрізи (розміром 0,8×1,5×2,0м) – шурфи, які перетинають ґрунтові горизонти і відкривають верхню частину материнської породи.

Вивчення забруднення ґрунтів важкими металами проводиться переважно на відстані 1-5 км від промислових підприємств (зони найбільшого забруднення). Техногенні викиди забруднюють ґрунтовий покрив через атмосферу і нагромаджуються в поверхневих шарах ґрунту, тому відбір проб проводиться з глибини 0-10 та 0-20 см на ріллі та з глибини 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-40 см на цілині.

На практиці не всі важкі метали мають встановлені значення ГДК, тому можливе використання для характеристики ґрунту *кларків хімічних елементів* – показників, які відображають середній його вміст в незабрудненому ґрунті (табл. 5.11).

Для відбору проб, як правило, використовуються бюкси – алюмінієві стаканчики. Вибираються характерні забруднені ділянки, позначаються місця відбору та записуються у журнали вертикальні структури відбору і відповідні номери бюксів згідно з критеріями системи моніторингу (табл. 5.12).

Таблиця 5.11 – Кларки хімічних елементів і їх ГДК у ґрунті

Елемент	Кларк, мг/кг	ГДК, мг/кг
Ванадій	100	-
Марганець	850	1400
Хром	75	100
Кобальт	8	50
Нікель	40	50
Мідь	20	100
Цинк	50	300
Селен	0,01	10
Кадмій	0,5	302
Ртуть	0,02	3
Свинець	10	2
Стронцій	300	1000

Таблиця 5.12 – Процеси і показники ґрунтового моніторингу

№	Процеси, які контролюються	Показники	Глибина відбирання зразків, см	Періодичність визначень
1	2	3	4	5
1	Зміна основних властивостей і режимів			
1.1	Гумусний стан	Загальний вміст гумусу. Вміст рухомих гумусових речовин	0-20 30-40	1 раз на 5 років
1.2	Реакція ґрунтового водного розчину	pH водний. pH сольовий. Гідролітична кислотність	30-40 30-40 30-40	Щорічно 1 раз на 5 років
1.3	Місткість вбирання	Місткість катіонного обміну (обмінні основи)	30-40	1 раз на 5 років
1.4	Водний режим	Вміст вологи	0-100	3 третього по десятий місяць подекадно 1, 2, 11, 12-й місяці – 1 раз на місяць

Продовження табл. 5.12

1	2	3	4	5
1.5	Поживний режим	Визначення рухомих форм фосфору і калію у ґрунті	0-20	1 раз на 5 років
1.6	Санітарний стан	Визначення нітратів у ґрунті. Валовий вміст важких металів. Рухомі форми важких металів. Вміст пестицидів у ґрунті і воді. Вміст нітратів у рослинах. Радіологічне обстеження: визначення стронцію-90; а-активності; Р-активності	30-40 30-40 0-20 0-20 0-20 0-20	Щорічно 1 раз на 5 років 1 раз на 5 років Щорічно Щорічно Щорічно 1 раз на 5 років
1.7	Агрофізичні властивості	Рівноважна щільність. Структурно-агрегатний склад. Водопроникність	0-10 10-20 20-40 20-40 3 поверхні	1 раз на 5 років 1 раз на 5 років 1 раз на 5 років

Відбір проб має забезпечити репрезентативність досліджень, а його точність є обов'язковою передумовою отримання точних результатів вимірювань.

Після відбору і транспортування проб вони висушуються, якщо метою аналізування є визначення механічного складу та хімічних інгредієнтів. *Для визначення вологості* необхідно попередньо зважувати бюкси з вологим ґрунтом, а потім висушувати їх у спеціальних печах. Після цього ці зразки можна використовувати для визначення механічного складу ґрунту.

Визначення механічного складу передбачає просіювання зразків ґрунту через набір стандартних сит, кожне з них має певний діаметр отворів, через які послідовно просіюються фракції від більших до найменших.

*Для визначення хімічного складу* ґрунтів проби висушуються на повітрі впродовж кількох діб. Сухі зразки за потреби відбору середньої

проби (на певній ділянці) добре перемішують. Оскільки при висушуванні змінюється рН, гідролітична кислотність, вміст захисного заліза, сполук азоту, фосфору тощо, при необхідності спеціальних досліджень аналізується свіжий відібраний ґрунт.

При підготовці проб до аналізу (особливо твердих) використовуються різноманітні дробарки шнекового, вібраційно-конусного, молоткового та іншого типів з метою подрібнення ґрунтових зразків. Наприклад, універсальне влаштування для розмелювання «Амита-02» призначене для крихких матеріалів середньої твердості, зокрема торфу, добрив, нетвердих порід (бокситів, гіпсу, сухої глини, каоліну та ін).

Повітряно-сухий ґрунт масою 600-700 г розташовується на чистому папері й вилучаються корені рослин, каміння та інші включення. Великі грудки ґрунту розбиваються у фарфоровій ступці та перемішуються з основною масою.

Для відбору лабораторної проби просіяна середня проба розташовується на аркуші чистого паперу і перемішується. Для аналізу необхідно відібрати 5-6 г дрібно розтертої і добре перемішаної проби.

Використовуються також інші способи підготовки ґрунтів і донних відкладів для спеціальних аналізів. Автоклавна підготовка проби основана на повному розкладанні (мінералізації) її органічної основи кислотами та їх парами у герметично закритому об'ємі автоклава при температурі до 100°C і тиску до 200 атмосфер. Автоклави використовуються для підготовки проб ґрунтів, кормів, продуктів рослинництва, лікарської сировини і з метою визначення зольності та вмісту токсичних металів (кадмію, заліза, кобальту, ртуті, міді, миш'яку, нікелю, цинку та ін.). Результатом мінералізації є отримання розчинів у оптимальній для подальшого аналізу формі, зокрема для атомно-абсорбційної, атомно-емісійної, полярографічної, колориметричної, спектрофотометричної, рентгено-флуоресцентної методик визначення валового вмісту токсичних металів.

Ультрафіолетовий випромінювач (УФО-9) призначений для руйнування у пробах органічних речовин, які заважають проведенню подальшого хімічного аналізу.

**Аналіз ґрунтів** охоплює такі основні етапи: визначення валового складу; катіонообмінної (поглинальної) ємності; доступних для рослин форм азоту; фосфору та калію (NPK); мікроелементів; рухомих форм силіцієвої кислоти та полуторних оксидів; аналіз водної витяжки; визначення антропогенних забруднювачів.

Для встановлення валового складу визначаються такі компоненти: гігроскопічна вода, склад мінеральної частини за вмістом  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , а також вуглець і азот органічних сполук. Визначення гігроскопічної води, вуглецю, азоту,

органічних сполук,  $\text{CO}_2$ , карбонатів проводиться з окремих наважок.

Компоненти мінеральної частини ґрунтів з'ясовуються за схемою (рис. 5.3).

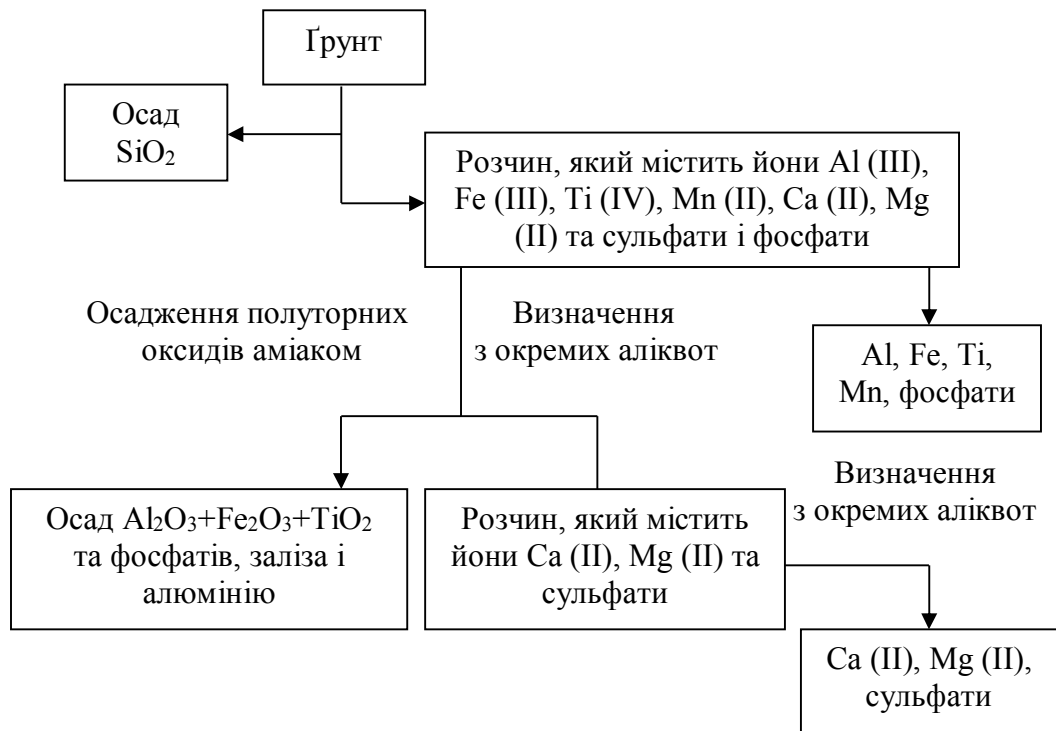


Рис. 5.3 – Схема визначення основних компонентів мінеральної частини ґрунтів

Калій і натрій визначається в окремих наважках ґрунтів після їх розкладу і повного розчинення під дією суміші фтористоводневої та сірчаної кислот.

Азот, фосфор, та калій (NPK) характеризують забезпеченість ґрунтів основними речовинами живлення рослин. У цю групу входять йони  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , легко-гідролізні азотомісткі органічні сполуки, водорослинні фосфати та йони  $\text{K}^+$ . Для того щоб охарактеризувати забезпеченість рослин поживними речовинами, необхідно проводити аналіз NPK впродовж усього вегетаційного періоду. Результати визначення NPK виражаються у мг/100 г сухого зразка.

Найчастіше у ґрунтах визначаються такі мікроелементи: мідь, цинк, кобальт, молібден, бор тощо. Залежно від мети дослідження аналіз проводиться на загальний вміст мікроелементів після повного розчинення проби або на вміст рухомих, доступних для рослин форм елементів у кислотних або буферних витяжках.

Кількістю рухомих форм силіцієвої кислоти та полуторних оксидів характеризуються геохімічні та біологічні процеси. Рухомі форми силіцію та алюмінію визначають після обробки проб розчином  $\text{KOH}$ , а заліза –



розчином оксалату амонію при рН 3,2.

Аналіз водної витяжки інформує про вміст у ґрунтах водорозчинних речовин. У водних витяжках ґрунтів визначаються ті самі інгредієнти, що і в природних водах: рН, сольові компоненти, біогенні елементи, мікроелементи та вуглець органічних сполук.

Антропогенні забруднювачі визначаються у пробах ґрунтів, які відбираються у районах промислових, сільськогосподарських, комунально-побутових і транспортних джерел забруднення. Особливо важливим є визначення радіонуклідів у ґрунтах і донних відкладах поблизу атомних електростанцій, зокрема на територіях, що зазнали впливу аварії на Чорнобильській АЕС.

При визначенні речовин, які сорбуються на поверхні ґрунтів, таких як нафта, нафтопродукти, важкі метали тощо, проби для аналізу відбирають пошарово на глибинах 0,5 та 20 см масою 0,2 кг. З неорганічних забруднювачів найчастіше визначаються такі метали, як ртуть, свинець, хром, мідь, цинк, а також нітрати, фосфати, фториди і сульфати, а з органічних – ароматичні вуглеводні (бензин, бензол, стирол, толуол), пестициди та поверхнево-активні речовини. У сучасних екологічних умовах України необхідно визначати у ґрунтах та донних відкладах радіонукліди стронцію, цезію, плутонію та ін.

Аналізування місць відбору, відбір проб, підготовка їх до фізичних чи хімічних методик аналізу з дотриманням стандартизованих процедур мінімізує похибки при визначенні хімічних інгредієнтів. Усі необхідні процедури вимірювань необхідно проводити на засобах вимірювальної техніки, що пройшли перевірку та є складовими акредитованої лабораторії.

**Методики аналізу ґрунтів** ґрунтуються на застосуванні хімічних і фізичних методик аналізу. За використання хімічної методики хімічний розчин, призначений для екстракції речовини з ґрунту, повинен швидко надавати інформацію про забезпеченість сільськогосподарських культур поживними елементами, а також про інші показники властивостей ґрунтів, які впливають на ріст і розвиток рослин (рН, кількість розчинених солей, вміст органічної речовини). Основними хімічними методиками є екстракція й отримання рівноважних сумішей, решта полягають у хімічному або термальному окисленні (для визначення органічної речовини ґрунту). Хімічна екстракція майже завжди проводиться зі зразками, що були попередньо висушені, розмелені та просіяні. Наважка (від 1 до 10 г або мл) переноситься в екстракційну посудину (колбу), додається відомий об'єм (від 10 до 100 мл) екстрагенту, перемішується впродовж визначеного періоду часу (від 10 хвилин до кількох годин), фільтрується і аналізується фільтрат.

За методикою встановлення рівноваги до наважки ґрунту додається розчин, суспензія перемішується впродовж короткого періоду часу і проводиться вимірювання необхідних показників у суспензії. Такий підхід

використовують для визначення рН ґрунту, потреби у вапнуванні, кількості розчинених солей. Інколи використовують титриметричні методики для визначення кислотності.

Фізичні методики, як правило, призначені для неструктурних аналізів. У лабораторних аналізах важко відокремити фізичні від хімічних, найчастіше об'єктом дослідження є залежність між хімічними (концентрацією) і фізичними властивостями, тому лабораторні методики називаються фізико-хімічними.

Для вимірювання вмісту важких металів і радіонуклідів розроблені різноманітні методики та засоби вимірювальної техніки. Вони призначені для визначення концентрацій цих забруднювачів у різних об'єктах довкілля.

Основними методиками контролювання вмісту важких металів є атомно-абсорбційна спектрометрія, рентгено-флуоресцентний аналіз, полярографія, інверсійна вольт-амперометрія, оптичний флуоресцентний аналіз, рідинна йонна характеристика.

Атомно-абсорбційна спектрометрія (ААС) є найчутливішою (десяті долі мкг/кг) і точною (відносна похибка не більше 2%) методикою визначення вмісту важких металів у різних об'єктах. Вона призначена для контролювання вмісту важких металів практично у всіх об'єктах навколишнього середовища і біологічних зразках (кров, молоко, м'ясо). Реалізується методика ААС на приладах двох типів (полум'яної та електрохімічної атомізації), які визначають вміст металів, починаючи з фонових значень. При їх експлуатації необхідно дотримуватися правил безпеки, зокрема використовуються прилади на спеціальному місці, обладнаному вентиляцією, оскільки методика передбачає застосування горючих газів (пропану, ацетилену). Підготовка проб полягає у її попередній мінералізації і триває від 1 до 4 год.

Натепер розроблено прилади, які дають змогу реалізувати атомно-емісійну (АЕС) і атомно-флуоресцентну (АФС) методики, що забезпечують ще більшу точність вимірювань і не потребують застосування спектральних ламп.

Методика рентгено-флуоресцентного аналізу (РФА) без попереднього концентрування проби (нижня межа) дає змогу отримати значення в діапазоні 10-500 мкг/кг з точністю 30%. Її чутливість можна істотно (у 10-100 разів) підвищити за рахунок попереднього концентрування проби. Вимірювання продовжується від 2 до 15 хв., для концентрування потрібно 5-20 хв. РФА успішно використовують в токсикології, у сертифікації промислових та харчових продуктів (із застосуванням попереднього концентрування проби).

Традиційною поширеною методикою контролювання вмісту важких металів є полярографія. Чутливість методики перебуває в межах від 0,5 мкг/кг до 35 мг/кг, а відносна похибка вимірів – 4-8% . Підготовка проб

проводиться так само, як і за методом ААС. Недоліком полярографії є використання металічної ртуті у якості робочого електрода, що потребує обладнання робочого місця витяжною шафою.

Інверсійна вольтамперометрія (ІВА) є сучасною, активно вдосконалюваною методикою, яка дає змогу вимірювати вміст важких металів. Принципом її дії є накопичення при електролізі на робочому електроді елементів, які містяться у досліджуваному розчині. За допомогою методики вимірюють концентрації більше 60 неорганічних аніонів і катіонів. Чутливість методики перебуває у діапазоні 0,0001-500 мг/кг, точність 2-20%. Оскільки вона основана на нагромадженні елементів, то теоретично немає нижньої межі визначення, тобто їх можна накопичувати з достатньо великого об'єму проби, щоб отримати кількість металу, достатню для проведення достовірних вимірів. Час проведення аналізу становить від 1 до 30 хв.

Оптичний флуоресцентний аналіз (ОФА) дає змогу контролювати до 15 металів з чутливістю від 1 мкг/кг до 0,1 мг/кг (залежно від контрольованого металу) з точністю 5-30%. Для аналізу одного компонента необхідно 10-20 хв. Методику ОФА для важких металів використовують при реалізації додаткових функціональних можливостей приладу, призначеного для контролювання насамперед органічних забруднювачів. Підготовка проб для визначення вмісту важких металів полягає у мінералізації проби і подальшій хімічній обробці.

Спалювати тверді проби слід тоді, коли немає необхідності контролювати леткі компоненти, такі як As, Hg, Sb і т. д. Спалювання здійснюють у муфельних печах різного типу з робочими температурами 600°C-900°C з метою отримання білої золи, необхідної для виконання аналізів методом рентгено-флуоресцентного аналізу.

Мінералізацію застосовують для розкладення до мінеральної основи (розчину солей), як правило, органічної проби. Найдешевшою є кислотна мінералізація (тривалістю до 3-4 діб). Автоклавна мінералізація проб у розчині кислот з нагріванням до 200°C дає змогу скоротити час мінералізації до 2-4 год. При цьому можна використовувати автоклави високого (до 200 атмосфер) і низького тиску. При термічній мінералізації у автоклавах низького тиску витрачаються леткі компоненти, такі як As, Hg, Sb та ін.

Характеристики різних методик і обладнання наведені у табл. 5.13 (методика рідинної хроматографії в таблицю не внесена, оскільки є допоміжною).

За методикою рідинної хроматографії з використанням кондуктометричного детектора визначають вміст важких металів у пробі в діапазоні 0,1-100 мг/кг з точністю і 20%. Така методика використовується у лабораторіях насамперед для вимірювання органічних високомолекулярних сполук. Необхідна періодична заміна дорогих

розподільних і аналітичних колонок з наступним коригуванням усієї бази даних ідентифікації речовин. Підготовка проб (екстракція) продовжується від 1 до 48 год. Методику застосовують як допоміжну та додаткову при контролюванні вмісту органічних домішок.

Таблиця 5.13 – Характеристики методик та обладнання для визначення важких металів

Методика	Прилад, чутливість	Точність	Підготовка проби	Вимоги до обслуговуючого персоналу
РФА	Спектроскан (С.-Петербург) 10-500 мкг/кг	30%	Мінералізація та випаровування, або спалювання	ПЕОМ
ЛАС	Квант-АФА полум'яний 0,05-104 мкг/кг	2%	Мінералізація	Фізика, ПЕОМ
ПГ	ПУ-1 (Гомель) 0,0005-35 мг/кг	4-8%	Мінералізація	Електрохімія
ІВА	ІВА-400МК (Москва) 0,1-5·10 <sup>5</sup> мкг/кг	2-20%	Мінералізація	Електрохімія, ПЕОМ
	АВА-1 (С.-Петербург) 1,0-5·10 <sup>5</sup> мкг/кг	2-20%	Мінералізація	Електрохімія, ПЕОМ
ОФА	Флюорат (С.-Петербург) 0,0001-0,1 мг/кг	5-30%	Мінералізація та хімічна обробка	Хімія, ПЕОМ

Діючі методики контролювання важких металів і радіонуклідів забезпечуватимуть дослідників повноцінною інформацією за умови використання досконалих сучасних засобів вимірювальної техніки.

## 5.2. Сучасні методи оцінювання промислового впливу на стан і якість атмосферного повітря, водних об'єктів та земельних ресурсів

### 5.2.1. Методи критеріальної оцінки стану атмосфери

Критерії якості довкілля запропоновані Міністерством охорони здоров'я України після дослідів на тваринах і добровольцях-людях за визначенням безпечних рівнів впливу токсичних речовин на живі організми. ГДК в Україні, Росії та інших країнах закріплені законодавчо.

Відповідність якості НПС цим стандартам контролюється відповідними органами нагляду. Таким чином, повинно виконуватися таке співвідношення між концентрацією  $q$  забруднювальної речовини та її ГДК ( $\text{мг/м}^3$ ):

$$q \leq \text{ГДК}. \quad (5.2)$$

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

В теперішній час, у зв'язку з розвитком промисловості, зростанням процесів урбанізації створюються умови надходження в навколишнє середовище і організм людини одночасно декількох шкідливих хімічних речовин. У зв'язку з цим з'явилося таке поняття, як **комбінована дія хімічних речовин**. Існують три основні типи комбінованої дії хімічних речовин:

- синергізм, коли одна речовина посилює дію іншої;
- антагонізм, коли одна речовина послаблює дію іншої;
- сумація або адитивна дія, коли дія речовин в комбінації шумується.

За наявності в атмосфері декількох ( $n$ ) шкідливих речовин, що мають ефект сумації, їх безрозмірна сумарна концентрація не повинна перевищувати одиниці

$$\frac{q_1}{\text{ГДК}_1} + \frac{q_2}{\text{ГДК}_2} + \dots + \frac{q_n}{\text{ГДК}_n} \leq 1. \quad (5.3)$$

Ефект сумації виявлено, наприклад для: фенолу і діоксиду сірки; діоксиду сірки і діоксиду азоту; діоксиду сірки і сірководню; озону, діоксиду азоту і формальдегіду тощо.

У залежності від тривалості впливу розрізняють: ГДК **максимальні разові** ( $\text{ГДК}_{\text{мр}}$ ), **середні добові** ( $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ ) і **робочої зони** ( $\text{ГДК}_{\text{рз}}$ ).

$\text{ГДК}_{\text{мр}}$  – належить 20-30-хвилинному інтервалу осереднення; встановлюється для попередження рефлекторних реакцій людини (відчуття запаху, світлочутливість) і не викликає змін біоелектричної активності головного мозку.

$\text{ГДК}_{\text{сд}}$  – це концентрація забруднювальної речовини 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.

$\text{ГДК}_{\text{рз}}$  – це рівень концентрації інгредієнта, який не повинен

спричиняти у робітників при щоденному вдиханні впродовж 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.

Приклади ГДК деяких забруднювальних речовин наведено в табл. 5.14. Якщо для забруднювальної речовини не розроблені ГДК, то використовується такий показник, як орієнтовно безпечний максимальний разовий рівень дії (ОБРД) забруднення повітря або тимчасова допустима концентрація (ТДК) – терміном на 2 роки. ЛК<sub>50</sub> і ЛК<sub>100</sub> – летальна концентрація, що викликає при диханні загибель 50% і 100% тварин (миші протягом 2, пацюки – 4 годин, відповідно).

Таблиця 5.14 – Гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин в атмосферному повітрі населених пунктів

Речовина	ГДК <sub>мр</sub>	ГДК <sub>сд</sub>	ГДК <sub>рз</sub>	Клас небезпеки
Діоксид азоту	0,085	0,04	5,0	2
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

Виділяються чотири класи небезпеки забруднювальних речовин:

1. Надзвичайно небезпечні – бенз(а)пірен, свинець, сполуки ртуті і хрому, гексахлоран, ціановодні, пентаоксид ванадію, ДДТ, озон та ін.
2. Високонебезпечні – сірчана кислота, сірководень, кофеїн, феноли, діоксид азоту, бензол, хлор, оксиди марганцю та ін.
3. Помірно небезпечні – діоксид сірки, бутиловий спирт, пил та ін.
4. Малонебезпечні речовини – оксид вуглецю, етиловий спирт, аміак, нафталін, ацетон, скипидар та ін.

Таким чином, санітарно-гігієнічні нормативи повинні забезпечувати фізіологічний оптимум для життя людини.

**Для оцінки стану повітряного середовища** в цілому запропонована низка комплексних показників забруднення атмосфери (сумісно з декількома забруднювальними речовинами). Найпоширенішим є комплексний індекс забруднення атмосфери ( $I_{за}$ ). Він розраховується як сума нормованих за ГДК<sub>сд</sub> і приведених до концентрації діоксиду сірки середнього вмісту різних шкідливих речовин:

$$I_{\text{за}} = \sum_{i=1}^n i_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\bar{C}}{\text{ГДК}_{\text{сд}i}} \right)^{a_i}, \quad (5.4)$$

де  $i_i$  – індивідуальний індекс забруднення для  $i$ -ої речовини;

$C_i$  – середня концентрація в повітрі  $i$ -ої речовини;

$\text{ГДК}_{\text{сд}}$  – гранично допустима концентрація середньодобова для  $i$ -ої речовини;

$a_i$  – безрозмірна константа приведення ступеня шкідливості  $i$ -ої речовини до шкідливості діоксиду сірки, яка залежить від того, до якого класу небезпечності належить забруднювальна речовина.

### 5.2.2. Методи критеріальної оцінки стану водних екосистем

Водні об'єкти вважають придатними для **комунально-побутового та господарсько-питного водокористування**, якщо не порушуються загальні вимоги до складу та властивостей води для відповідної категорії водокористування. При цьому для речовин, які належать до третього та четвертого класу шкідливості, виконується умова:  $C \leq \text{ГДК}$ , (де  $C$  – концентрація речовини у водному об'єкті,  $\text{г/м}^3$ ), а для речовин, які належать до першого та другого класу шкідливості, виконується умова:

$$\sum \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \leq 1, \quad (5.5)$$

де  $C_i$  та  $\text{ГДК}_i$  відповідно, концентрація і  $\text{ГДК}$   $i$ -ої речовини першого чи другого класу шкідливості.

Водні об'єкти вважають придатними для **рибогосподарського водокористування**, якщо не порушуються загальні вимоги до складу і властивостей води для відповідної рибогосподарської категорії, а для речовин, які належать до однакових лімітувальних ознак шкідливості (ЛОШ), виконується умова:

$$\sum \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \leq 1, \quad (5.6)$$

де  $C_i$  та  $\text{ГДК}_i$  – відповідно концентрація і  $\text{ГДК}$   $i$ -ої речовини, яка належить до даної ЛОШ.

Норми якості води повинні виконуватись:

- для водотоків комунально-побутового та господарсько-питного водокористування – на ділянках від пункту водокористування до

контрольного створу, який розташований на відстані не менше одного кілометра вище за течією від цього пункту;

- для водойм комунально-побутового та господарсько-питного водокористування – на акваторії в радіусі не менше одного кілометра від пункту водокористування;

- для водотоків рибогосподарського водокористування – в межах всієї рибогосподарської ділянки водотоку, починаючи з контрольного створу, який розташований не далі 500 метрів нижче за течією від місця надходження домішок;

- для водойм рибогосподарського призначення – на всій рибогосподарській ділянці, починаючи з контрольного пункту, який розташований в радіусі не більше 500 метрів від місця надходження домішки.

**Екологічні нормативи** якості води встановлюються для оцінювання стану водних об'єктів на основі екологічної класифікації поверхневих вод.

Найбільш поширена в Україні система екологічної класифікації якості поверхневих вод містить три класифікаційні групи: сольовий склад, еколого-санітарні показники та показники складу і біологічної дії специфічних речовин.

В залежності від значень показників якості води поверхневі води відносять до певної категорії та класу якості води. Оцінювання якості води виконується шляхом порівняння відповідних показників з показниками, що встановлюються «Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями».

Завданнями державного моніторингу у сфері **питної води та питного водопостачання** є збирання і систематизація даних про: джерела питного водопостачання; кількість і якість питної води, обсяги використання питної води і скидання стічних вод, споживачів питної води та підприємства питного водопостачання. В результаті систематизації таких даних складається державна звітність за формами, затвердженими органами Держкомстату.

Якість питної води достатньо повно характеризується комплексом хімічних, фізичних та мікробіологічних показників. Державні санітарні правила і норми України (ДСанПіН) визначають показники якості питної води, що певною мірою узгоджені з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я.

Директива Європейського Союзу щодо питної води № 80/778/ЄС (Drinking Water Directive) покладена в основу водного законодавства європейських країн і регламентує 66 нормативних показників якості питної води. Директива ЄС щодо питної води передбачає рівень І гранично допустимих концентрацій, який є обов'язковим для виконання, і рівень G як довгострокова мета.

Рівень І закріплений у вигляді максимально допустимої концентрації



(Maximum Admissible Concentration – MAC) для кожного показника. Норми якості води в країнах-членах ЄС не можуть бути гіршими за рівень MAC. Ця директива ЄС встановлює вимоги до частоти відбору проб води, яка використовується підприємствами харчової промисловості (табл. 5.15).

Таблиця 5.15 – Кількість проб для моніторингу питної води (на рік)

Щоденні об'єми води, що використовуються в зоні водопостачання, м <sup>3</sup>	Контрольний моніторинг	Аудиторський моніторинг
До 100	*	*
Від 100 до 1000	4	1
Від 1000 до 10000	4 +3 на кожні 1000 м <sup>3</sup> /д	1 +1 на кожні 3300м <sup>3</sup> /д
Від 10000 до 100000		3 +1 на кожні 10000 м <sup>3</sup> /д
Більше 100000		10 +1 на кожні 250000 м <sup>3</sup> /д

\*Рішення щодо частоти відбору проб приймається кожною державою самостійно.

**Оцінкою ступеня забруднення водойм за гідробіологічними показниками** є шкала сапробності.

**Сапробність** – це ступінь насиченості води органічними речовинами, що розкладаються. Вона встановлюється за видовим складом організмів – сапробіонтів у водних біоценозах.

При оцінюванні води за шкалою Р. Кольквіца-М. Марсона необхідно враховувати не окремі організми, а суму видів, які є характерними для даної зони: I – полісапробна (зона дуже сильного забруднення); II – α-мезосапробна і β-мезосапробна (зони середньої забрудненості); III – олігосапробна (зона чистої води).

**Полісапробні водойми** характеризуються майже повною відсутністю вільного (розчиненого) кисню, наявністю у воді білків, що не розклалися, значних кількостей H<sub>2</sub>S і CO<sub>2</sub>, відновлювальним характером біохімічних процесів. У таких водоймах самоочищення в основному йде за рахунок діяльності бактерій *Tyriopolycoccus ruser* і *Sphaerotilus natans*, джгутикових *Oicomonas mutabilis*, інфузорій *Paramaecium putrinum* і *Vorticella putrina*, олігохет *Tubifex tubifex*, личинок мухи *Eristalis tenax*. Кількість видів, здатних існувати у вкрай забруднених водоймах, порівняно невелика, але вони зустрічаються тут масово.

У **мезосапробних водоймах** забруднення виражене слабкіше: білків, що не розклалися, немає, H<sub>2</sub>S і CO<sub>2</sub> небагато, O<sub>2</sub> присутній у помітних кількостях; однак у воді ще є слабо окислені азотисті сполуки (аміак,

амінокислоти). Мезосапробні зони водойм підрозділяються на  $\alpha$ - і  $\beta$ -мезосапробні. У перших зустрічаються аміак, аміно- і амідокислоти, але вже є і кисень. Найбільш характерні численні бактерії, гриб *Mucor*, синьо-зелені *Oscillatoria*, *Phormidium uncinatum*, найпростіші *Chlamidomonas debrayana*, *Euglena viridis*, *Stentor coeruleus*, багато коловерток, молюск *Sphaerium corneum*, рачок *Asellus aguaticus*, личинки двокрилих *Chironomus*, *Psychoda*. Мінералізація органічної речовини в основному йде за рахунок аеробного окислювання, особливо бактеріального. Наступна,  $\beta$ -мезосапробна, підзона характеризується присутністю аміаку і продуктів його окислювання – азотної й азотистої кислот. Амінокислот немає, сірководень зустрічається в незначних кількостях, кисню у воді багато, мінералізація йде за рахунок повного окислювання органічної речовини. Видова розмаїтість гідробіонтів цієї підзони набагато вища, ніж у попередньої, але чисельність і біомаса організмів нижча.

В *олігосапробних водоймах*  $H_2S$  відсутній,  $CO_2$  мало, кількість  $O_2$  близька до величини нормального насичення, розчинених органічних речовин практично немає. Гідробіонти олігосапробних вод найбільш різноманітні щодо видового складу, але кількість кожного окремого виду менше, ніж в інших зонах.

Іноді виділяють ще *катаробні води*, у яких кількість розчиненого кисню вища за нормальне насичення, а вільних  $H_2S$  і  $CO_2$  немає взагалі.

На підставі даних про видовий склад гідробіонтів, знайдених у тих чи інших водах, можна скласти уявлення про те, наскільки останні чисті чи забруднені. Тому перераховані вище організми і багато інших, характерних для зон різної сапробності, називаються біоіндикаторами ступеня забруднення водойм. Індикаторна роль гідробіонтів характеризується не тільки фактом наявності чи відсутності їх у водоймі, але і ступенем їхньої кількісної представленості.

### 5.2.3. Методи критеріальної оцінки якості ґрунту

*За ступенем забруднення ґрунту* поділяються на сильнозабруднені, середньозабруднені, слабкозабруднені.

У сильнозабруднених ґрунтах кількість забруднювальних речовин в декілька разів перевищує ГДК. Вони мають низьку біологічну продуктивність та істотні зміни фізико-хімічних, хімічних та біологічних характеристик, внаслідок чого вміст хімічних речовин у вирощуваних культурах перевищує норми.

У середньозабруднених ґрунтах перевищення ГДК незначне, що не призводить до помітних змін його властивостей.

У слабкозабруднених ґрунтах вміст хімічних речовин не перевищує ГДК, але перевищує фон.

Для визначення ступеня забрудненості використовують такі

характеристики:

- 1) коефіцієнт концентрації забруднення ґрунту:

$$k_{\Gamma} = \frac{C}{C_{\text{сер}}} \text{ або } k_{\Gamma} = \frac{C}{C_{\text{ГДК}}}, \quad (5.7)$$

де  $C$  – загальний вміст забруднювальних речовин;

$C_{\text{сер}}$  – середній фоновий вміст забруднювальних речовин;

$C_{\text{ГДК}}$  – гранично допустима кількість забруднювальних речовин;

- 2) інтегральний показник поелементного забруднення ґрунту:

$$k_{\Gamma j} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{C_{\Phi j}}. \quad (5.8)$$

де  $C_j$  – сума контрольованих забруднювальних речовин;

$C_{\Phi j}$  – сума фонового вмісту забруднювальних речовин;

- 3) коефіцієнт зворотної реакції ґрунтів на динаміку забруднення:

$$k_{\Gamma} = \frac{(A - A_{\Phi})}{A_{\Phi}}, \quad (5.9)$$

де  $A$ ,  $A_{\Phi}$  – параметри, які контролюються в забрудненій і фоновій пробах.

**За ступенем стійкості до хімічних забруднень та характером зворотної реакції** ґрунти поділяються на дуже стійкі, середньостійкі, малостійкі. Ступінь стійкості ґрунтів до хімічних забруднень характеризується такими показниками, як гумусний склад ґрунту, кислотно-основні властивості, окислювально-відновлювальні властивості, катіонно-обмінні властивості, біологічна активність, рівень ґрунтових вод, частка речовин, що знаходяться в розчиненому стані.

При оцінці стійкості ґрунтів до хімічних забруднень слід враховувати показники, що характеризують короткотермінові (2-5 років), довготермінові (5-10 років) зміни ґрунтів та показники ранньої діагностики розвитку змін у ґрунтах.

**Короткотермінові зміни** властивостей ґрунтів діагностуються за динамікою вологості, величиною водневого показника рН, складом ґрунтових розчинів, диханням ґрунтів, вмістом поживних речовин.

**Довготермінові зміни** властивостей ґрунтів діагностуються за складом та запасом гумусу, відношенням вуглецю гумінових кислот до

вуглецю фульвокислот, втратами ґрунтів внаслідок ерозії, загальною лужністю, кислотністю, вмістом солей.

Основними характеристиками ґрунтів щодо самоочищення є час самоочищення та захисна спроможність ґрунтів, яка характеризує їх здатність суттєво знижувати токсичність забруднювальних речовин. Час самоочищення – інтервал, протягом якого відбувається зменшення масової частки речовини, що забруднює ґрунт, на 96% від початкового значення або до його фонового значення. Для самоочищення ґрунтів, а також для їхнього відновлення потрібно багато часу, витрати якого залежать від характеру забруднень та природних умов. Процес самоочищення ґрунтів триває від декількох днів до декількох років, а процес відновлення порушених земель – сотні років.

Важливими заходами щодо збереження ґрунтів є гігієнічне регламентування їхнього забруднення. Нормування хімічних речовин в ґрунтах розпочалося лише в 1976 році. Розроблено методичні рекомендації щодо встановлення ГДК хімічних речовин у ґрунтах. Значення ГДК деяких хімічних речовин в ґрунтах наведено в табл. 5.16.

Таблиця 5.16 – Значення ГДК хімічних речовин в ґрунті

Назва речовини	ГДК, мг/кг
1	2
Метали	
Ванадій	150
Кобальт (рухлива форма)	5,0
Марганець, вилучений з:	
- чорнозему	700
- дерново-підзолистого ґрунту:	
pH = 4	300
pH = 5,1-5,9	400
pH = 6	500
Мідь (рухлива форма)	3,0
Нікель	4,0
Ртуть	2,1
Свинець	32
Свинець (рухлива форма)	6,0
Хром	6,0
Цинк	23

Продовження табл. 5.16

1	2
Неорганічні сполуки	
Нітрати	130
Миш'як	20
Сірководень	0,4
Фосфор (суперфосфат)	200
Фториди – водорозчинна форма	10
Ароматичні вуглеводні	
Бензол	0,3
Ізопропилбензол	0,5
Ксилоли	0,3
Стирол	0,1
Толуол	0,3
Добрива та ПАР	
Рідкі комплексні добрива з додаванням марганцю	80
Азотно-калійні добрива	120
Поверхнево активні речовини	0,2

Крім ГДК, як оціночний застосовується показник орієнтовно допустимої кількості забруднювальної ґрунти хімічної речовини (ОДК), який визначається розрахунковим методом. Санітарна оцінка стану ґрунтів здійснюється за спеціальними показниками. За основний хімічний показник беруть санітарне число – частка від ділення кількості ґрунтового білкового азоту в міліграмах в 100 г абсолютно сухого ґрунту до кількості органічного азоту в тих же одиницях. Показником бактеріального забруднення ґрунту є титр кишкової палички та титр одного з анаеробів. Санітарно-гельмінтологічним показником ґрунту є число яєць гельмінтів у 1 кг ґрунту. Ентомологічний показник визначається за наявністю личинок та лялечок мух в 0,25 м<sup>2</sup> поверхні ґрунту (табл. 5.17).

Для земель єдиного державного земельного фонду встановлюється номенклатура показників ґрунтів згідно з Держстандартом 17.4.2.01-81. Ця номенклатура показників повинна застосовуватися при розробці нормативно-технічної документації з охорони ґрунтів від забруднень, а також при контролі стану ґрунтів.

Контроль стану ґрунтів здійснюється за спеціальними методиками санітарними лікарями, санітарно-епідеміологічними станціями, а контроль хімічних забруднень, які спричиняють підкислення та підлужнення ґрунтів – агрохімічними лабораторіями, СЕС та органами охорони природи.

Таблиця 5.17 – Оціночні показники санітарного стану ґрунтів населених пунктів та сільськогосподарських угідь

Ґрунт	Число личинок та лялечок мух	Число яєць гельмінтів	Титр калі	Титр анаеробів	Санітарне число
Чистий	0	0	1 і вище	0,1 і вище	0,98-1
Мало-забруднений	Одиниці	До 10	1-0,01	0,1-0,001	0,85-0,98
Забруднений	10-25	11-100	0,01-0,001	0,001-0,0001	0,7-0,85
Сильно-забруднений	25	Понад 100	0,001 і менше	0,0001 і менше	0,7 і менше

Погіршення властивостей ґрунтів є одним з найбільш важливих факторів формування зон (класів) екологічного стану ґрунтів Н, Р, К і Л (табл. 5.18) і характеризується ґрунтовими критеріями.

Таблиця 5.18 – Оцінка стану ґрунтів в залежності від їх змін природно-техногенними геологічними процесами

Показники	Класи (зони) екологічного стану			
	З (Н)	УЗ (Р)	НЗ (К)	К (Л)
1	2	3	4	5
Родючість ґрунтів, % від потенційної можливості	> 85	85-65	65-25	< 25
Вміст гумусу, % від початкового	> 90	90-70	70-30	< 30
Вміст легко розчинних солей, % від маси	< 0,6	0,6-1,0	1,0-3,0	> 3
Вміст токсичних солей, % від маси	< 0,3	0,3-0,4	0,4-0,6	> 0,6
Площа вторинно засолених ґрунтів, %	< 5	5-20	20-50	> 50
Вміст пестицидів у ґрунті, од. ГДК	< 0,5	0,5-1,0	1-3	> 5
Вміст ЗР, од. ГДК	< 1	1-3	3-10	> 10
Залишковий вміст нафти і нафтопродуктів у ґрунті, % від маси	< 1	1-5	5-10	> 10

Продовження табл. 5.18

1	2	3	4	5
Ступінь змитості ґрунтових горизонтів	відсутні	змиті горизонти А <sub>1</sub> або 0,5 горизонту А	змиті горизонти А, В і частина АВ	змиті горизонти А і В
Глибина змитості ґрунтових горизонтів, % ґрунтового профілю	< 10	10-30	30-50	> 50
Площа підґрунтових порід, % від загальної площі	< 5	5-10	10-25	> 25
Площа дефляції, %	< 5	10-20	20-40	> 40

Найбільш інформативними є *ґрунтово-ерозійні критерії*, які прямо пов'язані як із природними геологічними процесами, так і з антропогенними факторами. Ці критерії дають найбільш повне уявлення про динаміку процесів деградації ґрунтового покриву. *За ступенем небезпеки* хімічні речовини, які забруднюють ґрунтовий покрив, підрозділяються на 3 класи (ГОСТ 17.4.1.02-83): 1 – високонебезпечні, 2 – задовільно небезпечні, 3 – малонебезпечні (табл. 5.19).

Таблиця 5.19 – Критерії класів небезпечності хімічних речовин в ґрунтах

Показник	Норми концентрації		
	1 клас	2 клас	3 клас
Токсичність, ЛД <sub>50</sub>	До 200	200-1000	Понад 1000
Персистентність в ґрунті, міс.	Понад 12	6-12	Менше 6
ГДК в ґрунті, мг/кг	Менше 0,2	0,2-0,5	Понад 0,5
Міграція	Мігрують	Слабко мігрують	Не мігрують
Персистентність в рослинах, міс.	3 і більше	1-3	Менше 1
Вплив на харчову цінність сільськогосподарської продукції	Сильний	Помірний	Немає

Інколи проводиться оцінювання за ступенем забруднення окремими забруднювальними речовинами (ВМ, нафтою і нафтопродуктами, бенз(а)піреном тощо). Для вилучення техногенної складової використовуються дані з незабруднених територій або територій з

викопними ґрунтами, що не зазнали антропогенного впливу.

Ґрунти вважаються забрудненими, коли концентрація нафтопродуктів (НП) у них досягає такої величини, при якій починаються негативні екологічні зміни в НПС: порушується екологічна рівновага в ґрунті, гине ґрунтова біота, падає продуктивність чи настає загибель рослин, відбувається зміна морфології, водно-фізичних властивостей ґрунтів, падає їх родючість, створюється небезпека забруднення підземних і поверхневих вод. Небезпечним рівнем забруднення ґрунту вважається рівень, що перевищує межу потенціалу самоочищення.

У деяких країнах прийнято вважати верхнім безпечним рівнем (Н) вміст НП у ґрунті 1-3 г/кг; початок серйозної екологічної шкоди (К) – при вмісті 20 г/кг і вище.

З огляду на фізико-географічні умови України (а також характер землекористування), що впливають на процеси самоочищення при забрудненні природного середовища НП, для практики проведення робіт з детоксикації НП у ґрунті доцільно прийняти такі ступені градації забруднення ґрунтів НП (з урахуванням кларку):

- незабруднені ґрунти – до 1,5 г/кг;
- слабке забруднення – від 1,5 до 5 г/кг;
- середнє забруднення – від 5 до 13 г/кг;
- сильне забруднення – від 13 до 25 г/кг;
- дуже сильне забруднення – більше 25 г/кг.

Слабке забруднення може бути ліквідоване в процесі самоочищення ґрунту в найближчі 2-3 роки, середнє – протягом 4-5 років. Початком серйозної екологічної шкоди є забруднення ґрунту НП у концентраціях, що перевищують 13 г/кг, при цих концентраціях починається міграція НП у підґрунтові води, істотно порушується екологічна рівновага в ґрунтовому біоценозі. Вважається, що концентрації, менші 5 г/кг, відповідають зоні **екологічної норми** (Н), 5-13 г/кг – **ризик** (Р), 13-15 г/кг – **кризи** (К) і більш 25 г/кг – **зоні лиха** (Л).

Слід зазначити, що ступінь забруднення ґрунтового покриву НП не завжди відбивається на їх транслокації (відповідно і на якості сільськогосподарської продукції), що, очевидно, пов'язано з гідрофобністю більшості вуглеводних і неуглеводних фракцій.

Необхідно диференціювати забруднювальні речовини ґрунтів за класом небезпеки згідно з ДСТУ 17.4.1.02-83 (табл. 5.20). Для оцінювання фонових значень показників ґрунтів необхідне виявлення ділянок, де ґрунтовий покрив ще не був під впливом сільськогосподарської діяльності.

Одним із методів оцінювання техногенної «непорушності» ґрунтів і порід зони аерації є характер розподілу  $^{137}\text{Cs}$ . Цей ізотоп цезію сорбується ґрунтом у верхньому шарі (до 5 см), якщо даний ґрунт є «цілина»; якщо ж ґрунт оброблявся, то розподіл  $^{137}\text{Cs}$  по всьому профілю буде практично рівномірним.



Таблиця 5.20 – Загальна оцінка ступеня забруднення компонентів літосфери з виділенням класів екологічного стану

Показник	Класи (зони) екологічного стану			
	З (Н)	УЗ (Р)	НЗ (К)	К (Л)
Концентрація всіх елементів і сполук	Фонові чи < 1 ГДК	Компоненти 2 і 3-го класів небезпеки в межах 1-5 ГДК; 1 класу – на рівні 1 ГДК	Компоненти 2 і 3 класів небезпеки в межах 5-10 ГДК; 1 класу – 1-5 ГДК	Компоненти 2 і 3-го класів небезпеки >10 ГДК; 1 класу – >5 ГДК

Оскільки ґрунти досить часто є забрудненими одночасно декількома елементами, то для них розраховується сумарний показник забрудненості, який відображає комплексний ефект впливу всієї групи елементів:

$$Z_c = \left( \sum_{i=1}^n K_{Ci} \right) - (n - 1), \quad (5.10)$$

де  $Z_c$  – сумарний показник забрудненості ґрунтів;

$K_{Ci}$  – коефіцієнт концентрації  $i$ -того хімічного елементу в пробі ґрунту;

$n$  – кількість врахованих хімічних елементів.

Сумарний показник забрудненості може бути визначений як для всіх елементів однієї проби, так і для ділянки території за геохімічною вибіркою.

Негативні наслідки антропогенного забруднення ґрунтів (ЗГ) вже виявляються на регіональному і навіть глобальному рівнях. Тому розробка програм спостережень за рівнем хімічного ЗГ, тобто система спостережень і оцінок стану ґрунтів внаслідок антропогенного забруднення, є вельми актуальною.

#### *5.2.4. Біоіндикація, її різновиди, методи реалізації та методи аналізу результатів*

Останнім часом все більшого значення набуває наявність інформації про стан і рівні забруднення не тільки складових довілля, але й стан біоти, тобто всіх живих організмів біосфери. При цьому важливо знати

характер та інтенсивність відповідних реакцій біологічних об'єктів на антропогенні впливи. Одним з найбільш оперативних методів отримання такої інформації є методи біотичного моніторингу, зокрема, за допомогою певних видів рослин, тобто методами *біоіндикації та біотестування*.

**Основні принципи проведення біотичного моніторингу атмосферного повітря і ґрунтів за допомогою рослин.** Відомо, що вищі і нижчі рослини можуть використовуватися як біоіндикатори забруднення в двох випадках:

а) якщо вони **накопичують** у своїх тканинах забруднювальні речовини у набагато більш високих концентраціях, ніж відповідні концентрації в геологічному середовищі;

б) якщо їхня **чутливість** до впливу визначених забруднювальних речовин різко відрізняється від чутливості інших рослин.

У випадку впливу високої концентрації забруднювальних речовин впродовж короткого періоду часу можливе сильне (*гостре*) ушкодження рослини. У результаті загибелі тканини (некрозу) її колір змінюється від металевого-сірого до коричневого, а в процесі старіння вона може знебарвлюватися і вигорати.

**Хронічне** ушкодження рослин виникає при впливі низьких концентрацій забруднювальних речовин впродовж тривалого періоду часу. До ознак хронічного ушкодження відносять бронзове фарбування листів, хлороз і їхнє передчасне старіння.

У природі часто зустрічається як хронічне, так і гостре ушкодження тієї ж самої рослини. Ознаки ушкоджень рослин виявлені й описані у рослин, які вирощені у природних умовах при відомих концентраціях забруднювальних речовин. Потім ці ознаки були підтверджені в лабораторних умовах на рослинах, що піддавалися дії тих самих забруднювальних речовин.

**Рослина-індикатор** – це така рослина, у якої ознаки ушкодження з'являються при впливі на неї фітотоксичної концентрації однієї забруднювальної речовини або суміші забруднювальних речовин.

Для моніторингу важлива не тільки якісна, але і кількісна оцінка. Тому метою біомоніторингу є перетворення рослини-індикатора в рослину-монітор. Індикаторами можуть бути ті рослини, що акумулюють у тканинах забруднювальну речовину або продукти метаболізму, які отримані в результаті взаємодії рослини і забруднювальної речовини.

Основні забруднювальні речовини, що діють на рослину через повітря. Ушкодження рослин-індикаторів різними забруднювальними речовинами систематизовані в табл. 5.21.

До **фотохімічних оксидантів** (речовин, для початку реакції спонтанного утворення і взаємодії яких необхідне сонячне світло) відносять: озон, пероксіацетилнітрат (ПАН) і оксиди азоту ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  та ін.). Озон потрапляє в рослини через устячка в процесі звичайного

газообміну між рослинами і навколишнім середовищем. Ушкодження добре помітні на старих листках, головним чином, на верхній поверхні листка. Загальна ознака ушкодження озоном – плямистість.

Таблиця 5.21 – Ушкодження рослин від різних шкідливих речовин

Забруднювальні речовини	Ушкодження	Рослина-індикатор
1	2	3
O <sub>3</sub>	Плями металевого кольору; рудувато-білі плями; жовто-червоні кінчики голок; хлороз	Шпинат, картопля, тютюн, виноград, огірок, цибуля, хвойні, ясен, квасоля, іпомея
ПАН	Водянисті, потім глясові, сріблясті, бронзові плями; хлоротичні смуги на листках	Салат, квасоля, петунія, злакові, узколистні трави
NO <sub>x</sub>	Уповільнення росту і нагромадження сухої речовини; знебарвлення країв листів	Молоді томати, барвінок
SO <sub>2</sub>	Біфаціальне знебарвлення між жилками, ефект «ялинки»	Ожина, малина, виноград, овес, береза вишнева, конюшина, ясен американський, ревінь, капуста, шпинат, тютюн, яблуна, персик
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Червоно-бурий колір, хлороз	Сосна, ялина
NO <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub>	Зниження врожайності злаків і пасовищних трав	Овес, соєві боби, тютюн
O <sub>3</sub> + SO <sub>2</sub>	Хлороз	Люцерна, капуста, квасоля, соя, шпинат, тютюн, томати
Фториди	Хлороз уздовж жилок або листків; гострий некроз по краях листків і деформація; обпалені верхівки	Гладіолус, тюльпан, ірис, лілія, хвойні
NH <sub>3</sub>	Тьмяно-зелені, бурі, чорні листки, глянець на нижній стороні листка	Яблуна
B	Крайовий і міжжилавий некроз, плямистість листків, чашоподібна форма і деформація листків	Горіх сірий, жимолость, клен, шовковиця, дикий виноград

Продовження табл. 5.21

1	2	3
Cl <sub>2</sub>	Знебарвлення листів по краях від чорного до білого, між жилавий некроз (SO <sub>2</sub> ), цяточки (O <sub>3</sub> )	Гірчиця, соняшник, хвойні
Етилен, пропилен	Сповільнює зростання; погіршення цвітіння, плодоносіння, «скручує» листки	Орхідеї, томати, хризантеми (у теплицях)
HCl	Міжжилавий і крайовий хлороз, некроз	Слива

**ПАН** також проникає в листи через устячка, у результаті чого на внутрішній стороні листків виникають водянисті плями, що потім стають глясовими, сріблестими або бронзовими.

**Оксиди азоту** (NO<sub>x</sub>). Для сильного ушкодження рослини оксидами азоту необхідна більш висока концентрація NO<sub>x</sub>; часто його вмісту у повітрі не досить для гострого ушкодження. Низькі концентрації NO<sub>x</sub> навіть стимулюють зростання рослин, а їхня зелень стає більш темною.

**Діоксид сірки** (SO<sub>2</sub>) потрапляє в рослину й окислюється до високотоксичного сульфіту SO<sub>3</sub>, а потім повільно – в менш токсичний сульфат SO<sub>4</sub>. У результаті дії SO<sub>2</sub> на широколистові рослини їхні листки знебарвлюються між жилками (ефект «ялинки»).

**Другорядні забруднювальні речовини:** фториди (джерело – плавильні заводи та інші підприємства подібного профілю), аміак (джерело – аварії на виробництві, втрати з трубопроводів), бор (джерело – виробництво скловолокна, печей і рефрижераторів), хлор (джерело – целюлозно-паперове виробництво, при використанні як окислювача, аварії при транспортуванні), етилен і пропилен (містяться у вихлопах автотранспорту, є природним рослинним гормоном, що утворюється при ушкодженні рослин іншими забруднювальними речовинами), соляна кислота.

**Тверді частинки і важкі метали.** Вони можуть осідати на рослини, засмічувати і проникати в устячка, негативно впливати на запилення квітів, розмір і стан листів через вплив на рН ґрунту, впливати на склад лісових насаджень. Найчастіше важкі метали зустрічаються у вигляді твердих часток, адсорбованих на інших частках, або у вигляді солей. З атмосфери вони осідають на рослини чи ґрунт. Важкі метали, що осідають на поверхні ґрунту, мають тенденцію накопичуватися в її верхніх шарах. Концентрація важких металів у ґрунті залежить від вмісту в ній глини й органічної речовини. У цілому ж важкі метали стійкі до вилуджування і розпаду. При тривалому впливі концентрація їх збільшується і може стати токсичною.

**Свинець** найбільш розповсюджений ВМ, який часто зустрічається в

повітрі і ґрунті. Природне джерело надходження свинцю – вивітрювання гірських порід. При виплавлянні 1 т свинцю в атмосферу викидається до 25 кг Pb. Гумусовий шар ґрунту добре адсорбує Pb, який потім накопичується в ґрунті і локалізується в пухирцях диктіосом, відкладається в клітинній оболонці.

**Ртуть** – єдиний важкий метал, що перебуває в рідкому стані при нормальній температурі, один із найнебезпечніших канцерогенів. Природне джерело – вивітрювання гірських порід – близько 800 т. Нормально розвинуті ґрунти мають високу сорбційну здатність, і вимивання Hg з них незначне. Випаровування Hg з ґрунту зменшується зі збільшенням вологості ґрунту, кислотності ґрунту і зі зменшенням гумусу. Hg негативно впливає на більшість рослин, особливо на троянди. На їхніх листках з'являються бурі плями, листки жовтіють, а потім опадають.

**Миш'як** (відходи медичної і металургійної промисловості, виробництво добрив, згоряння вугілля). Міграція As в ґрунті відбувається більш інтенсивно, якщо він надходить у великих кількостях.

**Кадмій** – Cd (результат згоряння дизельного палива, при плавленні руд і внесенні добрив). Максимальна адсорбція Cd відбувається в ґрунті з більшою ємністю поглинання, значним вмістом гумусу, високим показником рН.

**Цинк** – Zn (відходи металургійного виробництва) більш мобільний, ніж свинець і кадмій. Висока міграція в еродованих ґрунтах в умовах підвищеної вологості. За наявними даними Zn, Cd і Cu викликають міжжилавий хлороз з наступним почервонінням і пожовтінням листів дерев поблизу джерела в середині літа.

Для біоіндикації важких металів використовуються, в основному, мохи і лишайники, що абсорбують важкі метали з повітря і атмосферних опадів. Мохи є кращими індикаторами. У Швеції, Фінляндії, Норвегії складені карти, що показують регіональні розходження у випаданні Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb і Zn з атмосфери за результатами аналізу мохів. Концентрація Pb у мохах збільшується при випаданні атмосферних опадів, зменшується зі збільшенням відстані від доріг і міст. Різні види мохів по-різному реагують на вміст того чи іншого важкого метала. Сфагновий мох добре абсорбує Cd, Pb і Zn, інші види – накопичують Hg. Бородатий мох (Мексиканська затока) є активним акумулятором Pb.

Для біоіндикації можна вибрати недовговічні трав'янисті чи деревинні рослини і висадити їх на потрібних ділянках. Дерева будуть рости і довго бути індикаторами без особливого догляду.

Існує три способи одержати кількісну характеристику стану повітря через реакцію рослини на забруднення:

1) зіставити ступінь спричиненого забруднювальними речовинами ушкодження з відомою концентрацією ЗР в навколишньому середовищі;

- 2) використовувати рослину як живий колектор (пробовідбірник);
- 3) виміряти кількість забруднювальних речовин або зв'язаного з нею метаболіту і співвіднести отримане значення з концентрацією забруднювальної речовини у повітрі і ґрунті.

Для мінімізації помилок необхідно використовувати ту саму ґрунтову суміш і насіння з одного джерела. Варто брати рослини, що легко вирощувати і доглядати, стійкі до хвороб і шкідників. Будуються криві «доза-відповідна реакція» (наприклад, певний сорт моху – важкі метали, тютюн – O<sub>3</sub>).

Ступінь ураження листків трав'янистих рослин (боби, тютюн), зазвичай, вимірюється візуально шляхом визначення площі (у %) ураженої листової поверхні (табл. 5.22, 5.23). Квасоллю можна використовувати до появи трилопатевих листків 3-го порядку. Сумарні підрахунки можна проводити через кожні 3-5 днів.

Таблиця 5.22 – Оцінка реакції садової квасолі на вплив озону

Оцінка ушкодження (зернистість або опік)	Індекс ступеня ушкодження	Кількість ушкоджених листя, %
Немає	0	0
Слабке	1	1-25
Помірне	2	26-50
Помірно-сильне	3	51-75
Сильне	4	76-99
Повне	5	100

*Для хвойних рослин* характеристикою відповідної реакції є: довжина хвої, колір, форма, вік хвої, кількість ушкоджених хвоїнок на гілці (у %).

Можна відповідну реакцію визначати за **показниками росту і продуктивності**: швидкість росту, площа листової поверхні, кількість листків, дата формування бруньки, дата початку цвітіння, співвідношення кількості бруньок і квіток, квіток і плодів, кількість насінин на плід, співвідношення паростків і коренів, загальний вихід або біомаса.

Таблиця 5.23 – Оцінка реакції первинних листків

Дні від висіву	Індекс ступеня ушкодження	Кількість ушкоджених листя, %
7	0	0
11	1	15
15	2	40 (+25)
20	4	80 (+40)

**Для дерев:** кількість гілок, довжина, діаметр гілки, діаметр стовбура в даній точці над рівнем землі, швидкість зростання стовбура, розмір листка чи хвої і/чи поверхні, кількість плодів чи шишок, кількість насінин.

Якщо рівень забруднення визначається за поглинанням забруднювальної речовини, то варто вимірювати або кількість забруднювальної речовини, або кількість метаболіту забруднювальної речовини. Можна вивести рівняння співвідношення рівня забруднювальної речовини у тканинах і НПС.

Рослини, як живі колектори (мохи, лишайники), акумулюють у тканинах важкі метали. Шляхом збирання рослин, висушування, зважування і хімічного аналізу можна підрахувати кількість поглиненого важкого металу. Лишайники часто використовують для визначення рівня SO<sub>2</sub>. Змінюючи проміжки збору чи виносу сіток здорових примірників лишайників, можна вивести співвідношення між вмістом поглиненої ЗР тканинами і концентрацією ЗР в навколишньому середовищі.

Таким чином, мохи, лишайники, покрито- і голонасінні, а також гриби, можна і доцільно використовувати як біоіндикатори, тобто для одержання кількісної оцінки забруднювальної речовини у природному середовищі. Виявлення важких металів в ґрунті і рослинах можливо за допомогою таких методів, як атомно-адсорбційна спектрофотометрія, рентгенофлуоресцентний аналіз тощо.

**Основні принципи проведення біоіндикації за допомогою тварин.** Найбільше методи біоіндикації за допомогою тварин використовуються для оцінювання рівня забрудненості водного середовища. Визначають загальну біомасу і чисельність відповідної популяції. Зменшення розмірів популяції або її повне зникнення з водойми свідчить про забруднення води токсикантами.

При проведенні біотичного моніторингу використовуються методи **пасивної і активної біоіндикації**.

При використанні **методів пасивної біоіндикації** як індикаторні організми використовуються найбільш чутливі і досліджені види організмів, доступні для візуального спостереження, наприклад, риби для водних середовищ і великі безхребетні (**жужелиці, дощові черв'яки**) – для ґрунтів. Індикаторні організми повинні вивчатися у комплексі і на всіх стадіях прояву токсикозу, який визначається особливостями дії токсиканту та його концентрацією у середовищі. Так, токсиканти локальної дії пошкоджують респіраторний епітелій зябр у риб (до відділення ниток від зябрових пластинок), спричиняють кровотечу із зябер. Шкіряні покриви вкриваються слизом, який порушує газообмін, риба гине від асфіксії. Риби починають ковтати повітря з поверхні й гинуть з відкритим ротом та зябрами.

**Методи активної біоіндикації** для визначення токсикантів передбачають використання як індикаторні організми тест-об'єктів

(гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori* L.), ракоподібних (*Dafnia magna* L.) та ін. Гусениці-мураші мають надзвичайно високу чутливість до дії токсикантів, особливо до інсектицидів і солей важких металів.

Приклад біотестування за допомогою **гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда**. Проби води або ґрунтового розчину, що відібрані для біотестування, вливаються у літрові колби (по 3 колби на варіант, контроль – питна вода). В кожену колбу вміщуються на дві доби по 3 пагони шовковиці з листям. За цей час пагони поглинають з розчину токсиканти. Після цього лист згодують гусеницям-мурашам шовковичного шовкопряда протягом трьох наступних днів (один раз на добу). Щоденно підраховують загиблих гусениць. В разі забруднення води інсектицидами гусінь гине в першу добу, а при забрудненні фосфорорганічними сполуками та іншими токсикантами – через 48 годин.

**Тест токсичності на інфузоріях** роду *Paramecium*. Досліджуванним об'єктом слугує в'їчаста інфузорія *Paramecium caudatum*). Критеріями токсичності є зміни нормальної форми, руху, помаху в'ї, частоти пульсуючих вакуолей, а також кількість загиблих інфузорій.

У відвар сіна висіваються кормові бактерії, а через один-три дні вносяться організми *P. caudatum*. Для приготування відвару 10 г сіна кип'ятять 20 хв в 1 л водопровідної води. Відвар фільтрується, додається 1 л водопровідної води і зберігається у стерильних умовах. У чашки Петрі діаметром 9 см поміщається 9 мл стерильного відвару і 1 мл стічної води або токсичного розчину (розведення 1:10). З них береться по 1 мл розчину і додається в інші чашки з 9 мл відвару (розбавлення 1:100). Потім в контрольні та дослідні чашки поміщається по 50-100 особин інфузорій. Спостереження за поведінкою інфузорій проводиться під біокулярним мікроскопом з 30-50-кратним збільшенням. Поряд з морфологічними і фізіологічними змінами особин відзначається летальна концентрація речовин  $LC_{50}$ , яка спричиняє летальну дію на 50% особин впродовж 24 ч.

**Тест токсичності на кільчастих хробаках** роду *Tubifex*. Для дослідів використовують хробаків, яких спочатку впродовж двох днів промиваються проточною питною водою. Для дослідів вибираються непошкоджені хробаки, кладуться на годинникове скло, зі стекол зливається вода, хробаки промиваються випробуваним розчином і поміщаються в цей розчин по десять штук на 100 мл води таким чином, щоб висота стовпа води в дослідних чашках становила 2-3 см. Стежать за негайною реакцією хробаків після поміщення в розчин, потім за подальшою зміною їх поведінки впродовж 48 год через певні проміжки часу, за загибеллю особин після 48 год, беручи до уваги результати контрольних випробувань. Досліди з тубіфіцид дають відомості про шкідливий вплив досліджуваної стічної води або речовини.



**Тест токсичності на гіллястовусих рачках** роду *Daphnia*. Дафнії типові представники зоопланктону стоячих евтрофних водойм. Для дослідів використовується мешканець альфа-мезосапробних вод *Daphnia magna*. У чистих і сухих судинах готують серію різних розбавлень випробуваної стічної води (100, 10, 1, 0,1%), контролем слугує питна вода для розведення. У кожному посудину по 100 мл поміщають 10-20 здорових рачків без зародків четвертій стадії розвитку і по можливості однакової величини. Відзначається смертність рачків миттєву і через 1, 4, 8, 24 і 48 ч. При відмиранні 50% внесених рачків через 48 год концентрація стічної води або речовин вважається смертельною. Вирощування дослідних дафній в лабораторних умовах проводять у скляних акваріумах або посудинах місткістю до 5 л. Два рази на тиждень судини доливаються свіжою водою і один раз на тиждень з них відсмоктується придонний шар води. Годування рачків проводять щодня, вносячи по 20 мл культури хлорели з додаванням кількох крапель розбавлених дріжджів. Результати застосовні для орієнтовної оцінки можливості випуску стічних вод у водойму.

В якості тест-організмів токсичності використовують також **веслоногих ракоподібних** *Cyclops strenuus* і **водяного ослика** *Asellus aquaticus* з **рівноногих ракоподібних**. *Cyclops strenuus* більш чутливий щодо містяться у воді хімічних органічних речовин, в той час як *Daphnia* більш чутлива до мінерального забруднення. Водяний ослик є індикатором альфа-мезосапробних вод, легко культивується в умовах лабораторії, чутливий до різних видів стічних вод, що містять токсичні речовини, особливо до інсектицидів.

**Тест токсичності на гуппі.** Як індикатор використовується невелика рибка гуппі (*Lebistes reticulatus*). Вона легко розводиться в акваріумах. Рибок поміщають в дослідні посудини з водою з водойми з певною часткою стічних вод або певною кількістю випробуваного токсичної речовини з розрахунку по 4 примірники на 1 л води. Для досвіду беруться дорослі риби обох статей по можливості в рівних співвідношеннях. В якості контролю слугують риби в паралельних дослідах з чистою водопровідною водою і водою з акваріума, де розводяться риби. Досліди проводяться при кімнатній температурі протягом 48 ч. Освітлення має бути розсіяним. Відзначається поведінку і стан рибок під час досвіду, кількість рибок, загиблих через 24 і 48 ч.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке метрологія? Її значення в системі екологічного моніторингу.
2. Поясніть сутність понять «методика», «процедура», «метод», «принцип» вимірювання.

3. Способи відбору проб для визначення санітарно-гігієнічного стану атмосферного повітря, водного середовища та ґрунтів.
4. Методики аналізу відібраних проб атмосферного повітря, поверхневих вод та ґрунтів.
5. Контрольно-вимірювальна апаратура для визначення показників якісного стану атмосферного повітря, поверхневих вод та ґрунтів.
6. Наведіть приклади автоматизованих вимірювальних комплексів для визначення складу й властивостей аналізованих середовищ.
7. Охарактеризуйте основні принципи покладені у методи критеріальної оцінки стану атмосфери, водних екосистем та ґрунтів.
8. Що називається біоіндикацією? Назвіть та опишіть основні її різновиди.

## 6. ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

### 6.1. Оптимізація технологій захисту довкілля

#### *6.1.1. Техніко-технологічні аспекти експлуатації систем захисту навколишнього середовища*

Оптимізація техніко-технологічних параметрів експлуатації систем захисту довкілля полягає в інтенсифікації технологічних процесів на підприємстві. Загальні принципи інтенсифікації технологічних процесів захисту навколишнього середовища зводяться до використання **кінетичних і термодинамічних факторів**, які ефективно впливають на швидкість процесу і вихід продуктів взаємодії.

Вибір факторів, що впливають на кінетику процесу, повинен залежати від того, в якій області (кінетичній, дифузійній, перехідній) він протікає і якою мірою прискорює лімітуючу стадію в даних конкретних умовах його здійснення.

Так, для інтенсифікації процесів в **кінетичному режимі** доцільно змінювати температуру, тиск, концентрації реагуючих речовин, використовувати каталізatori, збільшувати поверхню взаємодіючих речовин.

Підвищення температури призводить до значного зростання константи швидкості реакції і використовується як потужний фактор інтенсифікації багатьох процесів.

Збільшення концентрації взаємодіючих компонентів досягається збагаченням вихідних продуктів процесу. Цю ж роль виконує підвищення тиску газоподібних вихідних продуктів реакції, збагачення дуття киснем в процесах горіння. Якщо при цьому одночасно здійснюється відведення продуктів взаємодії із зони реакції, то тим самим знижуються їх концентрація і, отже, швидкість зворотних процесів, що додатково збільшує сумарну швидкість процесу.

Сильним інтенсифікуючим фактором гетерогенних реакцій, що протікають в кінетичній області, є підвищення питомої поверхні (дисперсності) вихідних речовин. Загальна швидкість реакції в цьому випадку пропорційна площі поверхні, на якій протікає взаємодія.

Така ж мета досягається при збільшенні ступеня однорідності розподілу речовин, їх гомогенізації, що розширює площу контакту взаємодіючих фаз. Гомогенності домагаються механічним перемішуванням, вібрацією, ультразвуком, високовольтними розрядами в рідкому середовищі та ін.

Прискорення реакцій за рахунок використання каталізаторів широко

застосовується в хімічній промисловості і обумовлено зниженням енергії активації.

Процеси *в дифузійній області* інтенсифікуються перемішуванням взаємодіючих фаз, турбулізацією їх потоків, що сприяє прискореному протіканню повільних в даному випадку дифузійних стадій. Це ж досягається зниженням в'язкості і щільності середовища, в якому здійснюється дифузія.

Для інтенсифікації процесів *у перехідній області* необхідно використовувати як кінетичні, так і дифузійні чинники.

Як правило, кінетичні стадії лімітують процеси при низьких температурах, а дифузійні – при високих. В останньому випадку може змінюватися фазовий склад речовини (наприклад, вона плавиться або возгоняється, різко інтенсифікуючи швидкість дифузії і процесу в цілому). Таким чином, підвищення температури слід розглядати не тільки як фактор, що прискорює процес в дифузійної області, але і як засіб переведення гетерогенної системи в гомогенну, а твердих фаз в рідко- і газофазні, що повинно істотно збільшити швидкість перетворень.

Вихід кінцевих продуктів в технологічних процесах в граничному випадку, тобто в положенні хімічної рівноваги, визначається константою рівноваги і активністю вихідних речовин, пов'язаної з їх концентрацією. У свою чергу, константа рівноваги конкретної реакції залежить тільки від температури.

Відповідно до принципу Ле Шательє вихід продуктів реакції в ендотермічних процесах буде збільшуватися при підвищенні температури, а також при зростанні тиску, якщо обсяг газоподібних продуктів реакції менший, ніж обсяг вихідних, і при підвищенні концентрації однієї або кількох вихідних речовин. У всіх випадках час досягнення рівноважного стану (максимального виходу продуктів реакції) скорочується із зростанням температури.

У промисловій практиці для збільшення швидкості процесу і виходу продуктів реакції використовуються одночасно кілька або більшість з перерахованих факторів інтенсифікації.

Широке розвиток одержали також фактори інтенсифікації, засновані на використанні високодисперсних матеріалів (факельна та ін.), барботажні технології, багаторазово збільшуючи поверхні міжфазової взаємодії, підвищення тиску дуття і збагачення його киснем, процеси вакуумування, використання багатих рудних концентратів, методи позапічної обробки розплавів металів, тобто практично всі відомі фізико-хімічні фактори регулювання швидкості і повноти протікання технологічних перетворень.

### 6.1.2. Ефективність та надійність експлуатації пилогазоочисного обладнання

Очищення пилогазових викидів є основним заходом щодо захисту і відновленню повітряного басейну.

Існують різні методи очищення викидів від твердих, рідких і газоподібних домішок.

**Для очищення газів від твердих і рідких частинок** застосовуються технології сухого інерційного очищення газів, мокрому очищення газів, фільтрації, електростатичного осадження.

**Для очищення газів від газо- і пароподібних компонентів** застосовуються методи абсорбції, адсорбції, термічне і термокаталітичне очищення, біохімічні реактори.

Газоочисні установки, як правило, не дають прямого прибутку. Можливість використовувати продукт, що уловлюється, покриває тільки незначну частину витрат. Тому в числі техніко-економічних показників варто враховувати збиток від можливого забруднення атмосферного повітря у випадку відсутності очищення, що створює передумови встановлення рентабельності й очікуваного прибутку від упровадження систем і апаратів очищення викидів.

Техніко-економічна оцінка проводиться шляхом порівняння показників впроваджуваного об'єкта пилогазоочищення з кращими діючими аналогами.

Оцінка ефективності систем пилогазоочищення виконується з використанням наступних показників:

**Ступінь або ефективність очищення газів** – це відношення кількості уловленої забруднювальної речовини до кількості, що надходить в апарат, визначається за формулою

$$\eta = \frac{\sigma'_\text{ч} - \sigma''_\text{ч}}{\sigma'_\text{ч}} = \frac{Q'c' - Q''c''}{Q'c'} = 1 - \frac{Q''c''}{Q'c'} = \frac{\sigma'''_\text{ч}}{Q'c'}, \quad (6.1)$$

де  $\sigma'_\text{ч}$  і  $\sigma''_\text{ч}$  – масові витрати частинок пилу, що вміщуються в газах, які відповідно надходять і виходять з апарата, кг/с;

$Q'$ ,  $Q''$  – об'ємні витрати газів (при 0°C і 101,3 кПа), які відповідно надходять і виходять з апарата, м<sup>3</sup>/с;

$c'$ ,  $c''$  – концентрації частинок пилу в газах, які відповідно надходять в апарат і виходять з апарата, кг/м<sup>3</sup>;

$c'''$  – кількість вловленого пилу, кг/с.

Якщо об'єм газів в процесі очищення змінюється, наприклад за рахунок підсмоктування, то ефективність визначається за формулою

$$\eta = 1 - K_{\Pi} \cdot \frac{c''}{c'}, \quad (6.2)$$

де  $K_{\Pi}$  – коефіцієнт підсмоктування.

Відомо, що ефективність очищення для частинок пилу різних розмірів неоднакова. Ефективність уловлювання частинок пилу (ступінь очищення) залежить від дисперсності сполуки. У першу чергу уловлюються великі частинки пилу. Ефективність пиловловлюючого устаткування характеризується досяганням фракційного ступеня очищення. Тому коефіцієнт очищення газів часто визначається за фракційною ефективністю – ступенем очищення газів від частинок певного розміру.

**Фракційний ступінь очищення** – відношення кількості пилу даної фракції, уловленої в апараті, до кількості вхідного пилу тієї ж фракції

$$\eta_{\delta} = [\delta' - \delta''(1 - \eta)], \quad (6.3)$$

де  $\delta'$ ,  $\delta''$  – вміст фракцій в газах відповідно на вході та виході апарата, %.

Знаючи фракційний ступінь очищення газів, можна визначити **загальну ефективність апарата**

$$\eta = \frac{\eta_{\delta_1} \cdot \delta_1}{100} + \frac{\eta_{\delta_2} \cdot \delta_2}{100} + \dots + \frac{\eta_{\delta_n} \cdot \delta_n}{100}. \quad (6.4)$$

Ефективність вловлювання пилу може бути виражена у вигляді **коефіцієнта проскокування частинок** (ступеня неповного вловлювання) – відношення концентрації частинок за апаратом до їх концентрації перед ним. Він використовується, коли необхідно оцінити кінцеву запиленість або порівняти відносну запиленість газів на виході з різних апаратів.

Коефіцієнт проскокування  $P$  розраховується за формулою

$$P = 1 - \eta, \quad (6.5)$$

Сумарний ступінь очищення газів декількох послідовно встановлених апаратів, розраховується за формулою

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n), \quad (6.6)$$

де  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ , ...,  $\eta_n$  – ступінь очищення газів від пилу відповідно в першому, другому і  $n$ -му апараті.

Для оцінки забезпеченості підприємств очищенням в часі використовується *коефіцієнт забезпеченості технологічних процесів газоочищенням*

$$K_{30} = \frac{T_{\Gamma}}{T_{\text{ТО}}}, \quad (6.7)$$

де  $T_{\text{ТО}}$  – час роботи технологічного обладнання, с;

$T_{\Gamma}$  – час роботи газоочисних установок.

### *6.1.3. Ефективність та надійність експлуатації водоочисного обладнання*

Підвищення якості очищення стічних вод і зниження затрат на очищення значною мірою залежить від рівня експлуатації очисних споруд каналізації. Всебічна грамотна оцінка технологічної ефективності роботи очисних споруд каналізації необхідна під час пуску і налагодження після будівництва, ремонту або реконструкції; зміні розходу і складу стоків; розробці заходів щодо інтенсифікації і реконструкції споруд; розробці технологічних регламентів очищення стічних вод; одержання дозволу на спецводокористування і регламентування окремих стадій очищення, а також для встановлення нормативних показників очищення.

Оцінка технологічної ефективності роботи споруд потрібна також для організації раціональної експлуатації споруд і для виявлення причин незадовільних показників очищення.

**Технологічна ефективність очисних споруд** визначається зіставленням проектних показників ступеня очищення стічних вод з фактичними. За відсутності проектних даних, а також при відхиленні витрат і складу стічних вод, які надходять на очищення, від проектних параметрів розробляються нормативні показники роботи очисних споруд, які включаються у клопотання для одержання дозволу на спеціальне водокористування.

Новозбудовані очисні споруди працюють ефективно, якщо показники якості очищених стічних вод відповідають проектним показникам. Ці показники слід встановлювати розрахунковим шляхом, виходячи із складу споруд, умов очищення, витрати і якісних характеристик стоків. Встановлені нормативні показники можуть не відповідати вимогам Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами. В такому випадку розробляються заходи з інтенсифікації роботи споруд або їх реконструкції для доведення нормативних показників до вимог, встановлених органами з регулювання використання і охорони вод.

Фактичні показники ефективності очищення визначаються на основі хімічних аналізів середньодобових проб стоків, відібраних в контрольних точках.

За необхідності *оцінки ефективності роботи кожної окремої споруди* (пісковловлювача, відстійника, аеротенка), які входять в склад очисних споруд, відбір проб проводиться на вході і на виході кожної споруди і розраховується стосовно кожного окремого етапу очищення.

При перевищенні чисельних значень показників фактичної якості очищення стічних вод над проектними або нормативними величинами контрольованих показників, а також у випадках, скидання очищених стічних вод, які внаслідок перевантаження очисних споруд не забезпечують додержання вимог «Правил охорони поверхневих вод» (1991), власники очисних споруд повинні розробити план заходів щодо забезпечення ефективного очищення стічних вод, реалізація якого повинна забезпечити додержання цих вимог.

В план заходів, у відповідності з місцевими умовами, включається перелік водоохоронних заходів, в тому числі проектування споруд, їх будівництво, реконструкція діючих споруд, терміни їх реалізації (вводу в експлуатацію), об'єми фінансування і нормативні показники якості очищення стічних вод в даний період до здійснення заходів і які будуть досягнуті за рахунок вводу в дію водоохоронних заходів, передбачених планом. Вказаний план заходів погоджується з органами державного нагляду, затверджується і включається в план економічного і соціального розвитку галузі.

При виявленні надходження на очисні споруди токсичних промислових стоків, внаслідок чого може виникнути порушення режиму роботи очисних споруд або при проведенні аварійно-відновних робіт, які призвели до скидання неочищених або недостатньо очищених стічних вод у водні об'єкти, власники очисних споруд повинні негайно інформувати органи з регулювання використання та охорони вод.

Стічні води підприємств хіміко-фармацевтичної промисловості, які забруднені мікроорганізмами, необхідно постійно знезаражувати.

На підприємстві (згідно МВ 64У-1-97) повинна бути розроблена стандартна робоча методика, яка встановлює порядок відбору проб стічних вод. Підприємство повинно регулярно виконувати відбір проб стічних вод і їх контрольні дослідження. Характеристика скиду повинна бути запротокольована. Крім цього, необхідно контролювати і реєструвати кількість стічних вод, додержання питомих норм водоспоживання і водовідведення та скидання стічних вод в каналізацію і поверхневі водойми або їх передавання на очисні споруди.

При виборі очисних споруд необхідно керуватись характеристикою і складом стічних вод, які залежать від специфіки виробничих процесів і повинні бути наведені в технологічних регламентах виробництва.



Взаємозв'язок між санітарними вимогами до стічних вод, що надходять у водотоки та водойми, та необхідним ступенем їх попереднього очищення в загальному вигляді можна описати такою формулою

$$C_{\text{ст}} \cdot q + C_{\text{р}} \cdot a \cdot Q \leq (a \cdot Q + q) \cdot C_{\text{п.д.}}, \quad (6.8)$$

де  $C_{\text{ст}}$  – концентрація забруднювальної речовини (шкідливої речовини) в стічних водах, за якої не будуть перевищені допустимі межі (вони відповідають санітарним вимогам), г/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{р}}$  – концентрація цього ж виду забруднювальної речовини (шкідливої речовини) у водотоці або водоймі вище місця скидання, г/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{п.д.}}$  – гранично допустимий вміст забруднювальної речовини (шкідливої речовини) у водотоці або водоймі, г/м<sup>3</sup>;

$a$  – коефіцієнт перемішування, що показує, яка частина витрат води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі;

$Q$  – витрата води у водотоці або водоймі, м<sup>3</sup>/год;

$q$  – витрата стічних вод, що надходять у водотік або водойму, м<sup>3</sup>/год.

Величина  $Q$  визначається за даними гідрометеорологічної служби, показник  $q$  – за результатами технологічних розрахунків, а параметр  $C_{\text{р}}$  – на основі лабораторних аналізів. Значення коефіцієнта змішування  $a$  залежить від багатьох факторів: конструкції випускного обладнання, відстані до розрахункового створу, а також гідравлічних і гідрологічних параметрів водойми. Коефіцієнт  $a$  розраховується за методом Фролова-Родзіллера.

Перетворюючи формулу (6.8), можна одержати значення  $C_{\text{ст}}$ , тобто величину концентрації забруднювальної речовини в стічних водах, якої потрібно досягти внаслідок їх очищення й знешкодження, а саме

$$C_{\text{ст}} \leq \frac{a \cdot Q}{q} \cdot (C_{\text{п.д.}} - C_{\text{р}}) + C_{\text{п.д.}} \quad (6.9)$$

Необхідний ступінь очищення стічних вод перед скиданням їх у водойму визначається:

а) за допустимою кількістю завислих частинок забруднювальних речовин у стічних водах

$$S_{\text{зв.ч.}} = \frac{N - N_{\text{доп}}}{N} \cdot 100, \quad (6.10)$$

де  $N$  – кількість завислих частинок у стічних водах до очищення;

$N_{\text{доп}}$  – допустима кількість завислих частинок забруднювальних речовин у стічних водах після очищення;

б) за допустимим вмістом забруднювальних речовин у стічних водах

$$S_{\text{вм.}} = \frac{C - C_{\text{доп}}}{C} \cdot 100, \quad (6.11)$$

де  $C$  – фактична концентрація забруднювальних речовин у стічних водах до очищення;

$C_{\text{доп}}$  – допустима концентрація забруднювальних речовин у стічних водах після очищення;

в) за допустимим біологічним показником споживання кисню у стічних водах

$$S_{\text{БСК}} = \frac{B - B_{\text{доп}}}{B} \cdot 100, \quad (6.12)$$

де  $B$  – фактичний біологічний показник споживання кисню у стічних водах до очищення;

$B_{\text{доп}}$  – допустимий біологічний показник споживання кисню у стічних водах після очищення;

г) за допустимою температурою стічних вод ступінь їх охолодження перед спуском у водотік або водойму визначається

$$S_t = \frac{t - t_{\text{доп}}}{t_{\text{в}}} \cdot 100, \quad (6.13)$$

де  $t_{\text{в}}$  – температура води у водоймі перед спуском стічних вод;

$t_{\text{доп}}$  – температура стічних вод після їх охолодження:

$$t_{\text{доп}} = (t_{\text{в}} + 3)^\circ\text{C};$$

г) за зміною активної реакції води та за концентрацією кислот і лугів кратність розведення стічних вод перед їх спуском у водотік або водойму визначається

$$S_{\text{рН}} = \frac{\text{рН} - \text{рН}_{\text{доп}}}{\text{рН}} \cdot 100, \quad (6.14)$$

де  $\text{рН}$  – водневий показник (кислотність) стічних вод перед розведенням;

$pH_{\text{доп}}$  – допустимий водневий показник стічних вод після їх очищення.

Перевірка стану виробничих стічних вод перед їх спуском у водотік або водойму повинна здійснюватися систематично за всіма вищенаведеними формулами і підтверджуватися експериментальними методами.

#### *6.1.4. Ефективність та надійність експлуатації ґрунтозахисних систем*

Основним шляхом підвищення ефективності використання землі є послідовна інтенсифікація, оскільки вона, відповідно до незмінної площі, дає можливість збільшити валове виробництво продукції за рахунок збільшення виходу її з одиниці земельної площі. Розв'язання цієї проблеми пов'язане не лише з додатковими вкладеннями, а й з удосконаленням технології та організації виробництва. Основними заходами підвищення ефективності використання землі є:

- збільшення площ земель, які використовують у сільському господарстві;
- меліорація земель;
- запровадження нових ґрунтозахисних систем землеробства;
- захист ґрунтів від ерозії і деградації;
- освоєння науково обґрунтованих сівозмін;
- запровадження інтенсивних технологій, науково обґрунтованих систем удобрення й інтегрованого захисту рослин від хвороб, шкідників і бур'янів, запровадження нових форм організації праці та виробництва.

**Під економічною ефективністю** використання землі необхідно розуміти ступінь ведення на ній господарської діяльності, що характеризується виходом продукції з одиниці земельної площі й обсягом затрат на її виробництво.

Ефективність використання землі в аграрних підприємствах визначається системою натуральних і вартісних показників. **Основним натуральним показником**, що характеризує ефективність використання землі в рослинництві, є **урожайність**, яка визначається за формулою

$$y = \frac{B_{\Pi}}{S_{\Pi}}, \quad (6.15)$$

де  $B_{\Pi}$  – обсяг одержаної продукції, ц;

$S_{\Pi}$  – площа посіву певної культури, га.

На практиці використовують натуральні показники виробництва

тваринницької продукції з розрахунку на 100 га сільськогосподарських угідь або на 100 га ріллі. Проте з допомогою натуральних показників не можна узагальнити рівень ефективності використання землі загалом у підприємстві. Для цього використовують вартісні показники і визначають суму одержаної валової продукції, товарної продукції, чистого доходу або прибутку в розрахунку на 100 га сільськогосподарських угідь чи 100 га ріллі.

Для аналізу й оцінки ефективності використання меліорованих земель визначають показники інтенсивності і продуктивності такого використання. Показники рівня інтенсивності до певного ступеня характеризують ті фактичні умови використання меліорованих земель, які склалися на підприємстві чи в регіоні. До них належать:

1. Ступінь господарського використання меліорованих земель (відношення фактично використаних у сільськогосподарському виробництві земель зі зрошувальною чи осушувальною мережею до їх загальної площі). За нормальних умов господарювання цей показник має дорівнювати одиниці.

2. Коефіцієнт повторного використання меліорованих земель.

3. Питома вага інтенсивних культур у загальній посівній меліорованій площі.

4. Водомісткість виробництва. Розраховується у натуральній формі як відношення витраченої зрошувальної води на гектар певної культури в кубічних метрах до одержаного врожаю з цієї ж площі та у вартісній формі – як витрати води на 1000 грн валової продукції, оціненої у порівнянних цінах.

5. Водовіддача – обернений показник водомісткості.

До показників ефективності використання меліорованих земель належать:

1. Приріст врожаю окремих сільськогосподарських культур, що визначається за формулою

$$\Delta Y = Y_M - Y_B, \quad (6.16)$$

Де  $\Delta Y$  – приріст врожаю культури;

$Y_M$  і  $Y_B$  – відповідно врожайність культури на меліорованих і богарних землях за інших однакових умов, ц/га.

2. Ступінь освоєння меліоративної системи на землях підприємства, який обчислюється за формулою

$$K_{OM} = (Y_{Mф} / Y_{МП}) \cdot 100, \quad (6.17)$$

де  $K_{OM}$  – ступінь освоєння меліоративної системи на землях

підприємства;

$Y_{\text{мф}}$  і  $Y_{\text{мп}}$  – відповідно фактична і проектна врожайність відповідної культури на меліорованих землях, ц/га.

3. Рівень підвищення продуктивності праці ( $K_{\text{пп}}$ ) і зниження собівартості продукції на меліорованих землях ( $K_{\text{сп}}$ ). Ці показники можуть бути розраховані з виразів

$$K_{\text{пп}} = (T_{\text{бз}} / T_{\text{мз}}) \cdot 100; \quad (6.18)$$

$$K_{\text{сп}} = (C_{\text{м}} / C_{\text{б}}) \cdot 100, \quad (6.19)$$

де  $T_{\text{бз}}$  і  $T_{\text{мз}}$  – трудомісткість продукції (людино-годин на 1 ц продукції) відповідно на богарних і меліорованих землях;

$C_{\text{м}}$  і  $C_{\text{б}}$  – відповідно собівартість 1 ц продукції на меліорованих і богарних землях.

4. Приріст прибутку від меліорації земель, який визначається за формулою

$$\Delta\Pi_{\text{м}} = (\Delta Y \cdot Ц) - (V_{\text{пм}} + V_{\text{зм}}), \quad (6.20)$$

де  $\Delta\Pi_{\text{м}}$  – приріст прибутку від меліорації земель;

$Ц$  – ціна реалізації додатково одержаної продукції, грн;

$V_{\text{пм}}$  і  $V_{\text{зм}}$  – відповідно поточні постійні і змінні витрати на меліорацію.

5. Рівень рентабельності поточних витрат на меліорацію  $P_{\text{м}}$ , що обчислюється з виразу

$$P_{\text{м}} = [\Delta\Pi_{\text{м}} : (V_{\text{пм}} + V_{\text{зм}})] \cdot 100. \quad (6.21)$$

З підвищенням інтенсивності і економічної ефективності використання меліорованих земель скорочується строк окупності капітальних витрат підприємства на меліорацію ( $K_{\text{вм}}$ ). Він розраховується за формулою

$$T = K_{\text{вм}} : \Pi_{\text{м}}. \quad (6.22)$$

Правильна експлуатація меліорованих земель сприяє високій ефективності їх використання. Наприклад, з гектара зрошуваних земель одержують у 2,5-3,5 рази більше продукції, ніж з гектара богарних. Однак подекуди в Україні меліоровані землі використовуються неефективно,

врожайність на них дуже низька.

Значно підвищити ефективність використання меліорованих земель можна завдяки реконструкції старих і будівництву нових, технічно досконалих зрошувальних і осушувальних систем. Перевагу слід віддати системам крапельного, синхронно-імпульсного і надкронного зрошення, закритим зрошувальним системам із застосуванням залізобетонних напірних, азбестоцементних і пластмасових труб, осушувальним системам з пластмасовим дренажем, блочно-комплексним насосним станціям з моноблочними насосами для підкачування.

На зрошуваних і осушених землях важливо запровадити раціональну структуру посівних площ, сівозміни, систему обробітку ґрунту, прогресивні форми організації й оплати праці. Скажімо, на осушених землях набір культур і сівозміни необхідно визначати, виходячи з типів ґрунтів. Так, на торфоболотних ґрунтах вирощування інтенсивних просапних культур призводить до розкладу торфу і втрати ґрунтом родючості. Тому мілкозалагаючі торфяники доцільно використовувати тільки під багаторічні трави, а на глибокозалагаючих просапні культури повинні займати не більше ніж 10-15 % площі.

У зрошувальному землеробстві потрібно запроваджувати водозберігаючі технології. Наприклад, безгербіцидна технологія вирощування рису з введенням у сівозміну люцерни дає змогу скоротити водоспоживання в три рази й ліквідувати небезпечне забруднення довкілля. Необхідно також поліпшити селекційну роботу щодо виведення високоврожайних сортів і гібридів, які добре «відповідають» на зрошення і задовольняють вимоги індустріальних технологій.

Істотного підвищення продуктивності меліорованих земель можна досягти завдяки раціональному забезпеченню підприємств основними виробничими фондами і насамперед унаслідок використання сучасної меліоративної техніки, засобів механізації для вирощування сільськогосподарських культур, встановлення необхідного обладнання для експлуатації меліорованих систем на індустріальній основі. Потрібно запровадити комплексну механізацію поверхневого поливу і засоби автоматизації управління водогосподарськими системами за агрометеопараметрами з використанням мікропроцесорної техніки та ЕОМ.

*6.1.5. Оптимізація режимів технологічних процесів, пов'язаних з екологічною безпекою на підприємстві*

**Екологічна підготовка виробництва** передбачає здійснення техніко-технологічних та організаційно-економічних заходів з метою відвернення, зменшення чи усунення шкідливого впливу на навколишнє

середовище й здоров'я людей об'єктів, що проектуються, в процесі їх експлуатації та самого виробництва.

Впливи на навколишнє середовище можна класифікувати за такими критеріями: часом впливу – тимчасові та постійні (протягом життєвого циклу виробу); можливістю усунення – виправні та не виправні; способом впливу – безпосередній та опосередкований; охоплення території – локальні та широко розповсюджені; походженням – первинні та вторинні; можливістю акумулювання наслідків – накопичувальні та ненакопичувальні.

**Основними завданнями екологічної підготовки виробництва є:** упровадження та вдосконалення системи екологічного менеджменту підприємства, здійснення експертизи параметрів нових виробів на всіх стадіях життєвого циклу та технологічних процесів їх виготовлення; проведення екологічного моніторингу виробництва; організація екологічної підготовки персоналу та підвищення його відповідальності щодо дотримання вимог стандартів.

Відповідальність за екологічну підготовку виробництва та поточний контроль за станом довкілля, виробничих процесів, обладнання, їх відповідність вимогам охорони навколишнього середовища несе відповідна служба, яка створюється на підприємстві, у тому числі підрозділи, що за своїми функціями зобов'язані здійснювати всі передбачені екологічні заходи та виконувати вимоги нормативних документів.

Екологічна підготовка виробництва може проходити як під внутрішнім, так і під незалежним контролем з метою збільшення впевненості в дотриманні екологічних вимог стандартів, дієвості системи контролю та оцінки результатів виготовлення й експлуатації аналогічних за функціями існуючих виробів, що необхідно для поліпшення планування та розроблення майбутніх нових виробів.

Для організації та здійснення конкретних заходів з екологічної підготовки виробництва використовується типізація впливів нової продукції на довкілля. Оцінка впливу базується на чинному законодавстві, діючих стандартах як країни виробника, так і країн, де буде використовуватися продукція.

**Нормативною базою екологічної підготовки виробництва є:** природоохоронні норми і правила проектування та будівництва; норми і правила охорони тваринного та рослинного світу; сучасні та очікувані параметри фізичних, біологічних та соціально-екологічних умов, що безпосередньо пов'язані з новою продукцією та технологією; проектний опис супроводження процесу її освоєння, виготовлення та експлуатації виробів (використання технологій) з точки зору екологічних аспектів впливу на середовище (транспортування, водопостачання, зберігання сировини, допоміжних матеріалів та продукції тощо).

У випадку невідповідності підприємств, технічних засобів, матеріалів та інших об'єктів вимогам екологічної безпеки та охорони праці виникає нагальна потреба розроблення комплексу заходів, спрямованих на покращання цих показників. Відповідно до Санітарних норм основними напрямками екологічної безпеки є:

- заміна шкідливих речовин нешкідливими або менш шкідливими;
- заміна технологічних операцій та процесів, пов'язаних з виникненням шкідливих виділень (токсичних речовин, шуму, вібрації, електромагнітних випромінювань та ін.), процесами з меншою кількістю шкідливих виділень;
- застосування обладнання з вбудованими відсмоктувачами, автоблокування технологічного обладнання з санітарно-технічними установками;
- застосування сигналізації за несправності системи видалення відходів;
- заміна сухих способів перероблення матеріалів, які спричиняють підвищену запиленість, мокрими способами;
- застосування гідро- та пневмотранспорту при переміщенні матеріалів, здатних спричинити запилення;
- герметизація обладнання та апаратури, здатних запилювати і загазовувати повітря навколишнього середовища;
- повне вловлювання та очищення технологічних викидів в атмосферу і виробничі стічні води;
- застосування маловідходних та безвідходних технологій.

Усі ці захисні заходи і конструктивні рішення можуть бути втілені через зміну технологічних операцій та процесів, конструкції обладнання або застосування додаткових пристроїв та екобіозахисної техніки.

Для того щоб не допустити в експлуатацію обладнання, яке не відповідає вимогам безпеки та екологічності, перед введенням в експлуатацію проводиться його відповідна перевірка (вхідна експертиза) відділами головного механіка та енергетика підприємства. У випадку невідповідності технологічного процесу і застосовуваних матеріалів вимогам екологічної безпеки перевірка здійснюється відділом головного технолога та заводською хімлабораторією. Якщо обладнання, матеріали чи технологічні процеси не відповідають встановленим вимогам, то вони не допускаються у виробництво.

Важливе місце у підвищенні безпеки та екологічності обладнання займає **функціональна діагностика** – один із засобів підвищення його надійності і безаварійності – поточний контроль правильності функціонування технічних систем. Одним з найпоширеніших методів є віброакустична діагностика, що проводиться під час експлуатації обладнання.



Основні принципи забезпечення безпеки та екологічності технологічних процесів, матеріалів та обладнання зводяться до:

- а) на етапі проектування:
  - врахування нормативних показників безпеки та екологічності або прогнозування величини технологічного ризику;
  - врахування вимог екологічності та безпеки в проектній документації;
  - проведення екологічної експертизи проектної документації;
  - врахування вимог безпеки та екологічності при підготовці виробництва;
  - врахування ергономічних вимог як факторів безпеки;
  - врахування токсикологічних властивостей застосовуваних матеріалів;
- б) при підготовці виробництва та на етапі експлуатації:
  - інвентаризації промислових викидів у навколишнє середовище;
  - складання екологічних паспортів;
  - застосування газо- та водоочисних споруд та інших захисних засобів;
  - застосування маловідходних і безвідходних технологій;
  - застосування екологічно чистих матеріалів у технологічних процесах.

## **6.2. Оптимізація еколого-економічної ефективності заходів захисту атмосфери, водоохоронних та ґрунтозахисних технологій**

### *6.2.1. Структуризація еколого-економічних показників виробництва*

Екологізація відтворювальних процесів, оцінка еколого-економічного рівня виробництва (ЕЕРВ) в межах народного (національного) господарства, конкретних галузей і підприємств промислового комплексу, регіонів характеризується екологічно орієнтованою системою показників, які класифікуються за певними ознаками.

Загальна класифікація еколого-економічних показників для цілей вимірювання й аналізу ЕЕРВ у промисловому комплексі може бути подана таким чином (рис. 6.1):

- 1) *за змістом еколого-економічні показники* розподіляються на:
  - **натуральні** (умовно натуральні, відносні). До них належать показники, що характеризують екологічність, екобезпеку технологічних процесів, техніки (включаючи природоохоронне устаткування), виробничо-господарської діяльності в цілому та її окремих складових

(підрозділів). Прикладом таких показників є ступінь очищення газів, що відходять, комплексність використання деревини (ресурсна ефективність виробництва), обсяги викидів (скидів) шкідливих речовин у навколишнє середовище тощо;



Рис. 6.1 – Загальна класифікація еколого-економічних показників для оцінки ЕЕРВ

- **натурально-вартісні**, наприклад – величина еколого-економічних збитків на одиницю виробленої продукції у натуральному вимірі, збиткоємність приведеної маси викиду (скиду) тощо;

- **вартісні**. До них належать такі показники, як величина економічних збитків на одиницю продукції у вартісному вимірі, повні екологічні витрати виробництва, екологічні платежі за забруднення і використання природних ресурсів та ін.;

- **часткові (локальні)**. Ці показники вимірюють визначений окремий параметр ЕЕРВ і можуть бути основою формування інтегральних, комплексних показників. Крім того, вони використовуються для аналізу впливу екологічних факторів (показників) на узагальнюючі результати виробничо-господарської діяльності;

- **узагальнюючі**. Ця група показників є головною, підсумковою і

регулюючою оцінкою екологічності технологічних процесів, забезпеченості підприємства основними природоохоронними фондами, рівня впливу виробництва на навколишнє природне середовище і т.д.;

- **комплексні (інтегральні)**, які являють собою логічне і математичне узагальнення часткових (локальних) та узагальнюючих показників;

2) **залежно від рівня визначення (управління):**

- **народне господарство** (національна економіка). На даному рівні оперують макроекономічними показниками екологічної спрямованості;

- **народногосподарський комплекс** (наприклад, промисловий, лісовий, агропромисловий);

- **галузь**, яка розглядається як сукупність підприємств, поєднаних за подібними характерними організаційно-технічними ознаками, оскільки в даний час переважно відсутній діючий галузевий організаційно-адміністративний розподіл;

- **регіон** (наприклад, область, промислово-екологічний район);

- **підприємство**;

- **внутрішньовиробничі підрозділи підприємства**.

3) **за періодичністю (повторюваністю) оцінки**. Залежно від часового інтервалу, який визначає періодичність і повторюваність оцінок еколого-економічних показників, вони можуть розподілятися на:

- **ретроспективні**;

- **фактичні**;

- **планові**;

- **прогнозовані**;

- **поточні**;

- **оперативні**;

4) **залежно від об'єкта оцінки:**

- **виробництво в цілому, окремі фази (етапи) відтворювальних процесів** (наприклад, виробничо-технологічні, природоохоронні, ресурсозберігаючі та ін.);

- **виробництво конкретних видів продукції (послуг), промислових об'єктів** з урахуванням екологічних факторів;

- **види (складові) виробничо-господарської й екологічної діяльності підприємств**;

5) **залежно від характеру використання** показників:

- **регулюючі (дієві)**. Це показники, які знаходять безпосереднє застосування у процесі регулювання(управління) екологічності виробництва і якості навколишнього середовища, а також стану природних екосистем у процесі природокористування;

- **індикаторні** – показники, за допомогою яких може здійснюватися узагальнююча характеристика ЕЕРВ у процесі аналізу або

ж визначатися граничні, оптимальні, прогресивні значення параметрів природокористування у вигляді орієнтирів для цілей регулювання (наприклад, у процесі екологічної експертизи проектів);

- **допоміжні.** Ці показники забезпечують розрахунок комплексних, узагальнюючих еколого-економічних показників та відіграють допоміжну роль при ухваленні складних, спірних управлінських рішень у сфері природокористування й охорони навколишнього середовища, забезпечення екобезпеки об'єктів.

Еколого-економічний рівень виробництва у промисловому комплексі може бути поданий у вигляді системи показників, які формують окремі основні складові (блоки) екологічної (природоохоронної) діяльності підприємства у взаємозв'язку з виробничо-господарською (рис. 6.2).

1. Організаційно-технічний рівень екологічної (природоохоронної) діяльності містить такі складові:

1.1. **Екологічність та екологічна безпека техніки і технології.** Їх показниками є:

- рівень прогресивності основного технологічного і середозахисного устаткування з точки зору екологічно орієнтованих параметрів та екобезпеки виробництва, наприклад, за його вартістю, трудомісткістю експлуатації, за масою викидів(скидів), що нейтралізуються;

- показники екологоемності, ресурсоемності, природоемності;

- ступінь замкнутості технологічного процесу щодо навколишнього природного середовища(коефіцієнт екологічності);

- ступінь придушення шкідливих викидів(скидів);

- коефіцієнт спрацювання, відновлення природоохоронних фондів;

- імовірність виникнення наднормативних і аварійних викидів (скидів), величина еколого-економічного ризику.

1.2. **Оснащеність природоохоронними (середозахисними) фондами:**

- питома вага основних природоохоронних фондів (за видами) у загальній вартості промислово-виробничих фондів;

- коефіцієнти сполученості (пропорційності) устаткування і середовищезахисних технологій;

- екологічна фондоозброєність праці, що визначається відношенням вартості основних фондів середовищезахисного призначення до кількості промислово-виробничого персоналу або кількості робітників.

1.3. **Організаційний рівень екологічної(природоохоронної) діяльності:**

- раціональність організаційної структури природоохоронних служб екологічно орієнтованих підрозділів (наприклад, тих, що

займаються проблемами екологічного маркетингу);

- рівень обліково-контрольної та аналітичної роботи, використання інформаційних технологій у процесах екологізації виробництва і ресурсозбереження;
- рівень забезпечення необхідною екологічною інформацією;
- ступінь впровадження принципів внутрішньогосподарського розрахунку при організації природоохоронної діяльності.

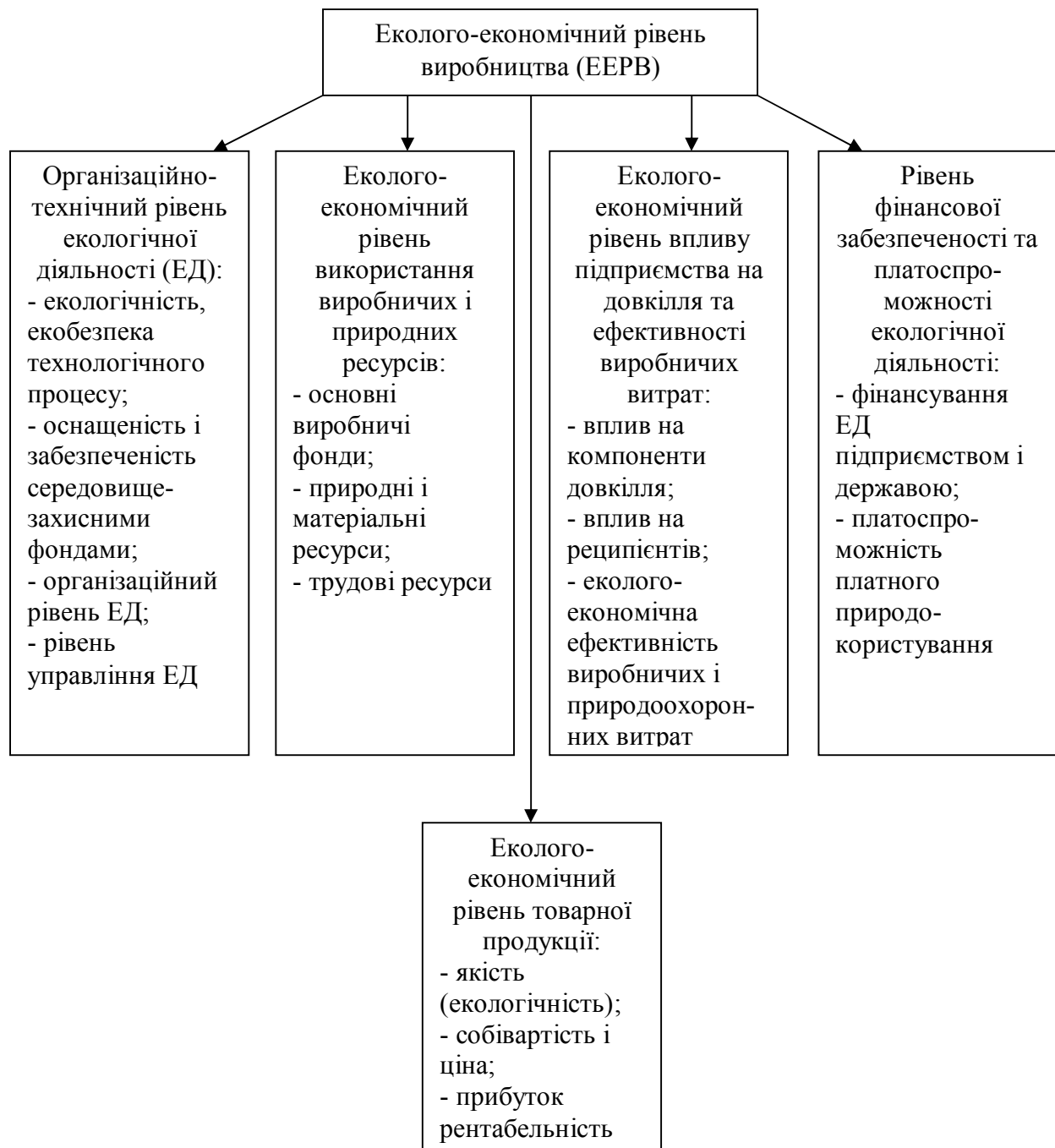


Рис. 6.2 – Схема аналізу ЕЕРВ підприємства як системи еколого-економічних показників

**1.4. Керованість (досягнута і потенційно можлива) екологічною (природоохоронною) діяльністю, екобезпекою:**

- ступінь централізації екологічного управління(менеджменту);
- питома вага(частка) працівників екологічних служб у загальній кількості промислово-виробничого персоналу;
- питома вага витрат на управління природоохоронною діяльністю (екологічний менеджмент) у собівартості продукції або в загальній сумі управлінських витрат;
- коефіцієнт ефективності управління природоохоронною діяльністю, який визначається шляхом віднесення витрат на управління до величини відвернених екологічних витрат;
- показник використання річного фонду робочого часу фахівцями на виконання екологічних функцій.

**2. Еколого-економічний рівень використання виробничих і природних ресурсів містить такі складові:**

**2.1. Рівень використання основних виробничих фондів (устаткування), у тому числі природоохоронних:**

- втрати ефективного фонду часу роботи устаткування з урахуванням екологічних факторів;
- рівень зменшення виробничої потужності підприємства;
- показники зниження (підвищення) екологоємності, екологічності технологічних процесів і устаткування;
- показники зниження (підвищення), можливої втрати надійності роботи устаткування з точки зору зниження екологічного ризику виникнення наднормативних викидів (скидів).

**2.2. Еколого-економічний рівень використання природних і матеріальних ресурсів характеризується такими основними показниками:**

- комплексності використання природної сировини і різних матеріалів, відходоємності технологічних процесів виробництва;
- утилізації шкідливих, токсично небезпечних для живої природи речовин, що містяться у викидах (скидах);
- зниження (підвищення) ресурсоємності (природоємності) технологічних процесів.

**2.3. Еколого-економічний рівень використання(стану) трудових ресурсів вимірюється такими основними показниками:**

- захворюваність працівників через екологічне забруднення;
- рівнем екологічно обумовленого травматизму;
- втратами підприємства від погіршення і втрати здоров'я працівників;
- питоною вагою працюючих у шкідливих умовах виробництва в загальній кількості працівників;

- показниками екологічно обумовленої плинності кадрів;
- показниками організації й оплати праці працівників з урахуванням екологічних факторів.

3. Еколого-економічний рівень продукції містить такі складові:

3.1. **Якість (екологічність) продукції:**

- показники забруднення шкідливими речовинами (це особливо актуально для продуктів харчування, харчових і кормових ресурсів);
- ступінь відповідності якості (екологічності) продукції національним і міжнародним стандартам, нормативам і вимогам;
- величина зовнішніх екологічних витрат у споживача.

3.2. **Еколого-економічний рівень собівартості і ціни виробленої продукції (оцінка впливу екологічного фактору на вартість товарної продукції):**

- зміна собівартості і ціни товарної продукції за рахунок процесів екологізації виробництва (впровадження середовищезахисних заходів);
- питома вага екологічних платежів за забруднення, фактичне використання природних ресурсів у повній собівартості продукції;
- частка екологічної складової в повній собівартості продукції, що визначається відношенням суми експлуатаційних (поточних) витрат, екологічних платежів за забруднення і природні ресурси в повній собівартості продукції;
- співвідношення величини екологічних платежів до економічних збитків, тобто частка величини збитків, що відшкодовується через систему платного природокористування;
- питома вага амортизаційних відрахувань за середозахисними фондами у собівартості продукції;
- розміри природоохоронних витрат (сума експлуатаційних витрат, екологічних платежів і платежів за природні ресурси) на одиницю вартості товарної продукції;
- індекси підвищення цін на продукцію за умови повного відшкодування економічних збитків від забруднення навколишнього природного середовища з урахуванням системи платного природокористування;
- собівартість і ціна виробництва екологічних товарів та послуг.

3.3. **Еколого-економічна динаміка прибутковості і рентабельності товарної продукції(вплив екологічного фактору на прибутковість і рентабельність):**

- питома вага штрафних платежів за понадлімітне (наднормативне) забруднення в прибутку підприємства (втрати прибутку);
- зміна рентабельності продукції(виробництва) у зв'язку із введенням екологічних платежів за забруднення і використання природних ресурсів або здійсненням середовищезахисних заходів у

процесі екологізації виробництва;

- прибутковість і рентабельність виробництва екологічних товарів і послуг;

- рівень екологічної рентабельності (відношення величини відвернутих економічних збитків (екологічно обумовленого прибутку) до середньої вартості природоохоронних основних фондів і оборотних коштів);

- збиткоємність прибутку(відношення величини економічних збитків до величини прибутку від реалізації продукції).

4. Еколого-економічний рівень впливу виробництва на навколишнє природне середовище й ефективності виробничих витрат.

У рамках цього напрямку проводиться **оцінка рівня впливу виробництва на компоненти навколишньої природного середовища** (атмосферне повітря, лісові, водні і земельні ресурси, територіально-природні комплекси та ін.) і **на реципієнтів**, що сприймають негативний вплив господарської діяльності підприємств промислового комплексу (населення, виробничі фонди, житлово-комунальне господарство, транспорт, сільське і лісове господарство). Еколого-економічний рівень промислового виробництва має також враховувати **регіональний** (територіальний) аспект природокористування і охорони навколишнього середовища. Для цього оцінюється:

- рівень внеску підприємств-забруднювачів промислового комплексу в загальний рівень забруднення навколишнього природного середовища за приведеною масою і концентрацією шкідливих речовин;

- збиткоємність приведеної маси викиду (скиду);

- показник відносної небезпеки забруднення атмосфери над територіями різних типів і водних басейнів;

- коефіцієнт відносної екологічної небезпеки даного підприємства, який показує, у скільки разів збиткоємність однієї умовної тонни викиду (скиду) даного промислового об'єкта відрізняється від аналогічного показника, розрахованого в середньому на розглянутій території.

При оцінці **еколого-економічної ефективності виробничих і природоохоронних витрат (інвестицій)** без обліку фактору часу розрахунок ведеться, виходячи із середніх за інвестиційний період економічних показників або економічних показників за перший рік експлуатації (оскільки їх можна досить просто визначити). В умовах ринку найбільш часто використовуються такі **методи оцінки ефективності інвестицій без обліку фактору часу**:

- за показником поточних витрат;

- за показником чистого прибутку;

- за показником рентабельності і строку окупності.

Найбільш розповсюджені методи **оцінки ефективності інвестицій**



**(витрат) з урахуванням фактору часу** такі:

- чистої дисконтованої вартості;
- кінцевого фінансового стану;
- за динамічним строком окупності;
- внутрішньої процентної ставки.

Як допоміжні показники при розрахунках можуть використовуватися:

- збиткоємність функціонування промислово-виробничих основних фондів (визначається відношенням величини економічних збитків до вартості основних фондів);
- витрати контролю забруднення, тобто величина природоохоронних витрат, яка забезпечує фактичний викид (скид) шкідливих речовин.

Витрати контролю забруднення визначаються відношенням величини вартості природоохоронних основних фондів або експлуатаційних витрат до приведеної маси викиду (скиду).

За допомогою показників еколого-економічної ефективності виробничих і природоохоронних витрат може бути сформована інформаційна основа для стратегічного планування і регулювання природоохоронної діяльності підприємств промислового комплексу, регіону.

5. Рівень фінансової забезпеченості і платоспроможності екологічної (природоохоронної) діяльності містить такі складові:

**5.1. Фінансування екологічної діяльності як безпосередньо підприємством, так і державою.** У даному розділі оцінюються й аналізуються власні та прирівняні до них кошти підприємства для фінансування природоохоронної діяльності:

- прибуток, що залишається у розпорядженні підприємства;
- амортизаційні відрахування за середовищезахисними об'єктами;
- кошти від реалізації природоохоронного устаткування;
- кошти від задоволення економічних претензій постачальникам за неякісну сировину й устаткування;
- дотації і субсидії (наприклад, із позабюджетного фонду охорони природи);
- екострахове відшкодування нанесених збитків;
- цінні папери;
- інвестиційний податковий кредит (наприклад, у формі відстрочки платежу за забруднення навколишнього середовища);
- надходження від продажу права на викиди (скиди).

**Позикові і залучені кошти** можуть містити такі складові, як екологічний кредит банку, кредит позабюджетних екологічних фондів.

При оцінці фінансування екологічної діяльності також важливо

визначати рівень забезпеченості фінансовими ресурсами для реалізації оптимальної природоохоронної діяльності підприємств, комплексу необхідних середовищезахисних заходів. Аналіз фінансових взаємин держави і підприємства включає оцінку рівня заборгованості за інвестиціями у середовищезахисні заходи, компенсаційними платежами (субсидіями, дотаціями), екостраховими виплатами.

5.2. **Платоспроможність платного природокористування.** За допомогою цього показника оцінюється ступінь заборгованості підприємства за платежами за користування природними ресурсами і за забруднення навколишнього середовища, розміщення твердих відходів, включаючи штрафні санкції за понадлімітне (наднормативне) природокористування.

Зазначені аспекти аналізу рівня фінансової забезпеченості, заборгованості і платоспроможності екологічної (природоохоронної) діяльності підприємств промислового комплексу можуть реалізуватися шляхом складання відповідного балансу взаємин підприємств і держави в системі фінансування природокористування, включаючи накопичену заборгованість у вигляді сальдо взаємин і сальдо заборгованості.

Розглянута система еколого-економічних показників може бути основою для реалізації **стандартної схеми управління (регулювання) екологізацією виробництва підприємств-забруднювачів промислового комплексу**, що складається з таких етапів:

1. Підбор і обробка еколого-економічної інформації.
2. Аналіз цієї інформації із подальшим розрахунком показників еколого-економічного рівня виробництва (ЕЕРВ) за відокремленими напрямками.
3. Розроблення практичних рекомендацій з регулювання ЕЕРВ на промисловому підприємстві.

Система показників еколого-економічного рівня виробництва враховує основні аспекти природоохоронної діяльності підприємства (організаційно-технічний рівень, управління, фінансування і т.д), а також ступінь впливу виробництва на навколишнє середовище у взаємозв'язку з кінцевими результатами виробництва (прибуток, рентабельність, собівартість). Таким чином, дана система еколого-економічних показників може використовуватися для:

- вивчення впливу екологічного фактору на кінцеві (виробничі, економічні і фінансові) результати виробничо-господарської діяльності;
- загальної, комплексної і деталізованої характеристики ЕЕРВ підприємств у часі, наприклад, у рамках стратегічного планування природокористування і охорони навколишнього середовища;
- регулювання природокористування на основі ретельного обліку екологічного фактору при приватизації державного майна, у ціноутворенні, маркетингових дослідженнях, складанні бізнес-планів;

- створення інформаційних систем (комп'ютерні інформаційні технології), призначених для вивчення і регулювання еколого-економічних проблем промислового виробництва шляхом створення баз даних про підприємства-забруднювачі. За допомогою таких баз даних можна проводити моделювання, прогнозування, регулювання розвитку продуктивних сил з урахуванням екологічного фактору, процесів екологізації суспільного виробництва у промисловому секторі економіки.

### 6.2.2. Еколого-економічна оцінка виробничих процесів

Показники оцінки виробничих процесів за класифікаційними ознаками можна об'єднати в декілька груп:

- **за властивостями** – економічні, екологічні та показники безпеки;
- **за способом вираження** – ті, що виражаються розмірними одиницями, безрозмірні, вартісні;
- **за кількістю характеристик**, які визначаються – одиничні, комплексні;
- **за застосуванням** – базові, відносні;
- **за стадією визначення** – проектні, виробничі, експлуатаційні.

**Економічні показники** характеризують загальну вартість природних ресурсів, що використовуються у виробництві, вартість природних ресурсів на одиницю продукції, що випускається, величину плати за забруднення навколишнього природного середовища викидами, стоками, відходами тощо, видатки на природоохоронні заходи та відшкодування збитків.

Екологічні показники характеризують рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище внаслідок вилучення з нього природних ресурсів та забруднення довкілля викидами, стоками, відходами. До екологічних показників належать також кількість та концентрацію шкідливих речовин у викидах, стоках та відходах, а також ймовірність аварійних викидів, стоків, відходів при функціонуванні виробництва.

Кількісні, вартісні та відносні показники використання природних ресурсів та забруднення навколишнього природного середовища можна визначити за допомогою рівнянь матеріального та енергетичного балансів.

**Відносні виробничі показники** оцінки забруднення довкілля визначаються за формулами

$$k_{к.р} = \frac{m_{к.р}}{m_{сі}}; k_{вик} = \frac{m_{вик}}{m_{сі}}; k_{ст} = \frac{m_{ст}}{m_{сі}}; k_{відх} = \frac{m_{відх}}{m_{сі}}, \quad (6.23)$$

де  $k_{к.р}$ ,  $k_{вик}$ ,  $k_{ст}$ ,  $k_{відх}$  – коефіцієнти відповідно корисного

використання природних ресурсів, забруднення атмосфери, водних басейнів, ґрунтів;

$m_{к.р}$ ,  $m_{сі}$ ,  $m_{ВИК}$ ,  $m_{СТ}$ ,  $m_{ВІДХ}$  – кількість природних ресурсів, що використовуються при виробництві певного виду продукції, маса природних ресурсів, які перейшли відповідно у викиди, стоки та відходи;

За масою природних ресурсів, які переходять в готову продукцію, оцінюється екологічність технології виробництва продукції (безвідходна, маловідходна, відкрита)

Викиди, стоки, відходи повинні очищатися з одночасним вилученням з них корисних речовин, які можуть використовуватися для виробництва нових виробів. Ступінь очищення викидів, стоків та відходів від шкідливих речовин характеризує чистоту, екологічність технологічного процесу та підприємства.

**Ступінь чистоти виробничих процесів** можна оцінити за допомогою безрозмірних коефіцієнтів

$$k_{ч}^{ВИК} = \frac{m_{ВИЛ}^{ВИК}}{m_{ВИК}}; k_{ч}^{СТ} = \frac{m_{ВИЛ}^{СТ}}{m_{СТ}}; k_{ч}^{ВІДХ} = \frac{m_{ВИЛ}^{ВІДХ}}{m_{ВІДХ}}. \quad (6.24)$$

За значенням коефіцієнти чистоти технологічних процесів класифікуються таким чином:  $k_{ч}=1$  – ізольовані відносно атмосфери, водних басейнів, ґрунтів;  $k_{ч}=0,9-1$  – чисті;  $k_{ч}=0,5-0,9$  – напівчисті;  $k_{ч}=0,5$  – брудні.

**Матеріалоємність виробів** оцінюється таким коефіцієнтом

$$k_{М} = \frac{m_{М.Є}}{m_{ЕТ}} \rightarrow \min, \quad (6.25)$$

де  $m_{М.Є}$  – матеріалоємність продукції, що випускається;

$m_{ЕТ}$  – матеріалоємність еталонного взірця продукції, що випускається за сучасними технологіями.

Більш повним є **показник питомої матеріалоємності**, який враховує продуктивність виробу, термін його експлуатації, витрату матеріалів на виготовлення та на запасні частини впродовж терміну експлуатації

$$m_{ПИТ} = \frac{m_{ВИГ} + m_{З.Ч}}{NT}, \quad (6.26)$$

де  $m_{ВИГ}$  – витрата матеріалів на виготовлення виробу;

$m_{з.ч}$  – витрата матеріалів на запасні частини впродовж терміну експлуатації виробу;

$N$  – продуктивність виробу;

$T$  – термін експлуатації виробу.

На показник матеріалоемності технологічних процесів впливає **рівень використання відходів** виробництва  $k_{відх}$

$$k_{відх} = \frac{M_{відх}^{ВИК}}{M_{відх}}, \quad (6.27)$$

де  $M_{відх}^{ВИК}$  – маса відходів, використовуваних у виробництві для виготовлення неосновної продукції;

$M_{відх}$  – загальна маса відходів, що утворюються при виготовленні основної продукції.

**Енергоємність продукції** можна оцінити за допомогою двох показників

$$E_{ПИТ} = \frac{E_{заг}}{n} \rightarrow \min \quad \text{та} \quad k_{ео} = \frac{E_i}{E_{ет}} \rightarrow \min \quad (6.28)$$

де  $E_{заг}$  – загальна кількість енергії, що використовується у виробництві;

$n$  – число одиниць виготовленої продукції;

$E_i$  – кількість енергії, що необхідна для виготовлення  $i$ -ї продукції;

$E_{ет}$  – кількість енергії, що витрачається на виготовлення продукції на сучасних підприємствах.

**Для еколого-економічної оцінки конкретних видів виробництв або підприємств** загалом використовуються такі показники:

1) коефіцієнт суспільної корисності виробництва продукції

$$k_{супп} = \frac{Q_{кор} - P_{кор}}{З_{вир}} \rightarrow \max, \quad (6.29)$$

де  $Q_{кор}$  – корисний ефект функціонування підприємства для суспільства;

$P_{кор}$  – негативний вплив функціонування підприємства на навколишнє природне середовище;

$З_{вир}$  – видатки на виробництво та запобігання негативному впливу

на навколишнє природне середовище;

2) коефіцієнт суспільної корисності експлуатації виробів, випущених підприємством

$$k_{\text{сусп}}^e = \frac{Q_e - P_e}{Z_e} \rightarrow \max, \quad (6.30)$$

де  $Q_e$ ,  $P_e$  – відповідно корисний та негативний ефекти внаслідок експлуатації виробів;

$Z_e$  – видатки на експлуатацію та запобігання негативному впливу на навколишнє природне середовище;

3) коефіцієнти негативного впливу об'єктів на навколишнє природне середовище

$$\begin{aligned} k_{\text{нег}}^{\text{п}} &= \frac{P_{\text{кор}}}{Q_{\text{кор}}} \rightarrow \min \quad \text{або} \quad k_{\text{нег}}^e = \frac{P_e}{Q_e} \rightarrow \min, \\ \text{або} \quad k_{\text{нег}} &= \frac{P_{\text{кор}} + P_e}{Q_{\text{кор}} + Q_e} \rightarrow \min; \end{aligned} \quad (6.31)$$

4) коефіцієнт ресурсоємності виробництва

$$\begin{aligned} k_{\text{р}}^{\text{п}} &= \frac{R_{\text{п}}}{Q_{\text{кор}}} \rightarrow \min \quad \text{або} \quad k_{\text{р}}^e = \frac{R_e}{Q_e} \rightarrow \min, \\ \text{або} \quad k_{\text{р}} &= \frac{R_{\text{п}} + R_e}{Q_{\text{кор}} + Q_e} \rightarrow \min; \end{aligned} \quad (6.32)$$

де  $R_{\text{п}}$ ,  $R_e$  – кількість природних ресурсів, використовуваних для випуску та експлуатації продукції;

5) узагальнений коефіцієнт еколого-економічної оцінки виробництва продукції та експлуатації

$$\begin{aligned} k_{\text{еє}} &= \frac{(Q_{\text{кор}} + Q_e) - (P_{\text{кор}} + P_e)}{R_{\text{п}} + R_e} \rightarrow \max \\ \text{або} \quad k_{\text{еє}}^{\text{п}} &= \frac{Q_{\text{п}} - P_{\text{п}}}{R_{\text{п}}} \rightarrow \max, \end{aligned}$$

$$\text{або } k_{ee}^{\Pi} = \frac{Q_e - P_e}{R_e} \rightarrow \max. \quad (6.33)$$

Вказані вище показники розраховуються за видами продукції підприємства.

### 6.2.3. Еколого-технологічні та економічні наслідки застосування прийнятних рішень в сфері захисту атмосфери, охорони водних об'єктів і земель

Для визначення основних напрямків впливу екологічних заходів на найважливіші показники господарської діяльності і відповідно основних напрямків включення еколого-економічного аналізу в загальну схему комплексного економічного аналізу господарської діяльності можна керуватися загальною схемою аналізу основних груп показників виробничо-господарської діяльності підприємств, розробленою А.Д. Шереметом (рис. 6.3)

Найважливішими показниками, що включаються в попередній огляд (блок 1, рис. 6.3), є **показники (показник) результатів природоохоронної діяльності (чи її відсутності)**. Найкраще для цього підходить показник природоємності, який синтезує результати діяльності в усіх напрямках, але через деякі складності розрахунку його можна спочатку замінити такими показниками, як **наявність або відсутність претензій, штрафів, вимог припинення виробничої діяльності з боку представників держаних природоохоронних органів**. Наявність цих претензій робить обов'язковим вміщення питань природоохоронної діяльності в програму комплексного економічного аналізу в терміновому порядку і з широкого кола питань (у тому числі з питань організаційно-технічного рівня, використання виробничих ресурсів). Якщо ж претензій не було, то на підприємствах з невеликим обсягом природоохоронної діяльності можна обмежитися аналізом проведення природоохоронних заходів та їх результатів.

Тісний взаємозв'язок існує між показниками природоохоронної діяльності і **показниками організаційно-технічного рівня виробництва** (блок 2, рис. 6.3). З одного боку, масштаби і характер впливу підприємств на навколишнє середовище є одними з найважливіших показників організаційно-технічного рівня виробництва, а з іншого боку, від цього рівня багато в чому залежать результати природоохоронної діяльності.

Ступінь негативного впливу на навколишнє середовище враховується при оцінці таких показників організаційно-технічного рівня, як **прогресивність і якість продукції** (визначення ступеня екологічності продукції, що випускається, суми народногосподарської економії (збитків) у результаті випуску екологічно більш-менш чистої продукції).



Рис. 6.3 – Загальна схема формування й аналізу основних груп показників у системі комплексного економічного аналізу



Стан природоохоронної діяльності на підприємстві враховується також при **аналізі показників виробничої структури і структури органів управління підприємством** (визначення наявності або відсутності спеціалізованих відділів (служб) охорони природи); **показників ступеня впровадження і розвитку господарського розрахунку** (використання елементів господарського розрахунку при організації природоохоронної діяльності); **показників організації планування й обліково-контрольної роботи**.

Проте найбільшою мірою показники впливу виробництва на навколишнє середовище характеризують **рівень прогресивності технологічних процесів**. В даний час тільки безвідходні і маловідходні технології можуть вважатися прогресивними. Великий еколого-економічний ефект дає також застосування ресурсозберігаючої техніки.

Для характеристики відходоємності і природоємності застосовуваної техніки і технології можуть бути використані показники:

- питомої відходоємності кінцевої продукції;
- питомої ваги обсягу забруднених вод у загальному обсязі стічних вод;
- питомої ваги маловідходних технологій;
- питомої ваги скидів чистих і нормативно-очищених вод;
- питомої витрати природних ресурсів на випуск одиниці продукції і рівень їх відповідності середньогалузевим показникам.

На формування показників блоку 3, рис. 6.3 (**Аналіз використання основних фондів і устаткування**), таких, як фондвіддача, частка амортизаційних відрахувань у вартості продукції, відновлюваність основних фондів, кількість і вартість ремонтів тощо, впливає зростання **питомої ваги природоохоронних фондів у загальному обсязі основних виробничих фондів**. З іншого боку, можливий і позитивний вплив результатів природоохоронної діяльності на ці показники за рахунок зменшення кількості і вартості ремонтів технологічного устаткування в основному виробництві, підвищення його продуктивності і скорочення простоїв у результаті зниження шкідливого впливу агресивного навколишнього середовища як на саме устаткування, так і на робітників, що його експлуатують. Якщо ж застосовуються компенсаційні варіанти, то можливий позитивний вплив на фондвіддачу через зростання обсягів виробництва. Виявити і підкреслити цей позитивний вплив не менш важливо для підвищення зацікавленості колективів підприємств у проведенні природоохоронних заходів, ніж виявити й елімінувати негативний вплив.

На **показниках використання матеріальних ресурсів** (блок 4, рис. 6.3) може негативно позначитися збільшення витрат матеріалів і особливо енергії, необхідної для проведення природоохоронних заходів. Проте можливе і поліпшення цих показників, тому що фактори зниження

забруднення навколишнього середовища збігаються з факторами економії матеріалів за такими напрямками, як скорочення технологічних витрат і втрат, максимальне використання відходів, більш повне використання побіжних компонентів сировини.

У процесі аналізу необхідно звернути увагу на величину й обґрунтованість різниці між показниками *питомої витрати сировини і матеріалів на одиницю виробу і корисної витрати*. Взагалі показники повноти споживання основних і побіжних компонентів сировини та рівня утворення і споживання відходів є одними з найважливіших показників використання матеріальних ресурсів.

Вплив природоохоронної діяльності на *показники використання праці і заробітної плати* (блок 5, рис. 6.3) теж двоїстий. З одного боку, можуть знизитися можливості зменшення кількості працюючих і економії фонду заробітної плати, а також трохи погіршитися загальновиробничі показники продуктивності праці через відволікання частини працюючих у сферу природоохоронної діяльності, яка не впливає, за винятком компенсаційних варіантів, на обсяг продукції (а іноді і стримує його зростання), проте збільшує загальні витрати праці і кількість працюючих. В той самий час успішна природоохоронна діяльність може стати одним із факторів поліпшення екстенсивних і інтенсивних показників використання робочої сили за рахунок зниження захворюваності і плинності кадрів, підвищення продуктивності праці кожного окремого робітника в результаті поліпшення якості повітря на підприємстві й у житлових кварталах.

*Аналізуючи показники обсягу, структури і якості продукції* (блок 6, рис. 6.3), перш ніж дати оцінку виконання плану (особливо якщо він перевиконаний), а також якості самого планування, треба перевірити, чи були враховані можливості наявних природоохоронних споруд з нейтралізації відходів усього запланованого обсягу виробництва і чи не супроводжувалося перевиконання плану погіршенням якості навколишнього середовища і насамперед аварійними скидами неочищених шкідливих речовин.

Загальне уявлення про вплив діяльності підприємства на навколишнє середовище в даний момент і на перспективу надає *зіставлення темпів зростання і відсотків виконання плану за обсягом виробництва і поточної природоохоронної діяльності*, а також за освоєнням капітальних вкладень у розвиток основного виробництва і природоохоронного комплексу. При суворому контролі за бракуванням небезпечної в екологічному відношенні продукції виникає додатковий зв'язок між показниками природоохоронної діяльності й обсягу і якості продукції.

При *аналізі структури продукції*, що випускається, розраховується кількість продукції, яка випускається з частковою або повною заміною

першосортної сировини відходами виробництва.

### *Питання для самоперевірки*

1. Які основні фактори інтенсифікації технологічних процесів в сфері охорони довкілля Ви знаєте?
2. Перелічіть основні показники ефективності експлуатації систем пилогазоочищення.
3. Які чином оцінюється ефективність роботи водоочисних споруд? Назвіть та охарактеризуйте основні показники, що визначають необхідний ступінь очищення стічних вод.
4. Які існують показники ефективності використання ґрунтозахисних систем на прикладі застосування меліоративних технологій? Охарактеризуйте їх.
5. В чому полягає оптимізація режимів технологічних процесів, пов'язаних з екологічною безпекою на підприємстві?
6. Надайте класифікацію еколого-економічних показників, що використовуються для оцінки еколого-економічного рівня виробництва.
7. Перелічіть основні еколого-економічні показники оцінки виробничих процесів.
8. Які показники результатів природоохоронної діяльності в галузі Вам відомі?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Микієвич М.М., Андрусевич Н.І., Будякова Т.О. Європейське право навколишнього середовища: Навчальний посібник. – Львів, 2004. – 254 с.
2. Комплексне порівняльно-правове дослідження аналізу наслідків впровадження актів *ACQUIS COMMUNAUTAIRE* у законодавство України: промислове забруднення. – Київ, 2009 – 130 с.
3. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Держбуд України. Київ, 2004. – 26 с.
4. Северин Л.І., Петрук В.Г., Безвозюк І.І., Васильківський І.В. Природоохоронні технології. Частина перша. Захист атмосфери. Навчальний посібник. – Вінниця, ВНТУ, 2012 – 388 с.
5. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Київ, 2004.
6. Методичні рекомендації щодо оформлення дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для суб'єктів господарювання з урахування технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. [www.menr.gov.ua](http://www.menr.gov.ua)
7. Паспортизація пилогазоочисного обладнання. [http://ecology.lviv.ua/u\\_ser\\_pasport.php](http://ecology.lviv.ua/u_ser_pasport.php)
8. Типова методика визначення питомих викидів від основних виробництв по галузях промисловості. Основні положення. Затверджена Заступником Міністра екології та природних ресурсів України М.Стеценко 25.12.2000 р. / Донецьк: Український науковий центр технічної екології (ВАТ «УкрНТЕК»), 2001. – 18 с.
9. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. – К.: Т-во «Знання», 2007. – 422 с.
10. Промислова екологія: Навчальний посібник / С.О. Апостолюк, В.С. Джигирей, А.С. Апостолюк та ін. – К.: Знання, 2005. – 474 с.
11. Агроекологія: Навчальний посібник / О.Ф. Смаглій, А.Т. Кардашов, П.В. Литвак та ін. – К.: Вища освіта, 2006. – 671 с.
12. Грабак Н.Х., Топіха І.Н., Давиденко В.М., Шевель І.В. Основи ведення сільського господарства та охорона земель: Навчальний посібник. – К.: ВД «Професіонал», 2006. – 496 с.
13. Бабигов Б.В. Гидротехнические мелиорации: Учебник для вузов. – СПб.: ЛТА, 2002. – 295 с.
14. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. ДБН В.1.1-25-2009. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 29 с. (Чинний від 2011-01-01)

15. Клименко М.О., Скрипчук П.М. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології: Підручник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 368 с.
16. Моніторинг довкілля: Підручник / В.М. Боголюбов, М.О. Клименко, В.Б. Мокін та ін. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 232 с.
17. Каплин В.Г. Биондикация состояния экосистем. Учебное пособие. – Самара: Самарская ГСХА, 2001. – 143 с.
18. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): Учебное пособие. – Пенза: Издательство Пензенского технологического института, 2004. – 249 с.
19. Мішенін Є.В., Мішеніна Н.В., Сотник І.М. Теорія еколого-економічного аналізу: Конспект лекцій. – Суми: Видавництво СумДУ, 2004. – 150 с.
20. Екологічний менеджмент: Навчальний посібник / В.Ф. Семенова, О.Л. Михайлюк. – К.: Знання, 2006. – 366 с.

Навчальне електронне видання

ДАУС МАРІЯ ЄВГЕНІВНА,  
ЗАХАРОВА МАРІНА ВОЛОДИМИРІВНА,  
КАТИНСЬКА ІРИНА ВІКТОРІВНА

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ

Конспект лекцій

**Видавець і виготовлювач**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: [info@odeku.edu.ua](mailto:info@odeku.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016