

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

**Т.М. Ткаченко, О.С. Волошкіна, І.Б. Кордуба, О.Г. Жукова
А.В. Ковальова**

Технології захисту навколишнього середовища
Навчальний підручник

Київ 2024

УДК 502

**Автори: Т.М. Ткаченко, О.С. Волошкіна, І.Б. Кордуба,
О.Г. Жукова, А.В. Ковальова**

Рекомендовано вченою радою Київського національного університету
будівництва і архітектури, як підручник. Протокол №22 від 31.05.24

Рецензенти:

В.О. Мілейковський, доктор технічних наук, професор

В. А. Кравець, доктор технічних наук, професор

А.В. Чугай, доктор технічних наук, професор

О.В. Тихенко, доктор технічних наук, професор

Т - 38

Технології захисту навколишнього середовища для
будівельників/Ткаченко Т.М., Волошкіна О.С., Кордуба І.Б.,
Жукова О.Г., А.В.Ковальова. – Київ, КНУБА, 2024,-330 с.

ISBN 978-617-8368-41-8

У підручнику розглянуті основні сучасні базові знання екологічного спрямування для стратегій розвитку будівельної галузі в умовах кліматичних змін та кліматичних ризиків, на основі яких складається можливість застосування сучасних технологій «зеленого будівництва» на урбанізованих територіях. Підручник містить наступні розділи: сучасні методи контролю параметрів об'єктів довкілля; основи екологічної безпеки навколишнього середовища і технологічних процесів, а також приклади застосування балансових методів їх оцінки на протязі життєвого циклу; питання оптимізації роботи енергетичних об'єктів в умовах кліматичних змін; окремі положення цивільної безпеки для технологій відкритого повітря; перспективні технології захисту навколишнього середовища в умовах циркуляційної економіки.

Підручник прив'язаний до дисципліни «Стратегії сталого розвитку будівельної галузі в умовах кліматичних змін», що викладається для студентів спеціальності 183«Технології захисту навколишнього середовища»

УДК 502

ISBN.....

© Авторський колектив, 2024



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



The publication was prepared in the framework of project «Multilevel Local, National and Regionwide Education and Training in Climate Services, Climate Change Adaptation and Mitigation 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-CBHE-JP» The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Публікацію підготовлено в рамках проекту «Багаторівнева місцева, національна та регіональна освіта та навчання кліматичним послугам, адаптації та пом'якшенню змін клімату 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-CBHE-JP» За підтримки Європейської Комісії для випуску цієї публікації не означає схвалення змісту, який відображає лише погляди авторів, і Комісія не несе відповідальності за будь-яке використання інформації, що міститься в ньому.

ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1.	Сучасні методи контролю параметрів об'єктів довкілля	9
1.1.	Організація спостережень за станом навколишнього середовища	9
1.1.1.	Нормування забруднень навколишнього середовища	16
1.1.2.	Вимоги до методів та засобів екоаналітичного контролю	19
1.2.	Методи контролю стану навколишнього середовища	25
1.2.1	Методи дослідження стану навколишнього середовища	25
1.2.2.	Якісний аналіз стану довкілля	32
1.2.3.	Кількісні методи оцінки стану довкілля	37
1.2.4.	Хімічні методи оцінки стану довкілля	39
1.2.5.	Фізико-хімічні методи оцінки стану довкілля	40
1.2.6.	Фізичні методи оцінки стану довкілля	41
1.2.7.	Хроматографічний аналіз для оцінки стану довкілля	42
1.3.	Дослідження стану атмосферного повітря	44
1.3.1.	Показники складу та властивості атмосфери. Особливості її забруднення	48
1.3.2.	Організація спостережень за рівнем забруднення стану атмосфери	53
1.3.3.	Вимір фізичних параметрів атмосфери	56
1.4.	Дослідження стану поверхневих вод	58
1.4.1.	Сучасний стан поверхневих вод. Основні джерела та їх види	70
1.4.2.	Організація моніторингу поверхневих вод та контроль якості	74
1.4.3.	Методи відбору проб. Прилади та засоби для відбору проб ..	83
1.4.4.	Вимір фізичних параметрів води	92
1.5.	Дослідження стану ґрунту	94
1.5.1.	Сучасний стан ґрунтового покриву. Антропогенний вплив на нього	101
1.5.2.	Моніторинг стану ґрунтового покриву	105
1.5.3.	Контроль за рівнем антропогенного впливу на ґрунтовий покрив. Організація моніторингу	111
1.5.4.	Відбір проб. Засоби контролю стану ґрунтів	116
1.5.5.	Оцінка забруднення ґрунтів за даними моніторингу	118
1.6.	Контроль фізичних параметрів та канцерогенних речовин в навколишньому середовищі	120
1.6.1.	Радіометричні спостереження за станом навколишнього середовища	120
1.6.2.	Вимірювання рівня шумового забруднення	123
1.7.	Контроль вмісту канцерогенних речовин у навколишньому середовищі	124
1.8.	Біомоніторинг стану навколишнього середовища	126

2.	Екологічна безпека навколишнього середовища і технологічних процесів.....	137
2.1.	Основні поняття та визначення екологічної безпеки.....	137
2.2.	Сучасна система управління екологічною безпекою в Україні.....	140
2.3.	Техногенний ризик. Оцінка збитку від надзвичайних ситуацій.....	145
2.4.	Загальні вимоги до розвитку і розміщення потенційно небезпечних виробництв (ПНВ) з урахуванням ризику надзвичайних ситуацій.....	151
2.5.	Вплив технологій на забруднення атмосферного повітря і здоров'я населення в умовах глобальних кліматичних змін...	158
2.6.	Екологічний ризик для здоров'я людини від забрудненого атмосферного повітря. Соціальний ризик від планованої діяльності.....	163
2.7.	Застосування методів матеріального балансу для моделювання та прогнозування безпеки технологічних процесів та окремого промислового підприємства.....	168
2.8.	Організація екологічно безпечного управління технологічними процесами з врахуванням життєвого циклу продукції.....	174
3.	Ефективність роботи об'єктів енергетики в умовах кліматичних змін.....	188
3.1.	Сучасний стан та перспективи розвитку енергетики в світі та Україні.....	188
3.2.	Вплив систем охолодження АЕС на навколишнє середовище та оптимізація їх роботи в умовах глобальних кліматичних змін.....	192
3.3.	Енергетика України в економічному розвитку країни.....	197
3.4.	Порівняльний аналіз впливу роботи теплових електростанцій (ТЕС) та АЕС на навколишнє середовище...	202
3.5.	Енергетична ефективність. відновлювана енергія.....	204
3.6.	Малі модульні реактори - майбутнє атомної енергетики.....	215
3.7.	Енергетична стратегія України.....	219
4.	«Зелені конструкції» – перспективні технології захисту навколишнього середовища.....	223
4.1.	«Зелені конструкції» як ефективні технології для управління екологічною безпекою урбоценозів.....	223
4.1.1.	Сучасний стан використання енергоефективних технологій в урбоценозах	223
4.1.2.	Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» в екологізації сучасних міст	224
4.1.3.	Основні типи «зелених конструкцій».....	227
4.1.3.1.	«Вертикальне озеленення».....	227

4.1.3.2.	Фітостіни	230
4.1.3.3.	«Зелені» схили	233
4.1.3.4.	Екопарковки	235
4.1.4.	Покрівельне озеленення	237
4.1.4.1.	Історія покрівельного озеленення	238
4.1.4.2.	Різновиди та особливості «зелених покрівель»	245
4.1.4.3.	Світові стандарти створення «зелених покрівель»	248
4.1.4.4.	Впровадження «зелених конструкцій» в Україні	254
4.1.5	Концепція впровадження «зелених конструкцій» у міста України	256
4.1.6.	Оцінка впливу об'єктів будівництва на навколишнє середовище	259
4.1.7.	Позитивні ефекти «зелених конструкцій»	262
5.	Цивільна безпека технологічних процесів	288
5.1.	Основні поняття та визначення цивільної безпеки	289
5.2.	Сучасні методи управління цивільною безпекою	293
5.3.	Взаємозв'язок будівельного майданчику та температури навколишнього середовища в умовах кліматичних змін	301
5.4.	Значення ризиків шкідливості	305
5.4.	Безпека виробничого обладнання	308
5.5.	Організація безпечної діяльності виробничих процесів	312

Вступ

Вплив діяльності людини на довкілля безперервно посилюється в процесі розвитку виробничих сил. Це призводить до деградації екосистем та може спричинити глобальну екологічну кризу у біосфері.

На сьогодні актуальним стає не лише дослідження довкілля, а розроблення технологій зменшення негативного впливу та поліпшення його стану в умовах глобальних кліматичних змін. Ці технології досягли такого рівня, що окремі об'єкти та окремі технологічні процеси можуть гармонійно взаємодіяти з навколишнім середовищем та одночасно впливати на психо-емоційний і фізичний комфорт людині з покращенням її здоров'я. Саме вивчення, розроблення та ефективне впровадження таких технологій є предметом галузі «Технології захисту навколишнього середовища».

Технології захисту навколишнього середовища передбачають:

- підвищення енергоефективності задля зменшення викидів продуктів згоряння палива та теплового забруднення атмосфери;
- використання відновлюваних та вторинних джерел енергії;
- використання невідновлюваних джерел енергії, які мінімально забруднюють довкілля (наприклад, атомна енергетика);
- підвищення екологічних показників різних процесів і апаратів, зокрема, спалювання палива та виробництва будівельних матеріалів;
- застосування екологічно чистих будівельних матеріалів; зменшення обсягів відходів (в ідеалі – замкнені цикли виробництва) та повторне їхнє використання;
- максимальне озеленення об'єктів будівництва («зелені конструкції») та збільшення природного покриття територій;
- забезпечення вільного та безпечного пересування біоти (мости міграції вглиб міст, мости для тварин через автомагістралі тощо);
- безпечна експлуатація та уникнення техногенних аварій і катастроф;
- контроль зміни параметрів довкілля в результаті людської діяльності, особливо при впровадженні технологій захисту навколишнього середовища в «зеленому будівництві».

Таким чином, питання, що розглядаються в підручнику передбачають спільну роботу спеціалістів усіх галузей господарства та науки, тобто мають мультидисциплінарний характер. При розробленні всіх технічних стандартів усіх рівнів мають враховуватися комплексні вимоги щодо захисту довкілля та людини на вимогу потреб сьогодення. Комплексність такого підходу

підсилюється в умовах підсильованої відбудови країни та у випадках запобігання аварійних ситуацій на технологічному об'єкті, а також в умовах глобальних кліматичних змін.

В даному підручнику авторами представлено ряд окремих розділів, що пов'язані з викладанням даного матеріалу для студентів спеціальностей 183 «Технології захисту навколишнього середовища», 101 «Екологія», а саме:

Розділ 1. Сучасні методи контролю параметрів об'єктів довкілля» (к.т.н., доц. Жукова О.Г.). Розділ передбачає надання студентам знань з контролю та оцінювання стану забруднення і промислових викидів, з аналізу динаміки їх зміни в залежності від умов та технологій очищення компонентів довкілля.

Розділ 2. «Екологічна безпека навколишнього середовища та технологічних процесів (д.т.н., проф. Волошкіна О.С.). Розділ передбачає отримання студентами науково обґрунтованої суми знань про основні поняття, принципи та завдання екологічної безпеки в умовах виробничого господарської діяльності, а також ознайомлення з існуючими методами оцінки та прогнозу порушень стану екологічної безпеки довкілля і заходів, що попереджують або зменшують порушення цього стану та запобігають виникненню та розповсюдженню надзвичайних ситуацій природно-техногенного походження.

Розділ 3. «Ефективність роботи об'єктів енергетики в умовах кліматичних змін» (к.т.н., доц. Кордуба І.Б.). Розділ передбачає отримання студентами фахових компетентностей та програмних результатів навчання з питань взаємозв'язку сталого розвитку та глобальних кліматичних змін в галузях народного господарства, оцінками, інструментами та моделями визначення цього взаємозв'язку, зменшення вуглецевого сліду як механізму адаптації до змін клімату.

Розділ 4. «Зелені конструкції» – перспективні технології захисту навколишнього середовища» (д.т.н., проф. Ткаченко Т.М.) передбачає отримання студентами знань у сфері технологій захисту навколишнього середовища при здійсненні професійної діяльності, в тому числі у сфері «зеленого» будівництва та кліматичних змін та перспективних інновацій у будівельній галузі.

Розділ 5. «Цивільна безпека технологічних процесів» (докт. філософії Ковальова А.В.) передбачає надання студентам розширених знань щодо заходів безпеки робітників відкритого повітря з врахуванням впливу шумового забруднення, забруднення атмосферного повітря у взаємозв'язку з температурним режимом на виробничому майданчику.

1. СУЧАСНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ

1.1. Організація спостережень за станом навколишнього середовища

Для розробки заходів, спрямованих на усунення негативних наслідків втручання людини в навколишнє природне середовище і поліпшення екологічної ситуації, застосування методів оптимізації природокористування з одержанням достатньої кількості продукції при одночасному збереженні довкілля необхідна організація екологічного моніторингу [1,2]

Екологічний моніторинг (моніторинг навколишнього природного середовища, моніторинг довкілля) – це система [1,2]:

- спостережень, збирання, обробки, передачі, збереження; аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, оцінки та прогнозування його змін;
- розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття заходів щодо запобігання негативним змінам стану довкілля і дотримання вимог екологічної безпеки.

Мета моніторингу:

- забезпечення збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища;
- прогнозування його змін;
- розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень.

Система державного моніторингу навколишнього середовища ґрунтується на таких принципах [1]:

- об'єктивність і достовірність;
- систематичність спостережень за станом навколишнього середовища та об'єктами впливу на нього;
- багаторівневність;
- узгодженість нормативного та методичного забезпечення;
- узгодженість технічного і програмного забезпечення;
- комплексність в оцінці екологічної інформації;
- оперативність проходження інформації між окремими ланками системи та вчасне інформування органів державної виконавчої влади;

- відкритість екологічної інформації для населення.

Джерелами інформації про стан навколишнього природного середовища (екологічна інформація) є [2]:

- дані моніторингу довкілля; – кадастрів природних ресурсів;
- реєстри, автоматизовані бази даних;
- архіви, а також довідки, що видаються уповноваженими на те органами державної влади, органами місцевого самоврядування, громадськими організаціями, окремими посадовими особами.

Інформація про стан довкілля – це сукупність даних про кількісний і якісний стан природних ресурсів і екосистем у минулому, сучасному й майбутньому (прогноз) [1]. *Екологічна інформація містить відомості про:*

- фоновий склад атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтів порівняно з нормативами екологічної безпеки;
- радіаційний фон певної місцевості;
- стан лісових ресурсів – породний склад дерев, груп захищеності, обсяги та приріст деревини, ураження дерев фітозахворюваннями та ентомошкідниками;
- стан рослинного світу – наявність рослин та їх угруповань, занесених до Червоної і Зеленої книг України, розповсюдження рослин та їх угруповань по окремих територіях;
- стан тваринного світу – поширення видів (груп видів) тварин по окремих територіях та акваторіях, їх чисельність, характеристика середовища їх перебування і сучасного господарського використання;
- вплив господарської діяльності на довкілля – обсяги і склад викидів у атмосферне повітря, обсяги і склад скидів зворотних вод у водні об'єкти, забрудненість та еродованість ґрунтів, зрушеність геологічного середовища, техногенне пошкодження лісів, рівні впливу на оточуюче середовище фізичних і біологічних факторів, виснаження водних ресурсів, ґрунтів, рослинного та тваринного світу, запасів корисних копалин;
- вплив стану довкілля на здоров'я населення.

Об'єкти моніторингу [2]:

- кількісні, якісні характеристики природних ресурсів, обсяги, характер та режим їх використання (шляхом ведення державних кадастрів природних ресурсів);
- об'єкти, що шкідливо впливають або можуть вплинути на стан навколишнього природного середовища;

– види та кількість шкідливих речовин, що потрапляють у навколишнє природне середовище;

– види й розміри шкідливих фізичних та біологічних впливів на нього.

Актуальність і невідкладність вирішення проблем моніторингових досліджень полягають в тому, що хоча й існує низка відомчих спостережень систем за станом довкілля, але вони не зведені в єдиний комплекс і не можуть ефективно виконувати узагальнюючу функцію оцінки стану і рівня використання ресурсів, з тим щоб прогнозувати зміни і розробляти рекомендації для прийняття управлінських рішень щодо оптимізації господарської діяльності і природокористування в окремих регіонах [3,4].

Основними завданнями екологічного моніторингу є:

- організація єдиної державної системи контролю за складовими природного середовища;

- налагодження автоматизованої системи збору, обробки, узагальнення і зберігання інформації про кількість і стан природних ресурсів (банк даних);

- оцінка природно-ресурсного потенціалу та можливого рівня використання ресурсів;

- інвентаризація джерел забруднення і вивчення ступеня антропогенного впливу на компоненти природного середовища;

- моделювання і прогноз змін екологічної ситуації та рівня здоров'я довкілля;

- розробка управлінських рішень, спрямованих на забезпечення раціонального природокористування і сталий розвиток регіону.

Залежно від призначення розрізняють загальний (стандартний), оперативний (кризовий) та фоновий (науковий) моніторинг навколишнього природного середовища.

Загальний (стандартний) моніторинг навколишнього середовища – це оптимальні за кількістю параметрів спостереження на пунктах, об'єднаних в єдину інформаційно-технологічну мережу, які дають змогу на основі оцінки і прогнозування стану довкілля регулярно розробляти управлінські рішення на всіх рівнях [5].

Оперативний (кризовий) моніторинг навколишнього природного середовища – це спостереження спеціальних показників у цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначено як зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах аварій із шкідливими екологічними наслідками, щоб забезпечити оперативне реагування на кризові

ситуації та прийняття рішень щодо їх ліквідації, створити безпечні умови для населення [4].

Фоновий (науковий) моніторинг навколишнього середовища – це спеціальні високоточні спостереження за всіма складовими навколишнього середовища, а також за характером, складом, кругообігом та міграцією забруднювальних речовин, за реакцією організмів на забруднення на рівні окремих популяцій, екосистем і біосфери в цілому. Цей моніторинг здійснюється у природних і біосферних заповідниках, на інших територіях, що охороняються, на базових станціях. [5]

Комплекс екологічного моніторингу має наступні підсистеми:

- геосферний;
- геохімічний;
- біологічний.

Геосферний моніторинг. Передбачає оцінку стану і прогнозування змін в літосфері (геологічне середовище, мінерально-сировинні ресурси), геофізсфері (гравітаційні, магнітні, радіаційні, сейсмічні та інші поля), геоморфосфері (рельєф і його порушення геодинамічними процесами – зсувами, ерозією, карстами, суфозією, осипанням тощо), гідросфері (водні ресурси, водоспоживання і водовідведення, несприятливі гідрологічні явища, рівень забруднення поверхневих і підземних вод), атмосфері (стан повітряного басейну та його забруднення, транскордонний перенос, розподіл тепла і вологи, зміни клімату) [6].

Геохімічний моніторинг. Включає дослідження й інвентаризацію джерел забруднення, встановлення об'ємів викидів і скидів, вивчення хімічного складу повітря, опадів, ґрунтів, наземної і водної рослинності, поверхневих і підземних вод, донних відкладів та ін. Передбачає також встановлення «градієнту випадань» – кількість надходження на поверхню землі різних речовин з атмосферними опадами і пилом. [7]

Біологічний моніторинг. Основою його є вивчення стану рослинності (фітосфера) за візуальними симптомами пошкодження листя (дефоліація, дехромація), розвитку епіфічних лишайників на деревах, динаміки змін видів рослин і структури рослинних угруповань (сукцесії, дигресії, демутації) під впливом природних і антропогенних факторів.

Європейською Економічною комісією ООН у рамках Конвенції з трансграничного переносу атмосферних забруднень в 1985 р. прийнято рішення про створення Міжнародної спільної програми оцінки впливу забруднення на

біосферу. Основою цієї програми є моніторинг лісів, що здійснюється в 24 європейських країнах, а також у США і Канаді [8].

У вузькому сенсі його розглядають як комплексну систему перманентних спостережень за станом лісових екосистем і впливаючими на них модифікуючими факторами, впершу чергу техногенними. Найповніше ця концепція розроблена Міжнародною спільною програмою з моніторингу лісів, яка здійснюється в рамках Конвенції ООН з проблем переносу атмосферних забруднень на далекі відстані.

У широкому значенні моніторинг лісів включає в оцінку впливу на ліс, крім забруднення атмосфери, також пожежі, рекреаційну роль шкідників, хвороби дерев та промислове використання лісу. В такому розумінні моніторинг виконує функції контролю і управління лісовими ресурсами. Об'єднання цих напрямів в єдину систему дозволяє повніше оцінювати стан лісів як біологічного компонента біосфери і як відновлювального природного ресурсу. В біосферному просторі дається також комплексна оцінка стану педосфери (земельні ресурси, динаміка землекористування, структура угідь, ерозії і забруднення ґрунтів, екологічні наслідки меліорації земель, застосування добрив і пестицидів) і зоосфери (тваринний світ, рибні ресурси, мікробіоценози в ґрунтах та ін.) [8].

Екологічний моніторинг здійснюється на чотирьох рівнях:

- локальному – на території окремих об'єктів (підприємств), міст, ділянках ландшафтів. Для ефективного контролю за забрудненням атмосфери в містах із населенням до 100 тис. осіб контрольних станцій доцільно мати принаймні три; від 100 тис. до 300 тис. осіб – не менше п'яти, від 300 тис. до 500 тис. – сім, тоді як у населеному пункті з населенням понад 1 млн чоловік – 11–24 пункти. Промислові системи екологічного моніторингу контролюють викиди промислових підприємств, рівень забруднення промислових майданчиків і прилеглих до них районів;

- регіональному – в межах адміністративно-територіальних одиниць, на територіях економічних і природних регіонів. Здебільшого він отримує дані про забруднення атмосфери і водойм від міських і промислових контрольних станцій;

- національному – на території країни в цілому моніторинг означає статистичну обробку та аналіз даних про забруднення навколишнього середовища від регіональних систем, зі штучних супутників землі та космічних орбітальних станцій. Вони функціонують разом зі службою погоди

Держкомгідромету України і здійснюють прогноз якості навколишнього середовища на великих територіях країни;

- глобальному – глобальні системи моніторингу навколишнього середовища використовуються для досліджень і охорони природи та здійснюються на основі міжнародних угод у цій сфері. Низка країн має мережу наземних станцій, на яких здійснюються безперервний відбір та аналіз проб на наявність в атмосфері забруднювальних речовин, CO_2 , CO , пилу, свинцю, радіонуклідів та ін.

Для збереження фонових рівнів якості середовища, порівняно з яким визначався б і рівень впливу людини на атмосферу, створено мережу біосферних заповідників. Вона охоплює всі основні типи природних зон.

Однією з головних умов одержання об'єктивної інформації при проведенні моніторингових досліджень є визначення кордонів його об'єкта. В складних географічних умовах елементарною просторовою одиницею доцільно вважати територію водозабору (басейну) ріки. Просторова структура екологічного моніторингу на території області базується на мережі основних і додаткових пунктів постійного спостереження (ППС). Основні ППС розміщені в межах 60–16 км² і формують регіональну моніторингову мережу, яка зв'язана з європейською мережею ППС. Кількість таких пунктів на території кожної області визначається, враховуючи величину її території.

У міській місцевості та для організації локального моніторингу навколо промислових підприємств із значними викидами забруднювальних речовин в атмосферу закладаються додаткові ППС, наприклад, Івано-Франківська область (Бурштинська ДРЕС, Калуська ТЕЦ, ВАТ «Оріана», АТ «Нафтохімік Прикарпаття», фірма «Барва») [9,10].

Додаткові ППС розміщуються в межах водозборів головних рік на екологічних профілях (трансектах) упоперек річкових долин на виток (до 10 км), у верхній (10–20 км), середній (25–50 км) і нижній (50–100 км) частинах водозбору на таких елементах рельєфу: вододіли, схили, надзаплавні тераси, заплави. Додаткові ППС локального моніторингу в зоні впливу промислових підприємств закладаються по мережі 2,2 км або 1,1 км з урахуванням зон забруднення та з урахуванням «рози вітрів».

На кожному пункті спостереження, залежно від ступеня мінливості показників, встановлюється періодичність їх вивчення.

Перша група показників – періодичність вивчення не менше 3 разів на місяць: хімічний склад повітря і атмосферних опадів, кислотність дощів і снігу. [11]

Друга група (показники стійких змін) – періодичність 2–5 років:

- 1) маса опаду і підстилки;
- 2) видовий склад і маса трав'яного покриву;
- 3) видовий склад і маса мохів та лишайників на деревах;
- 4) інтенсивність дефоліації і дехромації;
- 5) кислотність ґрунтів;
- 6) хімічний склад поверхневих і підземних вод.

Третя група – періодичність 5–10 років:

- 1) потужність верхнього горизонту ґрунту і кількість гумусу;
- 2) фізичні параметри ґрунту;
- 3) вміст у ґрунті і рослинах шкідливих речовин;
- 4) наявність шкідників і хвороб;
- 5) продуктивність фітоценозів;
- 6) структура і співвідношення угідь на водозборі.

Основою робіт з автоматизованого моніторингу навколишнього середовища є системи автоматичного спостереження контролю навколишнього середовища – АСКНС спеціалізованих аналітичних станцій.

Значний комплекс робіт в галузі екологічного моніторингу проводиться переважно пересувними лабораторіями (ПЕЛ), які забезпечують збір, обробку, накопичення та збереження інформації про параметри навколишнього середовища, а саме: атмосфери, ґрунтів, продуктів харчування. Така лабораторія, виконана на базі автобуса ЛАЗ-699Р, в режимі екологічного патрулювання дає можливість значно зменшити витрати коштів порівняно зі стаціонарною системою контролю.

Вимірювальний комплекс ПЕЛ дозволяє контролювати:

- забруднення атмосфери окисами вуглецю, азоту, сірки і продуктами розпаду радону;
- концентрації токсичних газів в атмосфері (більше 15 видів);
- концентрації шкідливих елементів атомно-абсорбуючим експрес-методом у ґрунті, воді і харчових продуктах;
- потік, еквівалентну дозу і потужність еквівалентної дози радіоактивних випромінювань усіх видів;
- рівні шуму і параметри вібрації;
- щільність потоку електромагнітного випромінювання НВЧ та ін.

Значну допомогу в проведенні моніторингових спостережень надають пересувні лабораторії промислових викидів, які працюють на базі відповідного

автомобіля, де розміщена апаратура для контролю валових викидів і масової концентрації основних забруднювачів атмосфери.

Існує ціла низка приладів у сфері контролю техногенних забруднень довкілля і технологічного контролю виробничих процесів, які допомагають здійснити оптимальну організацію системи моніторингу різних рівнів на базі локальних комп'ютерних мереж. В Україні в деяких областях впроваджена дворівнева технологічна система збору, опрацювання, збереження та аналізу інформації, яка дозволяє чітко розподілити функції різних підрозділів, оптимально використати технічні засоби та оперативно зібрати потрібну інформацію.

Системи моніторингу першого рівня призначені для вимірювання, реєстрації та первинного накопичення даних моніторингу навколишнього середовища.

Другий, вищий рівень системи моніторингу – це програмні комплекси на Центральній ЕОМ.

Призначення цих систем таке:

- збір з робочих станцій оперативної інформації з моніторингу;
- діалоговий режим вводу і ведення баз даних з усіх видів і сфер радіаційного контролю;
- інтеграція всіх даних на регіональному рівні та обробка, аналіз і узагальнення наявної інформації.

1.1. 1. Нормування забруднень навколишнього середовища

Законодавчою базою стандартизації і нормування в галузі охорони довкілля в Україні є закони і кодекси: Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», введений в дію Постановою Верховної Ради України № 1268-ХІІ від 26 червня 1991 р. зі змінами, «Про природно-заповідний фонд України» (від 16.06.1992 р.); «Про охорону атмосферного повітря» (від 16.10.1992 р.); «Про рослинний світ» (від 09.04.1999 р.); «Про тваринний світ» (від 3.03.1993 р.); «Про відходи» (від 05.03.1998 р.); Лісовий, Водний та Земельний кодекси, кодекс «Про надра» та інші. Вказані нормативно-правові документи регламентують основні питання правового поводження з окремими видами природних ресурсів, право власності і право користування ними, заходи охорони і відповідальність за порушення екологічного законодавства, міжнародне співробітництво тощо.

До нормативних актів в системі екологічного законодавства належать також підзаконні нормативно-правові акти (укази Президента України, постанови Кабінету Міністрів України, інструкції міністерств і відомств, рішення органів місцевого самоврядування), керівні нормативні документи (КНД), державні стандарти (ДСТУ), санітарні правила і норми (ДСанПін). Державні стандарти в галузі охорони навколишнього природного середовища є обов'язковими для виконання і визначають поняття і терміни, режим використання й охорони природних ресурсів, методи контролю за станом навколишнього природного середовища, вимоги щодо запобігання негативного впливу забруднень на здоров'я людей, інші питання, пов'язані з охороною навколишнього природного середовища та використанням природних ресурсів.

Класифікація нормативів якості довкілля та антропогенного навантаження надзвичайно складна. Так, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» виділяє екологічні нормативи, до яких відносяться гранично допустимі викиди, скиди, нормативи використання природних ресурсів тощо, та нормативи гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у довкіллі та рівні шкідливих фізичних та біологічних впливів на нього. Очевидно, що класифікація нормативів дещо ширша та має враховувати комплексні екологічні нормативи. [12,13]

Для оцінювання екологічного стану довкілля запроваджено екологічне та санітарно-гігієнічне нормування.

Екологічне нормування передбачає допустиме навантаження на екосистему. Допустимим є таке навантаження на довкілля, при якому відхилення перебігу процесів у довкіллі є в межах норми. Однак для більшості забруднювачів користуються санітарно-гігієнічними нормами. [14]

В Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» (25.06.1991 зі змінами) наведене визначення екологічних нормативів як таких, що встановлюють гранично допустимі викиди та скиди у НПС забруднюючих хімічних речовин, рівні допустимого шкідливого впливу на нього фізичних та біологічних факторів. В такому формулюванні екологічні нормативи фактично тотожні виробничо-господарським. Але екологічні нормативи – це нормативи гранично допустимого антропогенного впливу або стану природного середовища, при яких не виникають порушення в екосистемах.

Санітарно-гігієнічне нормування базується на принципі, що людина тоді захищена від негативного впливу довкілля, коли захищена і екосистема. В основу нормування шкідливих впливів покладено принцип порогової дії. Поріг шкідливої дії – це та мінімальна доза речовини, під впливом якої в організмі

виникають зміни в межах фізіологічних реакцій та реакцій пристосування. Екологічні та санітарно-гігієнічні стандарти включають такі показники: гранично допустима норма (ГДН); гранично допустима концентрація (ГДК); гранично допустимий рівень (ГДР). [15]

ГДН (гранично допустимі норми) характеризують антропогенну дію на природне середовище. Вони включають: організаційні заходи; заходи раціонального використання земель, флори; норми для ґрунтів, водойм та водостоків, повітря населених пунктів. Перевищення норми загрожує здоров'ю.

ГДК (гранично допустима концентрація) – така концентрація хімічної речовини у довкіллі, при дії якої на організм періодично або протягом всього життя (прямо або опосередковано) не виникають фізичні та психічні захворювання або зміни стану здоров'я, що виходять за межі фізіологічних реакцій, виявлених сучасними методами дослідження відразу і у віддалені строки життя сучасного та наступного покоління.

Нормування здійснюють за принципом лімітуючого показника і найбільш чутливого показника, як наприклад неприємний запах, хоча концентрація речовини не викликає шкідливої дії.

На сьогодні встановлено ГДК для більш ніж 500 шкідливих речовин, що забруднюють повітря, біля 300 для ґрунтів і більше ніж 1500 для вод. ГДР (гранично допустимий рівень) нормує рівні вібраційного, електромагнітного, шумового забруднення.

Виробничо-господарські стандарти регламентують екологічно безпечний режим роботи виробництва, комунально-побутового об'єкту. До них відносяться технологічні, містобудівні, рекреаційні та інші нормативи господарської діяльності.

Технологічні нормативи включають гранично допустимий викид в атмосферу (ГДВ) та гранично допустимий скид, стік у водойму (ГДС).

ГДВ в атмосферу (г/с, т/рік) – така кількість шкідливих речовин, яка викидається у повітря за одиницю часу, і при якій концентрація забруднювача повітря не перевищує ГДК. Гранично допустимий викид визначає ту кількість хімічної речовини у викиді, яка не перевищує фонові. Його встановлюють після розрахунку розсіювання домішок в атмосферу.

Для речовин, дія яких недостатньо досліджена, на певний відрізок часу, переважно 2–3 роки, встановлюють тимчасові нормативи. До таких нормативів належать ОДК (орієнтовно допустимі концентрації) для ґрунтів; ТДК (тимчасово допустимі концентрації) та ОБРВ (орієнтовно безпечні рівні впливу), переважно для викидів у повітря.

1.1.2. Вимоги до методів та засобів екоаналітичного контролю

Відповідно до сформованого типового алгоритму (послідовності операцій) екоаналітичного контролю хімічних параметрів і фізичних факторів (ФФ) впливу на навколишнє середовище можна виділити основні технологічні процедури контролю, до яких відносяться [16]:

- визначення контрольованого об'єкта (уточнення джерела забруднення) за наявними скаргами, документами або відповідно до отриманої заяви (наприклад, вихідний колектор стічних вод підприємства, що скидає їх у поверхневу водойму);

- первинне обстеження об'єкта (рекогносцирування) у формі вибіркового короткотермінового спостереження за ним з уточненням показників забруднення (ідентифікація), а також місця розташування, меж, зовнішніх проявів неблагополуччя та визначенням точок або зон подальшого дослідження/перевірки (наприклад, якісні попередні дослідження і напівкількісне вимірювання складу стічних вод «на місці» за найбільш шкідливими чи небезпечними ЗР і інтенсивно діючими ФФ);

- формування інформаційної моделі контрольованого об'єкта (наприклад, складання переліків контрольованих в стічних і природних водах ЗР і впливаючих на них ФФ, встановлення граничних значень рівнів їх фіксування або вимірювання із заданою вірогідністю і з прив'язкою до «місця», розробка архітектури майбутньої геоінформаційної системи – ГІС), а також планування експерименту з вивчення стану і динаміки контрольованого об'єкта (наприклад, складання плану-графіка вимірювань вмісту ЗР у стічних водах «на місці» або відбору їх проб для подальшого лабораторного аналізу);

- тривалі (систематичні) спостереження за об'єктом контролю (наприклад, безперервне або дискретне вимірювання концентрацій ЗР у стічних водах за спланованими показниками з відбором проб або без нього) і оцінка стану контрольованого об'єкта в цілому (зіставлення з нормами або раніше проведеними вимірами і можливе розділення по категоріях стічних вод за одержаними даними) за період спостережень;

- прогнозування зміни стану об'єкта контролю на основі інформаційної моделі (ГІС) і експериментально отриманих емпіричних даних в залежності від передбачуваних змін зовнішніх умов (наприклад, збільшення або зменшення забруднення вод із зміною потужності виробництва, введення додаткового

очищення, заміни технологій виробничих процесів, замкнутого водообігу і т.д.);

– обробка і представлення отриманої інформації в зручній і зрозумілій формі та доведення її до споживача (звіт за результатами обстеження, представляється керівництву підприємства або замовнику, наприклад, в контрольну державну службу або в місцеву адміністрацію, або для громадської публікації і т.д.).

Результати даних процедур дозволяють виконати основні завдання екомоніторингу – оцінити показники стану і цілісності екосистеми (наприклад, поверхневого водного об'єкта, куди скидаються стічні води), виявити причини зміни показників контрольованого об'єкта і спрогнозувати наслідки виявлених змін, а головне – намітити і визначити коригувальні заходи, тобто створити передумови для виправлення виникаючих негативних ситуацій до того, як буде завдано ще більшої шкоди (наприклад, аварійний скид забруднених стічних вод, здатний знищити всю біоту водойми) [4,5,16].

В рамках зазначених процедур зазвичай здійснюються декілька технологічних операцій, виконання та повторення яких і становить розглянутий далі типовий технологічний цикл екоаналітичного контролю.

Типовий технологічний цикл екоаналітичного контролю забруднень навколишнього середовища зводиться до певного набору основних операцій у певній послідовності їх виконання (етапи циклу), які в загальному вигляді полягають у наступному:

- пошук джерела (вибір місця контролю) забруднення або шкідливого впливу;
- його первинна оцінка «на місці» і / або відбір проб;
- підготовка проб до їх транспортування і зберігання та доставка до місця аналізу;
- підготовка проб до аналізу безпосередньо в лабораторії;
- кількісний аналіз проб в лабораторних умовах;
- обробка та представлення результатів аналізу з оцінкою показників правильності та достовірності отриманих результатів;
- планування наступного циклу контролю.

Місце для первинної оцінки або відбору проби вибирається відповідно мети аналізу і на підставі уважного вивчення всієї наявної попередньої інформації (документації), а також натурного дослідження місцевості або контрольованого об'єкта, причому повинні враховуватися всі обставини, які могли б вплинути на склад взятої проби або результат первинної оцінки

наявності та рівня забруднення. Залежно від виду аналізованого середовища дана процедура має деякі особливості.

При пошуку точок відбору проб води з поверхневих природних джерел особливо уважно треба обстежити притоки річки та можливі джерела забруднення вище за течією від передбачуваного місця первинної оцінки або пробовідбору. Місце відбору проб стічних вод оцінюється і вибирається тільки після детального ознайомлення з технологією виробництва, споживанням і скиданням води, місцем розміщення цехів об'єкта, системою його каналізації, призначенням і роботою окремих елементів систем очищення і т.д.

Створи відбору та оцінки проб встановлюють на водоймах приблизно в 1 км вище найближчого за течією пункту водокористування (водозабір для питного водопостачання, місця купання, організованого відпочинку, територія населеного пункту), а на непроточних водоймах і водосховищах – в 1 км в обидва боки від пункту водокористування.

Пошук і вибір місця відбору, а також первинної оцінки проб повітря (як і інших середовищ) проводять в передбачуваних зонах максимального забруднення навколишнього природного середовища (наприклад, в «факелі» викиду і в зонах його можливого проходження на відстані до об'єкту від сотень метрів до кількох кілометрів, зазвичай на висоті 1,5 метра від землі) або безпосередньо поблизу знаходження (скупчення) людей та інших біооб'єктів, для яких даний викид може виявитися шкідливим або небезпечним.

У робочій зоні проби повітря слід відбирати в місцях постійного або максимально тривалого перебування людей, при характерних виробничих умовах з урахуванням особливостей технологічного процесу (безперервний, періодичний), кількості (рівня) та фізико-хімічних властивостей, а також класу небезпеки і біологічної дії хімічних забруднюючих речовин (ЗР), що виділяються, або фізичних факторів впливу, температури і вологості навколишнього середовища. Вибір місця відбору проб повітря в робочій зоні зазвичай більш складний, ніж проб атмосфери в населених місцях або в навколишньому природному середовищі у зв'язку з насиченістю робочого приміщення потенційними джерелами шкідливого впливу (забруднення). [15,16]

Місця для відбору проби повітря в робочій зоні вибирають з урахуванням технологічних операцій, при яких можливе найбільше виділення в повітря робочої зони шкідливих речовин, наприклад:

- біля апаратури і агрегатів в період найбільш активних хімічних, термічних та інших процесів в них;

- на ділянках завантаження і вивантаження речовин, затарювання готової продукції;
- на ділянках «внутрішнього» транспортування сировини, напівфабрикатів та продукції;
- на ділянках розмелу і сушіння сипучих матеріалів і речовин; у найбільш вірогідних джерел виділень при перекачуванні рідин і газів (насосні, компресорні) та ін.;
- у місцях відбору технологічних проб, необхідних для цілей технічного аналізу.

Періодичність відбору проб повітря для кожної речовини в кожній обраній точці встановлюють індивідуально залежно від часу перебування персоналу на робочому місці, від характеру контролюваного технологічного процесу. Часто враховують властивості речовин (факторів) та їх небезпеки, встановлюючи при виробничому контролі наступну періодичність відбору та аналізу проб: для 1-го класу – не рідше одного разу на 10 днів, для 2-го – не рідше, ніж щомісяця, а для 3-го і 4-го – не рідше, ніж один раз на квартал.

При виборі місць відбору проб ґрунту і їх первинної оцінки зазвичай враховують два головних параметри:

1) «ключову» ділянку, що є найменшою геоморфологічною одиницею ландшафту і в достатній мірі відображає генезис (тип, підтип) властивостей ґрунтів;

2) розмір (площу) «елементарної» ділянки, з якої відбирають змішаний ґрунтовий зразок, що відображає середній рівень забруднення ґрунту. «Елементарні ділянки» виділяють в межах ключової ділянки, розміри їх залежать від відстані до джерела забруднення ґрунту.

Зазвичай керуються правилом: «чим далі від джерела, тим більше повинна бути площа елементарної ділянки». При сильному забрудненні навколо потужних підприємств в напрямку пануючих вітрів територію обстежують на відстані до 20-30 км, а в напрямку найменшої повторюваності і сили вітрів – приблизно в 2 рази менше.

В операцію «пошуку джерела» або місця пробовідбору часто також включається завдання ідентифікації забруднюючої речовини (встановлення її природи, розшифровка складу основних компонентів суміші). За відсутності технічної можливості або необхідності в ідентифікації воно повинно замінюватися більш простим завданням виявлення, тобто підтвердженням факту наявності забруднюючої речовини в середовищі. У випадку визначення шкідливого фізичного чинника доцільно відразу проводити кількісний вимір

його рівня. Ці завдання повинні вирішуватися максимально експресно (тобто за мінімальний проміжок контрольного часу), що зіставляється з часом пробовідбору. Від швидкості первинної оцінки при виявленні джерела забруднення або впливу шкідливого ФФ залежить не тільки тривалість (а отже, і економічність) вищевказаних процедур, але часто і безпека персоналу (у разі аналізу «супертоксику»), радіації та інших особливо шкідливих хімічних речовин і факторів, а також при обстеженні особливо небезпечних виробничих та інших об'єктів).

Характер роботи технічного засобу контролю в режимі визначення по можливості повинен бути безперервним або хоча б періодичним, але з мінімальним часом паузи між повторюваними циклами аналізу. Методи та технічні засоби, які використовуються, мають виявляти максимально специфічно (тобто вибірково відносно шуканих ЗР або ФФ – на фоні заважаючих домішок або інших наявних факторів).

У випадку ідентифікації вимога про специфічність засобу замінюється вимогою, щоб технічний засіб був селективним, тобто здатним одночасно (або послідовно) розрізняти в аналізованому середовищі кілька навіть схожих за властивостями речовин (факторів).

Ще однією значущою характеристикою засобу виявлення є також його чутливість, тобто здатність фіксувати мініимально можливі концентрації ЗР або рівні ФФ.

Для отримання достовірної та надійної інформації про вміст ЗР пробовідбір повинен здійснюватися так, щоб аналізовані зразки були «репрезентативними» (представницькими) для природних об'єктів. Репрезентативними прийнято вважати такі проби:

- є характерними для даного природного об'єкта в даному місці відбору в даний час;
- вміст визначуваних інгредієнтів не змінюється при відборі проб, їх зберіганні і транспортуванні до місця аналізу. Іншими словами, співвідношення матриці і аналізованих компонентів (інгредієнтів) повинно залишатися постійним як в загальній масі вихідного матеріалу, так і у взятій пробі;
- об'єм чи маса проби повинні забезпечити виконання аналізу.

На цей час існує кілька класифікацій засобів вимірювань, в основу яких, в залежності від мети досліджень, покладені різні принципи для класифікації. [13]. Так, засоби екоаналітичних вимірювань можна розділити на групи:

- автоматичні і неавтоматичні («ручні») – в залежності від ступеня їх автоматизації, тобто здатності засобів виконувати всі або окремі операції

екоаналітичного циклу (пробовідбір, пробопідготовка, власне вимірювання тощо) без участі людини;

- мобільні і стаціонарні – в залежності від можливості переміщення ЗВ до джерела забруднення (розрізняють «ті, що переносяться» – однією людиною, причому постійно, «ті, що переносяться» – однією або кількома людьми для епізодичного вимірювання і «ті, що перевозяться» – за допомогою будь-яких транспортних засобів);

- аналізатори і сигналізатори – в залежності від форми аналітичного ефекту, що видається («аналізатор» – у вигляді кількісної характеристики вмісту речовини або іншого показника НС, а «сигналізатор» – у вигляді любого сигналу, що свідчить про перевищення допустимого рівня фіксованого параметра);

- універсальні ЗВ – вимірюють вміст практично любых речовин різних класів (наприклад, хроматограф або спектрофотометр), групові - аналізують ряд схожих за властивостями речовин одного класу або групи (наприклад, атомно-адсорбційний аналізатор важких металів або багатоцільовий аналізатор вихлопних газів автотранспорту) і цільові – специфічні до конкретних речовин (наприклад, аналізатор СО, аналізатор Hg тощо);

- за аналізованим середовищем: газоаналізатор – для газів атмосфери, аквааналізатори – для аналізу вод, аналізатори сипучих тіл (грунту, пилу та інші) тощо;

- аналогові і цифрові – за способом реєстрації результатів тощо. Часто класифікують екоаналітичні засоби за методами отримання інформації: - хімічні (реактиви і обладнання стаціонарних хімічних лабораторій, так звана «мокра хімія»). Це обладнання достатньо повно висвітлено в інших виданнях, тому в даному підручнику не розглядається;

- фізико-хімічні: оптичні (спектрофотометри, фотоелектро-колориметри), електрохімічні (йоніметри, кондуктометри, полярографи), хроматографічні (рідинні і газові хроматографи та різні хроматографічні колонки);

- фізичні: радіометри і дозиметри, електромагнітometri, мас-спектрографи, шумоміри.

1.2. Методи контролю за станом навколишнього середовища

Важливою ланкою у забезпеченні якості навколишнього середовища є система контролю його стану, що включає: спостереження стану навколишнього середовища та прогноз змін; виявлення та оцінювання джерел забруднення; попередження появи підвищеного рівня забруднень.

Розміщення стаціонарних і маршрутних постів повинне сприяти виявленню максимальних концентрацій забруднювальних речовин.

1.2.1. Методи дослідження за станом навколишнього середовища

У сучасній екології широко застосовують дуже багато різних фізико-хімічних методів аналізу: діаліз, центрифугування, оптичні методи, різні види хроматографії, рН-метрію, гравіметрію, рефрактометрію, мас-спектрометрію, радіо імунні методи досліджень та ін. В даному розділі коротко розглянуто лише декілька основних і найбільш поширених в лабораторній практиці методів. За метою їх використання, методи можна умовно поділити на: методи виділення речовин, їх концентрування, очищення, розділення компонентів, ідентифікації, якісного та кількісного визначення. [21]

Хроматографічний аналіз – це метод розділення складних сумішей на окремі компоненти, які зберігаються без зміни їх попередніх властивостей.

Хроматографічний метод аналізу був запропонований у 1903 році російським вченим ботаніком Михайлом Цветом. Він уперше застосував його для розділення пігментів рослин; стовпчик адсорбенту із забарвленими в різні кольори зонами назвав хроматограмою, а сам метод – хроматографічним аналізом. У найпростішому випадку при проходженні розчину який містить певні компоненти через колонку з шаром сорбенту внаслідок різних сорбційних властивостей компонентів суміші відбувається їх розділення по довжині колонки за рахунок багаторазового повторення сорбції, десорбції та інших процесів. Після вбирання речовин сорбентом останній промивають відповідним розчинником. Внаслідок промивання окремі компоненти суміші поступово вимиваються з колонки.

Розділення можна поєднати з одночасним кількісним визначенням певного показника фізичної властивості розчину, що витікає з колонки. Такою фізичною

властивістю може бути теплопровідність, оптична густина, показник заломлення світла (рефракція), електропровідність, рН тощо.

Одним з найкращих детекторів для хроматографії, на сьогодні, вважають мас-спектрометричний (прилади, відповідно, носять назву хромато-масспектрометри), він дозволяє ідентифікувати і визначити вміст практично будь-якої речовини у будь-якому субстраті, навіть якщо вона знаходиться у дуже малих (слідових) кількостях. Із хроматографічних методів в екологічних дослідженнях використовують гел'єхроматографію, іонообмінну, афінну, тонкошарову, газову, газорідинну та високоефективну рідинну хроматографію.

Хроматографічний метод є універсальним, його можна застосовувати для виділення речовин, їх концентрування, очищення, розділення компонентів, ідентифікації, якісного та кількісного визначення.

Хроматографічні методи класифікують за наступними ознаками:

а) за агрегатним станом суміші, в якому відбувається її розділення на компоненти – газова, рідинна, газорідинна хроматографія;

б) за механізмом розділення – адсорбційна, розподільча, іонообмінна, осадова, окислювально-відновлювальна, адсорбційно-комплексоутворююча хроматографія;

в) за формою проведення хроматографічного процесу – колоночна, капілярна, площинна (паперова, тонкошарова, мембранна).

Для ідентифікації речовин, їх якісного та кількісного визначення в лабораторній практиці часто використовують оптичні методи: фотоелектроколориметричні, спектрофотометричні, флуоресцентні, поляриметричні та ін. Ці методи прості у використанні, експресні і доступні, вартість аналітичного обладнання порівняно не висока.

В цілому, серед оптичних методи методів екологічних досліджень провідна роль належить спектральному аналізу. Він є одним із фізико-хімічних методів якісного і кількісного визначення атомного та молекулярного складу речовин, заснованих на дослідженні спектрів, що поглинаються або випромінюються речовинами що аналізуються. В основу цієї групи методів покладено принцип вимірювання зміни інтенсивності світлового потоку. Залежно від довжини хвилі змінюється характер випромінювання, тому електромагнітний спектр поділено на зони: γ -, рентгенівські та космічні промені з довжиною хвилі 0,1 – 9 нм, ультрафіолетова зона – від 10 до 380 нм, видима зона – від 380 до 760 нм, інфрачервона зона – від 760 до 1100 нм і далі до 10^5 нм

В основу абсорбційної спектроскопії покладено принцип вимірювання поглинання світла, яке проходить крізь досліджуваний розчин унаслідок абсорбції його досліджуваною речовиною. Вимірювання спектрів здійснюють на спеціальних спектральних апаратах, у яких пробу речовини вміщують між джерелом світла і фотоелементом, що реєструє світло. Кожна речовина поглинає світло з певною довжиною хвилі, отже, абсорбція світла є вибірковою.

Фотоелектроколориметрія – це вимірювання поглинання видимої частини спектра забарвленими розчинами.

Спектрофотометрія – це вимірювання поглинання (або пропускання) прозорих розчинів в частині ультрафіолетової (УФ), видимій та частині інфрачервоної (ІЧ) зон спектра (210-1100 нм). Метод зручний для вимірювання концентрацій речовин.

Інколи використовують такий оптичний метод, як *нефелометрія*. Це метод вимірювання інтенсивності розсіяного (або поглинутого) суспензією світла.

Нефелометричний і турбідиметричний методи аналізу базуються на утворенні в результаті реакції малорозчинних сполук, які залишаються в розчині, досить стабільних суспензій, дисперсних, колоїдних або каламутних розчинів. Розсіювання світла залежить від довжини хвилі значно менше, ніж поглинання, і змінюється з концентрацією розчину нелінійно. Під час турбідиметричного вимірювання визначення концентрації речовини проводять не за величиною розсіювання світла, а за поглинанням прямолінійного світлового потоку частинками дисперсного розчину. Метод власне нефелометрії використовують у випадках, коли кількість речовини визначають за інтенсивністю світлового потоку, розсіяного завислими частинками дисперсного розчину. Розсіяне світло вимірюють у напрямку, перпендикулярному до основного світлового потоку.

Нефелометричні методи поступаються перед фотометричними тим, що розсіювання або поглинання дисперсної фази залежить не тільки від кількості частинок, а й від їхніх форм, розміру, характеру. Необхідною умовою для отримання коректних (правильних) результатів дослідження є стабільність суспензій. З моменту підготовки досліджуваного зразка до завершення вимірювань частинки речовини не повинні осідати або коагулювати, ще впливає на точність вимірювань.

Екстрагування – метод вилучення розчиненої речовини з розчину (досліджуваного зразка) за допомогою іншого розчинника, який не змішується з першим. Так за допомогою хлороформу можна вилучити з води переважну частину розчиненого в ній йоду, а за допомогою таких органічних розчинників

як ефір, спирт, бензол, хлороформ та ін. екстрагувати ліпіди з біологічного матеріалу. Із суміші білки-вуглеводи фенолом можна екстрагувати білки, полісахариди при цьому не розчиняються, а трихлороцтовою або фосфорновольфрамовою кислотою – вуглеводи, білки при цьому осаджуються.

Осадження проводять шляхом додавання до багатокомпонентного розчину відповідного реактиву, який утворює з речовиною що аналізується нерозчинну сполуку. Реактив додається по краплям і завжди з надлишком, для того, щоб бути впевненим, що осадження пройшло кількісно (повністю).

Фільтрування – це операція за допомогою якої можна механічно відділити тверде тіло від рідкого (нерозчинені сполуки або їх частинки від розчинених), або осад що знаходиться у розчині. Для цього використовують фільтри з різним розміром пор та виготовлені з різних матеріалів: паперу, пористого скла, азбесту тощо. Колоїдні частинки інколи проходять через паперові фільтри, у такому випадку застосовують ультрафільтри (мембранні фільтри), наприклад, гелі полімерів у вигляді плівок.

Седиментаційний метод ґрунтується на розділенні речовин під дією відцентрової сили. До нього відносять аналітичне і препаративне центрифугування. В екологічній лабораторній практиці широкого застосування набув метод аналітичного центрифугування. Він базується на тому, що різні молекули залежно від молекулярної маси, густини та форми осідають або спливають з різною швидкістю, що дає змогу досить чітко їх диференціювати. Кожен клас частинок характеризується певною швидкістю їх седиментації (осідання) або спливання (флотації). Залежно від густини середовища, в якому відбувається розділення, можна досягти осадження або спливання частинок. Наприклад, для розділення білків кращим є метод седиментації, для ліпідів – флотації.

Центрифугування дуже широко застосовується під час проведення різних аналізів. Застосовують центрифуги різних типів і конструкцій – від стаціонарних (ультрацентрифуги) до настільних, портативних. Цим методом можна розділяти різні типи біологічних молекул (препаративне центрифугування), визначати їх молекулярну масу, розмір та форму, розділяти окремі субодиниці тощо (аналітичне центрифугування).

Рефрактометрія належить до фізичних методів аналізу. Сутність методу полягає у визначенні коефіцієнту рефракції (або показники заломлення) зразка, що досліджується (n), і визначенні концентрації діючої речовини (c) за калібрувальним графіком або спеціальною таблицею. Метод простий у використанні, експресний і достатньо точний, тому його часто використовують

для визначення концентрацій білків, наприклад, загального вмісту білків в сироватці крові, та біологічно активних речовин у розчинах. Рефрактометри – прилади не дорогі за ціною, прості в експлуатації і наявні, практично, в будь-який фізико-хімічній лабораторії.

Полярографія – це електрохімічний метод, що ґрунтується на отриманні та розшифруванні кривих залежності сили електричного струму (I) від напруги (U) що поступово змінюється: $I = f(U)$. Струм виникає під час окисно-відновних реакцій, що проходять на поверхні робочого електроду. Метод застосовується для аналізу речовин які здатні до електровідновлення або електро-окиснення. Під час проходження електричного струму в певному інтервалі напруги на полярограмах є ділянки, на яких сила струму пропорційна концентрації реагуючих речовин. За зміною висоти полярограм визначають концентрацію речовини. Вперше метод запропоновано у 1922 році професором Празького університету Ярославом Гайровським.

В екології метод застосовують для визначення катіонів, аніонів, гормонів, амінокислот, вітамінів, вуглеводів та ін. В різних об'єктах навколишнього середовища. Полярографію використовують також при дослідженні білків-ферментів, за допомогою цього методу можна отримати дані про деякі функціональні групи білків (^-SH , $^-\text{NH}_2$, імідазольну групу), визначити каталітичну активність ферментів тощо.

Прикладом застосування різних методів може слугувати визначення концентрацій шкідливих домішок в атмосферному повітрі поблизу автомагістралей і у відпрацьованих газах двигунів. Аналізуються індивідуальні проби газу, взяті дискретно і при безперервних вимірах. Часто застосовують різні газоаналізатори. У конструкціях найбільш поширених аналізаторів газів використовуються різноманітні методи.

Для оцінки рівня забруднення водного середовища використовуються традиційні прилади фізико-хімічного аналізу, а також хроматографи. Контролюється каламутність, колір, запах, твердість, питома електрична провідність, коефіцієнт світлопропускання, редокспотенціал, активність водневих іонів (рН), рівень насичення киснем, активність і концентрація іонів різних речовин, що надходять у воду у вигляді забруднень, і інші параметри (температура, тиск, швидкість потоку) [4,18].

Хімічний аналіз води здійснюється за допомогою лабораторних комплектів аналізу води. У ці комплекти входять хімічні розчини, порцеляновий і скляний посуд, допоміжне обладнання, необхідне для збору і обробки проб, виконання хімічного аналізу. Фізико-хімічні властивості води

визначаються з використанням фотоколориметрія, атомно-абсорбційних, інфрачервоних, калориметричних спектрометрів, іонометрії, комплексних аналізаторів якості води.

Для контролю стану поверхні земель, якісного і кількісного складу ґрунтів і ґрунтів, оцінки рівня і складу забруднень використовуються прилади та обладнання, наведені вище (аналіз водної витяжки ґрунту), а також ряд спеціальних приладів, призначених для визначення щільності, властивостей ґрунтів (твердомір, глибинний гамма-щільномір, зсувне прилад, вимірник об'ємної вологості), параметрів снігового покриву.

Широко використовується переносний лабораторний комплект визначення гідрофізичних і фізико-механічних властивостей ґрунтів. Седиментація атмосферних транспортних аерозолів, зокрема важких металів, призводить до забруднення рослинності. Наземні частини рослин акумулюють атмосферні забруднення, і їх хімічний склад може бути індикатором для виділення територій з високим рівнем впливу транспортних засобів.

Вимірювані параметри:

- Фізіологічний стан рослин;
- Елементний склад тканин рослини.

Візуальна оцінка забруднення - прояв надмірного (вище встановлених норм) вмісту різних речовин в зеленій масі будується на ідентифікації явно виражених змін виду рослин:

- Мідь - темно-зелене листя, товсті короткі коріння;
- Залізо - темно-зелене забарвлення листя, сповільнений ріст надземних частин рослини;
- Цинк - хлороз і некроз решт листя, міжжілковий хлороз молодого листя;
- Свинець - темно-зелене листя, бурі короткі коріння, скручування старого листя;
- Кадмій - бурі краї листя, червонуваті жилки й черешки, скручені листя й бурі недорозвинені коріння.

Визначення концентрації токсичних елементів у тканинах рослин здійснюється по водній витяжці в лабораторних умовах методами, розглянутими вище.

Принцип нормування хімічних речовин у ґрунті значно відрізняється від принципів, покладених в основу нормування їх у водоймах, атмосферному повітрі, харчових продуктах. Потрапили в ґрунт хімічні речовини надходять в організм людини головним чином через контактуючі з ґрунтом середовища: воду, повітря і рослини (в останньому випадку за біологічного ланцюга ґрунт -

людина). Тому при нормуванні хімічних речовин у ґрунті враховується не тільки та небезпека, яку представляє ґрунт при безпосередньому контакті з нею, але й наслідки вторинного забруднення контактуючих з ґрунтом середовищ [13].

Встановлення ГДК забруднюючих речовин у ґрунті знаходиться в початковій стадії, тому до теперішнього часу встановлено ГДК лише для 30 шкідливих речовин, переважно отрутохімікатів.

У зв'язку з тим, що шкідливі речовини надходять в організм людини з харчових цілей, встановлені допустимі залишкові кількості (ДОК) пестицидів у ґрунті, харчових і кормових продуктах.

Результати гігієнічних досліджень забруднених ґрунтів дозволяють оцінювати ступінь небезпеки забруднення шкідливими речовинами за рівнем їх можливого впливу на системи «ґрунт - рослина», «ґрунт - мікроорганізми, біологічна активність», «ґрунт - ґрунтові води», «ґрунт - атмосферне повітря» і опосередковано - на здоров'я людини. З гігієнічної позиції небезпека забруднення ґрунту визначається рівнем можливого її негативного впливу на контактуючі середовища, харчові продукти і безпосередньо на людину, а також на біологічну активність ґрунту і процеси її самоочищення. І саме ГДК хімічних речовин у ґрунті є основним критерієм гігієнічної оцінки небезпеки забруднення ґрунтів шкідливими речовинами.

Для оцінки забруднення небезпеки забруднення ґрунту вибір хімічних речовин - показників забруднення - проводиться з урахуванням:

- специфіки джерел забруднення, що визначають комплекс хімічних елементів, що беруть участь у забрудненні ґрунтів досліджуваного регіону ;
- пріоритетності забруднювачів у відповідності зі списком ГДК хімічних речовин у ґрунті та їх класів небезпеки;
- характер землекористування.

Якщо немає можливості врахувати весь комплекс хімічних речовин, що забруднюють ґрунт, оцінку проводять за найбільш токсичних речовин, тобто відносяться до найбільш високого класу небезпеки.

При оцінці небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами слід враховувати наступне:

- небезпека забруднення тим більше, чим вище фактичні рівні вмісту контрольованих речовин у ґрунті в порівнянні з ГДК;
- небезпека забруднення тим більше, чим вище клас небезпеки контрольованих речовин;

- буферність ґрунту, що впливає на рухливість хімічних елементів, що визначає їх вплив на контактуючі середовища.

Оцінка небезпеки забруднення ґрунту населених пунктів у свою чергу визначається:

- Епідеміологічною значимістю забрудненого хімічними речовинами ґрунту;
- Ролью забрудненого ґрунту як джерела вторинного забруднення приземного шару атмосферного повітря і при її безпосередньому контакті з людиною;
- Значимістю ступеня забруднення ґрунту як індикатор забруднення атмосферного повітря.

Контактні методи вимагають досить складного і дорогого обладнання, спеціальних лабораторій і добре навченого персоналу. В країнах із слабorozвиненою матеріально-технічною базою ці аналізи часто доволі тривалі по часу, матеріало- і трудовитратні. Інтерпретація результатів не завжди адекватна екологічній ситуації. Крім того, користуючись інструментальними методами дослідження, можна визначити ті чи інші характеристики об'єкту дослідження (проби повітря, води, ґрунту, біоматеріалу тощо) лише на момент відбору проб. Однак лишайники, наприклад, здатні накопичувати радіоактивні елементи, мікроелементи, вміст радіонуклідів у них може бути у 10 разів вищий, ніж у трав'янистих рослинах. Лишайники нагромаджують газоподібні й тверді речовини з атмосфери практично постійно і необмежено. Тому, відстежуючи процеси їх накопичення або відсутність, можна оцінити рівень забруднення середовища.

Під впливом забруднень довкілля змінюються еколого-фізіологічні ознаки: пігментація, забарвлення рослин. Їх спричиняє надлишок токсичних солей у ґрунті або нестача поживних речовин. Наприклад, галофіти при помірному підвищенні засолення мають насичений зелений колір; за значної кількості солей у ґрунті – сіро-синюватий; при засоленні за умов недостатнього зволоження – оранжево-червоний.

1.2.2. Якісний аналіз стану довкілля

Під час дослідження стану довкілля кількісному визначенню часто передуює якісний аналіз на наявність того чи іншого хімічного елемента, йона, сполуки.

Якісний аналіз проводиться хімічними і фізичними методами. При проведенні аналізу хімічними методами використовують хімічні реакції. Аналізовані речовини можуть бути в твердому, рідкому і газоподібному агрегатному станах. [1,16]

Реакції, які використовуються в якісному аналізі, мають супроводжуватися візуальним ефектом:

- появою чи зникненням осаду;
- появою, зникненням чи зміною кольору розчину;
- виділенням газів;
- утворенням кристалів характерного кольору і форми;
- появою забарвлених перлів;
- забарвленням полум'я; - появою світіння;
- виникненням характерного забарвлення при розтиранні речовин.

Газовидільні реакції проводять у мікрогазових камерах або пробірках, вносячи туди краплину реагенту чи реактивний папір (фільтрувальний папір, оброблений відповідним реагентом), змочений водою. Газ, що виділяється, вступає в хімічні реакції, що супроводжуються появою характерного кольору сполуки.

У фізичних методах якісного аналізу використовують спостереження фізичних властивостей аналізованої речовини. Спектральні методи аналізу ґрунтуються на знятті спектрів поглинання або випускання речовини. В люмінесцентних методах речовини виявляють за здатністю світитись в ультрафіолетових променях. Для збудження люмінесценції необхідна ртутна лампа чи лампа розжарювання. Це чутливий метод. Зокрема, при взаємодії з 8-оксихіноліном Li^+ дає блакитну люмінесценцію, Ag^+ і K^+ – жовто-зелену, Al^{3+} – зелену, Mg^{2+} з люмомагнезоном – рожеву, Pb^{2+} з піридином і йодидом калію – жовто-коричневу, Cd^{2+} – блакитну. Виявлення речовин можливе також полярографічним шляхом, за електрохімічними явищами, які виникають у розчинах.

Елементи якісного аналізу досить ґрунтовно розглядаються в аналітичній хімії. Доцільно відмітити, що в хімічному аналізі широко застосовують різні методи розділення складних сумішей речовин та концентрування речовин, які передують проведенню аналізу. Для цього використовують, наприклад, перегонку, маскування йонів і дрібне осадження, хроматографію, екстракцію, адсорбцію тощо.

Видалення заважаючих йонів в осад. Заважаючи йони осаджують у вигляді карбонатів, гідроксидів, сульфідів, фосфатів, хроматів. Для цього підбирають

осаджувач для утворення осаду із малим значенням добутку розчинності (менше 10^{-10} – 10^{-12}).

Екстракція органічними розчинниками. Застосовується для видалення, головним чином, речовин здатних до комплексоутворення. Частіше за все використовують екстракцію хлоридних, дитизонатних, оксіхінолятних комплексів. Нейтральні комплекси багатьох метал-йонів добре розчинні в органічних розчинниках. Це дозволяє видалити заважаючі йони, якщо додати необхідний комплексоутворювач і органічний розчинник, який не змішується з водою (наприклад, хлороформ). Комплекс, який утворюється, переходить в органічний розчинник і видаляється із водної фази.

Окиснення і відновлення речовин. Ці реакції використовуються в тих випадках, коли заважаючі йони здатні окислюватися або відновлюватися. Таким способом, наприклад, видаляють Cr^{3+} (окиснення до CrO_4^{2-}), Mn^{2+} (окиснення до MnO_4^-), Bi^{2+} та інші йони.

Адсорбція. Адсорбцією називають поглинання речовин із газового або рідкого середовища поверхневим шаром твердого тіла – адсорбенту.

Адсорбцію відрізняють від абсорбції – поглинання речовин усім об'ємом абсорбенту, наприклад, поглинання аміаку водою.

При молекулярній адсорбції речовина приєднується до поверхні адсорбенту завдяки:

а) електростатичного (диполь-дипольного або йон-дипольного) притягання молекул речовин до заряджених ділянок поверхні адсорбенту;

б) за допомогою водневих зв'язків.

При хемосорбції речовина вступає в хімічну реакцію з поверхнею адсорбенту. Частіше всього це – реакція обміну йонами між адсорбентом і розчином – так звана йонообмінна адсорбція.

Екстракція. Вибіркове розчинення окремих компонентів суміші речовин в будь-якому розчиннику називають екстракцією. Розрізняють екстракцію в системі тверда речовина – рідина (із твердих тіл) і в системі рідина – рідина (із розчинів речовин).

Екстракція із твердих тіл. Застосовують для вибіркового розчинення одного або кількох компонентів твердих матеріалів (руд, сплавів, рослинної сировини). Твердий матеріал попередньо підсушують (якщо необхідно), подрібнюють і вводять в контакт із розчинником, який найбільше підходить – екстрагентом. Екстрагент проводить вибіркоче розчинення певних компонентів матеріалу. Потім відокремлюють отриманий розчин компонентів – екстракт, і

проводять його аналіз. Для отримання правильних результатів аналізу необхідно, щоб екстрагент повністю проекстрагував досліджувані речовини.

Якщо матеріал не пористий, а суцільний (руди, сплави), то екстракцію проводять декілька разів до повного екстрагування речовин із матеріалу, заливаючи матеріал кожний раз новою порцією екстрагента. При екстракції пористих матеріалів (рослинна сировина) частина розчинника проникає всередину пор матеріалу і тут можна обмежитись одноразовою заливкою екстрагенту. Сировину настоюють в екстрагенті до появи рівноваги. Аналізу піддають при цьому лише частину екстракту і результати аналізу перераховують на весь об'єм екстрагенту.

Екстракцію проводять екстрагентами, які добре розчиняють певні речовини. Для екстракції мінеральних речовин застосовують воду, розчини кислот або лугів, здійснюючи при цьому переведення мінеральних речовин у розчинну форму.

Перегонка. Багато речовин досить леткі і можуть бути виділені із матеріалу методом аналітичної перегонки (або дистиляції), яка ґрунтується на випаровуванні і конденсації летких компонентів. Аналітичну перегонку застосовують для відділення і кількісного визначення летких ефірних масел (в рослинній сировині), оцтової кислоти, етилового спирту. Цим методом визначають ацетильні групи (CH_3COO^-) і нітроген в органічних сполуках. Попередньо за допомогою хімічних реакцій переводять ацетильні групи в оцтову кислоту (омилення), нітроген – в амоніак (відновлення).

Хроматографія. Метод хроматографії широко застосовують для розділення і аналізу складних сумішей речовин. В основі цього аналізу лежать сорбційні процеси, розподіл речовин між двома фазами і явища осадження. У відповідності з процесами, що лежать в основі методу, розрізняють адсорбційну, розподільну і осадову хроматографію

Адсорбційна хроматографія. В цьому методі застосовують спеціальні речовини з добре розвинутою поверхнею – адсорбенти, які здатні утримувати на своїй поверхні з різною силою хімічні речовини, як за допомогою хімічного зв'язку, так і за допомогою молекулярних сил і поверхневих явищ.

Йонообмінна хроматографія. Деякі адсорбенти здатні до обміну своїх іонів на йони електроліту з розчину. Такі сорбенти називають йонітами.

Розподільна хроматографія. ґрунтується на здатності речовини розподілятися між двома фазами, які не змішуються при русі одна відносно одної. В залежності від участі в процесі фаз розрізняють газорідинну і рідинну хроматографію. У випадку газорідинної хроматографії використовується

здатність речовин знаходитись у газоподібному стані в газовій фазі і у розчиненому стані в рідині. Нерухомою фазою служить рідина, яка нанесена на тверду фазу - носій, або стінки капілярної трубки, рухомий - газ, який проходить через шар адсорбенту або капілярні трубки. Робоча колонка в цьому методі поміщається в термостат і нагрівається до 200 – 400 °С. Проба речовини вноситься в потік газу, випаровується і разом з потоком газу рухається через колонку, де розділяється на індивідуальні речовини. При виході із колонки спеціальні детектори реєструють присутність речовини і подають сигнал на самописець.

Рідина-рідинна хроматографія. Розділення речовин проходить внаслідок їх різної здатності розділятися між двома рідкими фазами. При контакті двох фаз настає рівновага, при якій в кожній фазі містяться певні концентрації речовини. При русі однієї фази відносно іншої рівновага порушується і речовина переходить із нерухомої у рухому фазу, вільну від речовини, і навпаки. Суміш речовин при цьому розділяється. В якості нерухомої рідкої фази (хроматографічний шар) використовують пористі матеріали з великою поверхнею, які змочені будь - якою рідиною (часто водою). В якості рухомої фази використовують суміші різних органічних розчинників.

Колончна хроматографія. Проводять на колонці зі скла, яка заповнена адсорбентом (оксид алюмінію, силікагель та ін.), на який наносять попередньо нерухомих рідку фазу. В колонку вносять 0,2-0,5 см³ розчину суміші речовин і потім через неї пропускають рухому фазу і розчин детектуючих (ті, що виявляють) реагентів. Так, для виявлення Fe³⁺ застосовують розчин амонію тіоціанат, Ni²⁺ – розчин діацетилдиоксиму, Cu²⁺ – розчин амоніаку. Рухома фаза проводить розділення йонів, розчин реагенту детектує зони, де знаходяться виявлені йони.

Паперова хроматографія. Ґрунтується на русі розчинника на спеціальному папері. Якщо кювета з розчинником знаходиться внизу і розчинник рухається по паперу вгору, метод називається висхідною паперовою хроматографією; при русі розчинника згори до низу – низхідною паперовою хроматографією. Є радіальна паперова хроматографія, в якій використовується паперовий круг з паперовим ґнітом, який занурений у розчин, і метод відцентрової хроматографії, в якій паперовий круг обертається і під дією відцентрової сили рух розчинника прискорюється.

Тонкошарова хроматографія. Проводиться аналогічно паперовій. Тут використовують або готові пластинки із закріпленням шаром сорбенту на фользі

або готують тонкий шар сорбенту (силікагель, алюмінію оксид) на скляних пластинках (від скляних негативів).

Осадова хроматографія. Ґрунтується на утворенні осадів речовин з реагентами і різних їх розчинності у розчиннику, який рухається на фільтрувальному чи хроматографічному папері. На папір наносять декілька капель розчину речовини, потім додають розчин реактиву і одержані кольорові осадки розганяють током розчинника.

Електрохроматографія, або електрофорез на папері. Ґрунтується на здатності йонів рухатись у розчині під дією електричного поля високої напруги (400–600 В). При цьому катіони рухаються до катоду, аніони - до аноду. Різні йони відрізняються один від одного рухомістю, зарядом і в електричному полі рухаються з різною швидкістю, внаслідок чого проходить їх розділення. Електрофорез проводять у буферному розчині, яким змочують для кращої провідності струму папір, який поміщають в камеру для електрофорезу.

1.2.3. Кількісні методи оцінки стану довкілля

На практиці частіше користуються кількісними методами аналізу, які ґрунтовно розглядаються в аналітичній хімії.

Вибір методу дослідження для визначення того чи іншого компонента залежить від потрібної точності аналізу, доступності методу для виконання, вмісту аналізованої речовини, хімічного складу досліджуваного об'єкта тощо.

На основі вимірюваних параметрів методи кількісного аналізу поділяють на хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні. Часто фізико-хімічні і фізичні методи аналізу називають інструментальними методами через широке застосування різних приладів та інструментів.

При аналізі виникає цілий ряд помилок (похибок), які знижують точність результатів аналізу. Похибки дослідження появляються внаслідок різних причин. Найчастіше помилки допускаються під час неправильного відбору проб зразків середовищ. Є похибки зважування, відмірювання тощо. Взагалі, уникнути похибок досить важко. Похибки можуть бути систематичні і випадкові [9].

Систематичні похибки виникають постійно через неправильність аналітичних ваг, мірного посуду, аналітичних приладів. Для уникнення

систематичних похибок необхідні перевірка ваг, калібровка мірного посуду і інших вимірювачів.

Випадкові похибки виникають внаслідок різних випадкових причин: додана надлишкова капля титранту, неточно взята наважка речовини тощо. Для уникнення випадкових похибок, проводять не менше трьох паралельних аналізів. Середній результат трьох паралельних визначень в більшій чи меншій мірі вільний від випадкових похибок.

Основними метрологічними характеристиками методики аналізу є збіжність, відтворюваність, правильність, точність, чутливість і межа виявлення. Збіжність – це ступінь близькості один до одного результатів паралельних одиноких вимірювань, виконаних в однакових умовах одним і тим же виконавцем, в один день при використанні одних і тих самих матеріалів і апаратури.

Відтворюваність – це ступінь близькості один до одного результатів одиничних вимірювань, виконаних у різних умовах (наприклад, різними людьми або на різних приладах, у різні дні тощо). Відтворюваність у 1,5 - 2 рази нижча збіжності. Чим вища збіжність і відтворюваність методики (тобто менше стандартне відхилення), тим рідше в одиничних вимірах зустрічаються великі похибки і тим ближчі результати паралельних вимірювань.

Правильність характеризує близькість результатів аналізу до істинного вмісту компонента в зразку. Правильність обумовлена наявністю і значенням систематичних похибок. Точність відображає близькість до нуля похибок всіх видів (як систематичних, так і випадкових).

Чутливість відображає здатність методу виявити різницю між близькими концентраціями (кількостями) визначуваної речовини. Якщо визначення концентрації проводиться за градуовальною кривою, побудованою за стандартними зразками, то чутливість методу дорівнює тангенсу кута нахилу цієї кривої при даній концентрації. Якщо градуовальний графік прямолійний, то чутливість методу визначається відношенням x/s , де x – різниця аналітичних сигналів; s – відповідна їм різниця концентрацій.

Межа виявлення характеризує найменший вміст речовини, що визначається, у відповідності з даною довірчою ймовірністю. Межа виявлення визначається за допомогою градуовальної кривої за величиною мінімального аналітичного сигналу, який виявляється.

1.2.4. Хімічні методи оцінки стану довкілля

У цих методах використовують хімічну взаємодію речовин. Проводять хімічну реакцію між речовиною і реагентом і спостерігають аналітичний ефект [3].

Титриметричний (об'ємний) метод аналізу ґрунтується на вимірюванні об'єму розчину реагенту відомої концентрації, витраченого на взаємодію з аналізованою речовиною за умови, що речовини вступають у реакцію в стехіометричних кількостях. Концентрація визначуваного компонента $10^1 - 10^{-3}$ моль/л.

Титриметричний аналіз - назва відносно нова. Хіміки старшого покоління частіше називають ці методи об'ємними. Кількість сполуки визначають у цьому випадку за об'ємом (або масою) розчину реактиву, витраченого в реакції з потрібною нам сполукою. Зміна назви методів саме й пов'язане з тим, що вимірюють не тільки об'єм, але й масу розчину. В останньому випадку використовують вагову бюретку, причому масу можна визначити з більшою точністю, ніж об'єм

Гравіметричний (ваговий) метод ґрунтується на кількісному переведенні аналізованого компонента в малорозчинну сполуку і зважуванні продукту після виділення, промивання, висушування чи прожарювання. Цей метод не обходиться без застосування аналітичних або технічних ваг.

Теорія гравіметричних методів аналізу включає вчення про утворення осадів, формулює вимоги до вагових форм і т.д. Основна операція в гравіметричному аналізі - кількісне осадження обумовленого компонента. Отриманий осад повинен бути вільним від забруднень; необхідно, щоб він легко відокремлювався від розчину, інакше кажучи – відфільтровувався й промивався. Осад повинен або сам бути сполукою постійного складу, яку неважко зважити (тобто сполукою нелеткою, негігроскопічною, інертною стосовно повітря), або переводитися в таку сполуку висушуванням або прожарюванням. Такі вимоги легко пред'явити, але важко реалізувати. Важливо усунути втрати за рахунок розчинення осаду, зменшити помилки, пов'язані із співосадженням і наступним осадженням (на готовому осаді) сторонніх компонентів. А

1.2.5. Фізико-хімічні методи оцінки стану довкілля

Ця група методів відноситься до інструментальних. Вона ґрунтується, як і хімічні, на хімічних реакціях, однак визначають фізичну характеристику (оптичну густину, електропровідність, окисно-відновний потенціал тощо), що залежить від вмісту речовини. Взагалі, фізико-хімічні методи аналізу класифікують за типом фізико-хімічних явищ, які лежать в їх основі, а тому розрізняють оптичні, електрохімічні і хроматографічні методи аналізу [3,34,35].

Оптичні методи ґрунтуються на вимірюванні оптичних властивостей розчинів речовин, до них відносяться рефрактометрія, поляриметрія, фотометрія, спектрофотометрія, колориметрія, нефелометрія, турбідиметрія та інші.

Фотометричні методи ґрунтуються на вимірюванні інтенсивності світлового потоку, який пройшов через речовину, його розчин, а також пропущеного або відбитого суспензією речовини.

Фотометричний аналіз охоплює всі методи, які ґрунтуються на поглинанні світла в ультрафіолетовій (УФ, $\lambda = 10 - 400$ нм), видимій (В, $\lambda = 400 - 800$ нм) та інфрачервоній (ІЧ, $\lambda = 800$ нм - 1000 мкм) областях електромагнітного спектра речовиною, яка визначається чи продуктом реакції. Речовини в залежності від складу можуть поглинати промені в УФ-, В- або ІЧ- областях спектру.

В залежності від довжини хвилі, способу вимірювань, ширини смуги вимірюваного випромінювання, розрізняють:

- колориметрію і фотоколориметрію – вимірювання світлового потоку, який пройшов через речовини візуальними і фотоелектричними способами;
- нефелометрію, фотонейфелометрію – вимірювання світлового потоку, розсіяного суспензією речовини візуальними і фотоелектричними способами; турбідиметрію і фототурбідиметрію – вимірювання світлового потоку, пройденого через суспензію речовини візуальними і фотоелектричними способами;
- спектрофотометрію – вимірювання монохроматичного (певної довжини хвилі) світлового потоку, пройденого через розчин речовини.

Електрохімічні методи аналізу ґрунтуються на вимірюванні електрохімічних явищ, що виникають у досліджуваному розчині або на поверхні електродів, взаємодіючих з розчином. Електрохімічні явища в розчинах можна класифікувати на три типи:

- а) опір розчину електричному струму;

- б) виникнення потенціалу на електродах, занурених у розчин;
- в) електрохімічна реакція на електродах, що виникає при накладенні певного потенціалу.

У залежності від використаних явищ розрізняють:

- потенціометрію – вимірювання потенціалів, що виникають на електродах;
- кондуктометрію – вимірювання опору аналізованого розчину;
- вольтамперометрію – вимірювання залежності між величиною струму і змінним потенціалом, накладеним на електроди;
- електрогравіметрію – гравіметричне визначення продуктів електрохімічної реакції на електродах;

кулонометрію – вимірювання кількості електрики, пройденої через розчин речовини в ході її електрохімічного перетворення.

У всіх цих методах величина електричного сигналу пропорційна концентрації речовини. Для проведення електрохімічних вимірювань застосовують спеціальну апаратуру. Прилад для проведення електрохімічного аналізу звичайно складається з електричної комірки і пристрою вимірювання. В електрохімічну комірку поміщені електроди.

Кондуктометрія ґрунтується на здатності розчинів електролітів проводити електричний струм. Сила електричного струму, що проходить через розчин, залежить від концентрації електроліту – чим більше йонів електроліту знаходиться в розчині, тим більший струм. Здатність електролітів проводити електричний струм в розчинах оцінюють значенням електропровідності L - величини, оборотній опору R ; $L = 1 / R$.

Електропровідність розчину залежить від природи електроліту, його температури і концентрації розчиненої речовини. Електропровідність розбавлених розчинів обумовлена рухом катіонів і аніонів, що відрізняються різною рухливістю. З підвищенням температури електропровідність збільшується, оскільки збільшується рухливість йонів. При даній температурі електропровідність розчину електроліту залежить від його концентрації: як правило, чим вище концентрація, тим більша електропровідність. Отже, електропровідність даного розчину служить показником концентрації розчиненої речовини і обумовлюється рухливістю йонів

1.2.6. Фізичні методи оцінки стану довкілля

Емісійний спектральний аналіз, як і фізико-хімічні, відноситься до інструментальних. Вона ґрунтується на визначенні фізичних характеристик досліджуваних речовин (спектрів випромінювання, селективного розділення газоподібних йонів у магнітному і електричному полі, явищ радіоактивності тощо), які залежать від вмісту речовини. Взагалі, фізичні методи аналізу класифікують за типом фізичних явищ, що лежать в їх основі, а тому розрізняють спектральний, мас-спектрометричний, радіометричний, рентгеноспектральний, люмінесцентний та деякі інші методи аналізу [4].

Спектральний аналіз – це фізичний метод визначення складу та будови речовини за її спектром – упорядкованим за довжиною хвилі електромагнітним випромінюванням. Для збудження речовини використовують полум'я пальника, енергію електричної дуги чи іскри. Спектральний аналіз дає змогу встановити елементний, нуклідний і молекулярний склад речовини та її будову.

Рентгеноспектральний аналіз базується на послабленні інтенсивності рентгенівського випромінювання під час проходження крізь пробу. В рентгенофлуоресцентному аналізі на пробу діє первинне рентгенівське випромінювання, під впливом якого виникає вторинне рентгенівське випромінювання проби, характер якого залежить від якісного та кількісного складу речовини, що аналізується.

Люмінесцентний аналіз ґрунтується на здатності речовин випромінювати світло під дією різних збудників: ультрафіолетового випромінювання або видимого світла (фотолюмінесценція), розламування (тріболюмінесценція), енергії хімічної реакції (хемілюмінесценція), яка дуже поширена в живій природі: світяться окремі види молюсків, ракоподібних, глибоководних риб, червів внаслідок взаємодії кисню з люциферином; ця реакція каталізується ферментом люциферазою, а явище називають біоломінесценцією

1.2.7. Хроматографічний аналіз для оцінки стану довкілля

Хроматографічний аналіз – метод розподілу, якісного виявлення та кількісного визначення компонентів рідких і газоподібних сумішей, що ґрунтується на різному їх розподілі між рухомою і нерухомою фазами. Важливе місце займає хроматографія і в кількісному аналізі. З цією метою

використовують декілька варіантів хроматографії – рідинну, газову, газорідинну, паперову, тонкошарову, йонообмінну та деякі інші [4].

Метод все частіше використовують для аналізу стану довкілля. Саме завдяки йому вдалося швидко виявити стафілококове та мікозне ушкодження ліквідаторів аварії на ЧАЕС.

Методи хроматографічного аналізу поділяються за такими ознаками:

- за агрегатним станом системи, в якій проводиться розподіл суміші на компоненти,
- газова, рідинна і газо-рідинна хроматографія;
- за механізмом розподілу – адсорбційна (рідинна, газова), розподільча, йонообмінна, осадова, окисно-відновна, адсорбційно-комплексоутворююча хроматографія;
- за формою проведення процесу – колонкова, капілярна, площинна (на папері і тонкошарова).

Високоєфективна рідинна хроматографія найбільш вживаний метод аналізу складних органічних проб. В установках рідинної хроматографії (як і в газових) використовують різноманітні детектори: ультрафіолетовий, електрохімічний, детектор з діодною матрицею, флуориметричний. Застосування електрохімічного детектора дає змогу визначати сполуки при їх вмісті 10^{-12} г в 1 мл проби. Найбільшу чутливість при визначенні сполук з малими ГДК (біогенні аміни, поліароматичні вуглеводні, гормони, токсини) має флуориметричний детектор. До речі, хроматографічними методами криміналістика виявляє в організмі алкалоїди, що спричинили отруєння.

Газорідинна хроматографія. Має високу чутливість і точність. Набула широкого застосування в аналізі сумішей летких речовин. Основним визначальним моментом тут є робоча температура колонки, при якій проводиться процес хроматографії. Сучасні хроматографи дозволяють проводити аналіз при температурах 250–400 °С, що значно розширює можливості методу і дозволяє аналізувати речовини, що випаровуються при високій температурі.

Методом газорідинної хроматографії визначають склад стічних вод нафтопереробних та хіміко-фармацевтичних підприємств, заводів органічного синтезу.

Газова хроматографія характеризується високою розподільною здатністю, гнучкістю завдяки застосуванню різних детекторів. Найуживанішим є полум'яно-йонізаційний; для визначення галогеновуглеводнів застосовують

детектор електронного захоплення; азото- і фосфоровмісні агрохімічні препарати виявляють за допомогою спеціального N/P-детектора.

1.3. Дослідження стану атмосферного повітря

Моніторинг атмосферного повітря є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля України. Порядок організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 9 березня 1999 р. № 343. [13,14]

Порядок встановлює:

- вимоги до організації та проведення моніторингу,
- джерела його фінансування,
- взаємовідносини органів влади в організації та проведенні моніторингу.

Моніторинг атмосферного повітря проводиться з метою:

- отримання, збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про рівень забруднення атмосферного повітря,
- оцінки та прогнозування його змін і ступеня небезпечності;
- розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень.

До об'єктів моніторингу атмосферного повітря належать:

- атмосферне повітря, у тому числі атмосферні опади;
- викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

До суб'єктів моніторингу атмосферного повітря належать:

- ДСНС;
- Мінекоенерго;
- підприємства, установи, організації, діяльність яких призводить до погіршення стану атмосферного повітря.

Моніторинг атмосферного повітря проводиться в рамках Програми проведення в Україні моніторингу атмосферного повітря та відповідних регіональних (місцевих) програм. [8]

Організація проведення моніторингу атмосферного повітря здійснюється обласними держадміністраціями.

У результаті проведення моніторингу атмосферного повітря одержуються:

- первинні дані контролю за викидами та спостережень за станом забруднення;
- узагальнені дані про рівень забруднення на певній території за певний проміжок часу;
- узагальнені дані про склад та обсяги викидів забруднюючих речовин;
- оцінка рівнів та ступеня небезпечності забруднення для довкілля та життєдіяльності населення;
- оцінка складу та обсягів викидів забруднюючих речовин.

Визначається наявність в атмосферному повітрі загальнопоширених забруднюючих речовин:

1. пил;
2. діоксид сірки;
3. оксид вуглецю;
4. діоксид азоту;
5. свинець та його неорганічні сполуки;
6. бенз(а)пірен;
7. формальдегід;
8. радіоактивні речовини.

А також інгредієнтів атмосферних опадів:

1. сульфати;
2. хлор;
3. азот амонієвий;
4. нітрати;
5. гідрокарбонати;
6. натрій;
7. калій;
8. кальцій;
9. магній;
10. рН;
11. кислотність.

За рішенням місцевих органів влади може додатково визначатися наявність в атмосферному повітрі інших забруднюючих речовин.

Мінекоенерго разом з іншими суб'єктами моніторингу щорічно узагальнюють оцінки викидів забруднюючих речовин і стану забруднення атмосферного повітря, здійснюють прогноз його змін та впливу на довкілля і стан здоров'я населення. Узагальнені дані подаються органам влади для прийняття рішень.

У разі виникнення надзвичайної ситуації спричиненої аварією, катастрофою, стихійним лихом, що створило загрозу здоров'ю населення, або може призвести до матеріальних втрат, інформація про це повинна негайно передаватися суб'єктами моніторингу органам виконавчої влади разом з пропозиціями про вжиття необхідних заходів для ліквідації її наслідків.

Контроль якості атмосферного повітря здійснюється на урбанізованих територіях за допомогою постів спостережень: стаціонарних, маршрутних та пересувних (підфакельних). Стаціонарні пости забезпечують безперервну реєстрацію вмісту в повітрі загальнопоширених забруднюючих речовин, визначають показники та інгредієнти атмосферних опадів, а також ведуть регулярний відбір проб для наступного аналізу.

Стаціонарні пости розміщують в місцях ймовірного формування специфічного складу атмосферного повітря під впливом особливостей рельєфу, висоти забудови, наявності стаціонарних та пересувних джерел викидів забруднюючих речовин, зелених насаджень. Ці пости розміщують у центральній частині населеного пункту, в житлових районах з різними типами забудови, в першу чергу, найбільш забруднених, в зонах відпочинку, біля доріг з інтенсивним рухом транспорту [8,9].

Стаціонарний пост розташовують на відкритому з усіх боків майданчику на твердому покритті таким чином, щоб виключити на результати вимірювань вплив пилу з ґрунту, зелених насаджень, будівель тощо. Кількість стаціонарних постів у місті встановлюється залежно від чисельності населення:

- 1 пост – при чисельності населення до 50 тис. мешканців;
- 2 – 3 пости – 100-200 тис. мешканців;
- 3 – 5 постів – 200-500 тис. мешканців;
- 5 – 10 постів – понад 500 тис. мешканців;
- 10 – 20 постів – понад 1 млн мешканців.

Відстань одного стаціонарного посту від іншого становить 0,5 – 5 км залежно від рельєфу місцевості та наявності джерел забруднення атмосферного повітря.

З метою підвищення кількості спостережень за складом атмосферного повітря міського середовища у проміжках між стаціонарними постами відбір проб повітря здійснюється за допомогою маршрутних постів.

Маршрутні пости – це спеціально обладнані транспортні засоби для відбору проб повітря у фіксованих точках місцевості. Таким чином, маршрутні пости доповнюють обсяги спостережень стаціонарних постів. Пересувні пости призначені для відбору проб повітря біля димових труб та інших джерел

викидів. Ці пости також розташовуються у транспортних засобах і здійснюють відбір проб повітря з метою визначення зони впливу певного джерела забруднення атмосфери.

На пересувних (підфакельних) постах здійснюються, головним чином, спостереження за специфічними забруднюючими речовинами, які притаманні для викидів даного підприємства. Контроль стану атмосферного повітря здійснюється на рівні приземного шару, який становить 1,5 – 2 м від земної поверхні, на зовнішній межі санітарно-захисної зони (далі – СЗЗ) де починається житлова забудова.

У разі відсутності СЗЗ в районах старої забудови місця відбору проб для контролю якості атмосферного повітря визначається місцевими органами охорони 41 здоров'я за погодженням з органами Мінекоенерго. Державною гідрометеорологічною службою (далі – ДСНС) здійснюються спостереження за забрудненням атмосферного повітря у 53 містах України на 162 стаціонарних, двох маршрутних постах спостережень та двох станціях транскордонного переносу. Ведуться спостереження за хімічним складом атмосферних опадів та за кислотністю опадів. Державна екологічна інспекція здійснює вибірковий відбір проб на джерелах викидів. Вимірюється понад 65 параметрів. [16]

Підприємства здійснюють викиди в атмосферу забруднюючих речовин згідно з дозволами, в яких встановлені ліміти викидів. Контроль дотримання лімітів викидів здійснюється шляхом відбору проб повітря у фіксованих точках і порівняння результатів аналізу з нормативами граничнодопустимих викидів (ГДВ).

Підприємства ведуть також контроль ефективності роботи пилогазоочисного обладнання. Під час виникнення несприятливих атмосферних явищ (довготривалі штилі, тумани) можливе введення особливого режиму експлуатації підприємств з метою уникнення небезпечного для міського населення забруднення атмосферного повітря.

1.3.1. Показники складу та властивості атмосфери. Особливості її забруднення

Атмосферне повітря – це природна суміш газів приземного шару атмосфери, що склалася в ході еволюції Землі.

Товщина повітряної оболонки, яка оточує земну кулю, не менше тисячі кілометрів, це майже чверть земного радіуса. Маса цієї оболонки приблизно складає 5×10^{15} (п'ять квадрильйонів) тонн. Хоча це еквівалентне менш ніж одній мільйонній частці маси Землі, без атмосфери життя на планеті було б неможливе. Вдихаючи щохвилини від 5–100 л повітря, людина за добу споживає 12–15 кг, а це значно перевершує середньодобову потребу в їжі і воді. [19,20]

Атмосфера, крім того, надійно оберігає людину від численних небезпек, що загрожують їй з космосу: затримує метеорити, захищає землю від перегріву, відміряє сонячну енергію в необхідній кількості, нівелює перепад добових температур.

Газова оболонка охороняє Землю від надмірного охолодження і нагрівання. Завдяки їй на Землі не буває різких перепадів від морозів до спеки і навпаки. Якби Земля не була оточена повітряною оболонкою, то протягом тільки однієї доби амплітуда коливань температури досягала б 200°C : удень стояла б сильна спека (більше 100°C), а вночі мороз (-100°C). Ще більша різниця була б між зимовими і літніми температурами. Саме завдяки атмосфері середня температура на Землі складає близько 15°C . [20]

Газова оболонка рятує все живе на Землі від згубних ультрафіолетових, рентгенівських і космічних променів. Верхні шари атмосфери частково поглинають, частково розсіюють ці промені.

Велике значення атмосфери й у розподілі світла. Повітря атмосфери розбиває сонячні промені на мільйон дрібних променів, розсіює їх і створює те рівномірне освітлення, до якого ми звикли.

Атмосфера є середовищем, у якому поширюються звуки. Без повітря на Землі панувала б тиша, неможлива була б людська мова.

Атмосферне повітря – невичерпний ресурс. Але в окремих регіонах земної кулі він потрапляє під такий сильний антропогенний вплив, що виникає проблема якісного складу атмосфери, особливо у великих промислових центрах.

Атмосферне повітря забруднюється шляхом привнесення в нього або утворення в ньому забруднювальних речовин у концентраціях, що перевищують нормативи якості або рівня природного вмісту.

Забруднювальні речовини – домішки в атмосферному повітрі, які чинять при певних концентраціях несприятливий вплив на здоров'я людини, рослинний і тваринний світ та інші компоненти навколишнього природного середовища або спричиняють збитки матеріальним цінностям.

Основні антропогенні джерела забруднення атмосфери:

- теплове та енергетичне устаткування, промислові підприємства;
- сільське господарство, транспорт.

До атмосфери надходять газоподібні речовини. Під час перебування в атмосфері їхні температура, властивості й стан можуть істотно змінюватися. Ці зміни проявляються у вигляді випадання в осад важких фракцій, розпаду на компоненти, хімічних і фотохімічних реакцій. Внаслідок цього в атмосфері можуть утворюватися компоненти, властивості й поведінка яких не завжди відповідатиме вихідним даним.

Україна відзначається значним забрудненням атмосфери, особливо в промислово розвинутих областях. У 2001 році на душу населення припадало 83,3 кг шкідливих речовин, викинутих в атмосферу, тоді як у 1990 році – 299,7 кг. Істотне зменшення викидів в атмосферу України, що спостерігається останнього десятиріччя, зумовлене припиненням або істотним зниженням обсягів роботи багатьох промислових підприємств [19].

Процеси виплавки чавуну і переробки його на сталь супроводжуються викидом в атмосферу різних газів. Викид пилюки в розрахунку на 1 т придатного чавуну складає 4,5 кг, сірчистого газу – 2,7 кг, марганцю – 0,1–0,6 кг. Разом із доменним газом в атмосферу в невеликих кількостях викидається також з'єднання миш'яку, фосфору, сурми, свинцю, ртуті і рідких металів, ціанистий водень і смолисті речовини.

Більшість сучасних заводів чорної металургії мають цехи коксування вугілля і відділення переробки коксового газу. Коксохімічні виробництва забруднюють атмосферне повітря пилом і сумішшю летких сполучень. У деяких випадках, наприклад, коли порушується режим роботи, в атмосферу викидається значна кількість неочищеного коксового газу.

Забруднення повітря пилом при коксуванні вугілля проходить, коли підготовляється шихта та завантажується в коксові печі, вивантажується кокс у вагони для охолодження, а також при мокрому гашенні коксу. Останній процес супроводжується ще й викидом в атмосферу речовин, які входять до складу води, що використовується.

Промислові аварії в цій галузі приводять до загострення екологічної ситуації в регіоні. Будівництво об'єктів великої потужності при недостатньому вирішенні проблем аспірації, вентиляції, газоочистки призводить до постійних аварійних викидів в атмосферу значної кількості шкідливих речовин.

До наслідків антропогенного впливу на атмосферу належать:

- підвищення концентрації CO та CO₂;

- надходження до атмосфери сполук сірки;
- надходження фреонів, сполук азоту, хлору і фтору;
- надходження додаткового тепла в атмосферу.

Зараз в атмосфері вміст CO_2 порівняно невеликий – 0,033 % від загального її обсягу. Загальний обсяг CO_2 , що надходить в атмосферу, становить 5–1015 г вуглецю на рік. В атмосфері лишається лише половина цієї кількості, 30 % розчиняється в водах Світового океану, 20 % засвоюється біотою Землі. Систематичні спостереження за CO_2 в атмосфері Землі за допомогою надійних приладів було розпочато наприкінці 50-х років ХХ ст.

Нині більше 10 станцій ведуть спостереження за концентрацією CO_2 . За останні 25 років його вміст зріс на 8,9 %, а за 100 років – на 20 %.

Збільшення CO_2 в атмосфері зумовлено двома причинами:

- вирубуванням лісів;
- збільшенням викидів CO_2 через згоряння палива.

Шкідливі речовини утворюються при виробництві глинозему, алюмінію, міді, свинцю, олова, цинку, нікелю й інших металів в печах (для спікання, виплавки, опалювання, індукції й ін.), на устаткуванні для подрібнення та розмолу, у конвертерах, місцях навантаження, вивантаження і пересилки матеріалів, у сушильних агрегатах, на відкритих складах. В основному підприємства кольорової металургії забруднюють атмосферне повітря сірчастим ангідридом (75 % сумарного викиду в атмосферу), окисом вуглецю (10,5 %) і пилом (10,4 %) [3].

Викиди в атмосферу в хімічній промисловості відбуваються при виробництві кислот, гумовотехнічних виробів, фосфору, пластичних мас, барвників і миючих засобів, штучного каучуку, мінеральних добрив, розчинників, крекінгу нафти.

Розмаїтістю вихідної сировини для виробництва визначається склад забруднювальних речовин. У викидах міститься аміак (3,7 %), бензин (3,3 %), сірковуглець (2,5 %), сірководень (0,6 %), толуол (1,2 %), ацетон (0,95 %), бензол (0,7 %), ксилол (0,3 %), дихлоретан (0,6 %), етилацетат (0,5 %), сірчана кислота (0,3 %).

Вирішення екологічної проблеми у галузі ускладнено експлуатацією морально і фізично застарілого обладнання. Слід зазначити, що в останні роки викиди в атмосферу забруднювальних речовин підприємствами галузі різко знизилися. Однак відбулося це не тому, що були проведені ефективні природоохоронні заходи, а через спад виробництва.

Підприємства нафтопереробної промисловості забруднюють атмосферу викидами вуглеводнів (23 % від сумарного викиду), сірчастого газу (16,6 %), оксиду вуглецю (7,3 %), оксидів азоту (2 %).

Особливу екологічну небезпеку становить розробка родовищ нафти і газу з підвищеним вмістом сірководню.

Виробництво цементу й інших в'язких, стінових матеріалів, азбестоцементних виробів, будівельного і технічного скла супроводжується викидами в атмосферу пилу і завислих речовин (57,1 % від сумарного викиду), оксиду вуглецю (21,4 %), сірчастого ангідриду (10,8 %) і оксидів азоту (9 %). Крім того, у викидах присутні сірководень (0,03 %), формальдегід (0,02 %), толуол (0,02 %), бензол (0,01 %), п'ятиокис ванадію (0,01 %), ксилол (0,01 %). Навколо заводів, що виробляють цемент, азбест і інші будівельні матеріали, утворилися зони з підвищеним утриманням в повітрі бензопірена, пилу, у тому числі цементного, та інших шкідливих речовин.

Деревообробна та целюлозно-паперова промисловість. Характерними забруднювальними речовинами, що виробляються цими підприємствами, є тверді речовини (29,8 % сумарного викиду в атмосферу), оксид вуглецю (28,2 %), сірчастий ангідрид (26,7 %), оксид азоту (7,9 %), толуол (1 %), сірководень (0,9 %), ацетон (0,5 %), ксилол (0,45 %), бутилацетат (0,4 %), етилацетат (0,4 %), метилмеркаптан (0,2 %), формальдегід (0,1 %).

В сільській місцевості джерелом забруднення атмосферного повітря є тваринницькі та птахівницькі господарства, м'ясопереробні та молокопереробні підприємства. Над територіями, які примикають до приміщень, де утримуються тварини та птиця, в атмосферному повітрі розповсюджуються на значні відстані аміак, сірководень та інші гази з неприємним запахом.

У рослинницьких господарствах атмосферне повітря забруднюється мінеральними добривами, пестицидами при протравлюванні полів та насіння на складах.

Викиди сполук сірки – SO_2 , SO_3 і H_2S є найтоксичнішими.

Викиди в атмосферу класифікуються:

1) за агрегатним станом шкідливих речовин у викидах на газоподібні і пароподібні (SO_2 , CO , NO_x , вуглеводні й ін.); рідкі (кислоти, луги, розчини солей, розчини рідких металів і солей, органічні сполуки); тверді (канцерогенні речовини, Плюмбум і його сполуки, органічний і неорганічний пил, сажа, смолисті речовини та інші);

2) за масовим викидом (т/добу) на шість груп: 1 – менше 0,01 вкл.; 2 – 0,01 до 0,1 вкл.; 3-0,1 до 1,0 вкл.; 4-1,0 до 10 вкл.; 5-10 до 100 вкл.; 6 – більше 100. У

залежності від розміру часток (мкм) рідкі викиди поділяються на підгрупи: супертонкий туман – до 0,5 вкл.; тонкодисперсний туман – 0,5-3; грубодисперсний туман – 3-10; бризки – більше 10. Тверді викиди поділяються на 4 підгрупи (1 – до 1 вкл.; 2-1 до 10 вкл.; 3-10 до 50 вкл.; 4 – більше 50).

Джерела викидів в атмосферу підрозділяють на точкові, лінійні і майданні.

Точкові джерела – це джерела забруднення, зосереджені в одному місці. До них відносяться димарі, вентиляційні шахти, дахові вентилятори.

Лінійні джерела мають значну довжину. Це аераційні ліхтарі, ряди відкритих вікон, близько розташовані дахові вентилятори. До них можуть бути також віднесені автотраси.

Майданні джерела розосереджені по площині промислової площадки підприємства. До майданних джерел відносяться місця складування виробничих і побутових відходів, автостоянки, склади пально-мастильних матеріалів.

Джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферу підрозділяють на організовані і неорганізовані.

З *організованого джерела* забруднюючі речовини надходять в атмосферу через спеціально споруджені газоходи, повітроходи і труби.

Неорганізоване джерело виділення забруднюючих речовин утворюється в результаті порушення герметичності устаткування, відсутності або незадовільної роботи устаткування по видаленні пилу і газів, у місцях завантаження, вивантаження чи збереження продукту. До неорганізованих джерел відносять автостоянки, склади паливно-мастильних чи сипучих матеріалів і інші майданні джерела.

За потужністю джерела класифікуються на потужні (металургійні, хімічного виробництва, теплоелектростанцій), великі (котельні, підприємств харчової промисловості, труби пічного опалення), дрібні, велика кількість яких може привести до значного забруднення атмосферного повітря.

За температурою вихідних газів: нагріті (температура газоповітряної суміші вище 50 °C), холодні (нижче 50 °C). За висотою: низькі (менше 50 м), високі (вище 50 м), середні (20-50 м).

Параметри джерел викидів:

1. Вид виробництва.
2. Джерело виділення забруднюючих речовин.
3. Число джерел викидів.
4. Координати розташування джерела.
5. Висота джерела викиду.
6. Діаметр устя труби.

7. Параметри газоповітряної суміші (швидкість, об'єм, температура на виході з джерела).

8. Характеристика газоочисних споруд.

1.3.2. Організація спостережень за рівнем забруднення стану атмосфери

Людська діяльність неминуче призводить до змін атмосфери. З метою обмеження шкідливих впливів на атмосферне повітря необхідно здійснювати постійний моніторинг його стану. [20]

Моніторинг атмосфери – це спостереження за станом повітря і попередження критичних ситуацій, що негативно впливають на здоров'я людей та стан інших живих організмів.

Моніторинг атмосфери здійснюється у відповідності із Законом України про охорону атмосферного повітря. Моніторинг атмосфери передбачає спостереження за забруднюючими речовинами, шкідливими фізичними впливами та оцінку змін природного середовища в результаті біологічного забруднення.

Моніторинг атмосфери включає такі етапи:

- визначення мети та об'єктів спостереження;
- спостереження за джерелами забруднення;
- встановлення основних видів забруднення і забруднюючих речовин;
- вивчення впливу забруднення атмосфери на живі організми;
- прогноз змін середовища в результаті забруднення атмосферного повітря;
- розробка заходів і прийняття управлінських рішень, які направлені на збереження повітря.

Під час моніторингу атмосфери ведуться спостереження за такими речовинами: оксид вуглецю, двооксид вуглецю, оксиди азоту, оксиди сірки, аміак, озон, вуглеводні, завислі речовини. Визначається вологість і температура повітря, рівень шкідливих фізичних впливів.

Організація спостережень передбачає контроль за поширенням шкідливих домішок як в самій атмосфері, так і між елементами системи “атмосфера – гідросфера – літосфера – біосфера”. Для цієї діяльності необхідні:

- відомості про наявні та перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням розвитку економічних районів);

- характеристика забруднюючих речовин (токсичність, здатність вступати в хімічні реакції з іншими речовинами, здатність до самоочищення);
- гідрометеорологічні дані;
- результати попередніх спостережень за забрудненням атмосфери (експедиційні дослідження);
- дані про рівні забруднення навколишнього природного середовища в сусідніх країнах;
- відомості про транскордонне перенесення шкідливих домішок.

Збір цієї інформації виконує спеціальна служба спостережень, яку формують система спостережень і система контролю.

Система спостережень забезпечує спостереження за якістю атмосферного повітря в містах, населених пунктах і територіях, розміщених поза зоною впливу конкретних джерел забруднення. Спостереження здійснюють служби Держкомітету гідрометеорології, які надають дані про метеорологічні умови і концентрацію шкідливих речовин. Міністерство охорони здоров'я проводить вибіркові спостереження за рівнем забруднення в місцях проживання населення. Науковий комітет Національної академії наук України організовує авіаційно-космічні спостереження за станом озонowego шару і глобальним забрудненням атмосфери. Практикуються екологічні спостереження за окремими підприємствами.

Система контролю здійснює спостереження і контроль за джерелами забруднення, викидами шкідливих речовин в атмосферу. З цією метою Міністерство охорони навколишнього природного середовища організовує спостереження за джерелами промислових викидів в атмосферу та дотриманням норм гранично допустимих викидів, контролює реалізацію заходів з охорони атмосферного повітря, дотримання відповідних вимог при розміщенні, проектуванні, будівництві та введенні в експлуатацію нових підприємств.

При організації спостережень за станом повітря використовують попередні дослідження, які передбачають обстеження території за допомогою пересувних лабораторій, що здійснюють відбір та аналіз проб з метою вивчення розміщення діючих джерел забруднення.

Після з'ясування наявного та перспективного рівнів забруднення атмосферного повітря оцінюють зміни концентрацій домішок у просторі й часі, розробляють схему розміщення стаціонарних постів спостереження на території міста та програми їх роботи.

Моніторинг забруднення атмосферного повітря також передбачає контролювання транскордонного перенесення глобальних потоків домішок на великі відстані від місця викиду.

Інформацію отриману в результаті моніторингу забруднення повітря за ступенем оперативності її поділяють на такі види:

- екстрена інформація (містить відомості про різкі зміни рівнів забруднення атмосферного повітря, негайно передається в контролюючі та господарські організації);

- оперативна інформація (містить узагальнені результати спостережень за місяць);

- режимна інформація (містить дані про середній та найбільший рівні забруднення повітря протягом тривалого часу (як правило, за рік), використовується при плануванні заходів, оцінюванні збитків, завданих народному господарству внаслідок забруднення атмосферного повітря).

Для забезпечення ефективності заходів з охорони повітря інформація повинна бути повною і достовірною. Повноту інформації забезпечують достатня кількість контрольованих інгредієнтів, тривалий термін спостережень, раціональне розміщення мережі; достовірність інформації досягається неухильним дотриманням нормативних вимог.

Спостереження та оцінювання забруднення атмосферного повітря в містах України здійснюють за даними спостережень, які проводять у 54 містах на 166 стаціонарних постах та на 2 станціях транскордонного переносу.

Глобальні та регіональні системи спостережень і контролю над забрудненням атмосферного повітря в розвинених країнах організовані відповідно до рекомендацій ООН. Ці рекомендації були розроблені в 70-і роки ХХ століття. Перелік забруднюючих речовин, за якими слід проводити контроль, кожна країна визначає самостійно. В Україні спостереження за забрудненням атмосфери здійснюються з початку 60-х років 20-го сторіччя.

Моніторинг РЗА (рівнем забруднення атмосфери) в містах і населених пунктах України проводять відповідно до ДСТУ “Охорона природи. Атмосфера. Правила контролю якості повітря населених пунктів”. Організація моніторингу передбачає контроль за поширенням шкідливих домішок як у самій атмосфері, так і в системі: «атмосфера – гідросфера – літосфера – біосфера». [9]

Для цієї діяльності необхідні:

1. Інформація про наявні та перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням економічного розвитку регіону).

2. Характеристика забруднюючих речовин (токсичність, фізико-хімічні властивості).

3. Гідрометеорологічні дані.

4. Результати попередніх досліджень (ретроспективний аналіз).

5. Дані про забруднення атмосфери в інших районах, регіонах і країнах.

Моніторинг стану атмосферного повітря та вмістом ЗР, у тому числі радіонуклідів, здійснюють такі суб'єкти державної системи моніторингу довкілля:

1.3.3. Вимір фізичних параметрів атмосфери

Метою метеорологічних спостережень є визначення стану і розвитку фізичних процесів в атмосфері, за умови їхньої взаємодії з підстильною поверхнею, через визначення основних характеристик найважливіших атмосферних явищ та вимірювання метеорологічних величин. Результати спостережень використовують з оперативною метою для підготовки метеорологічних прогнозів і попереджень про несприятливі погодні умови, для узагальнення і накопичення даних про метеорологічний режим відповідної території тощо.

До головних метеорологічних величин, вимірювання яких проводять при комплексних метеорологічних спостереженнях або при проведенні спостережень за забрудненням атмосферного повітря, відносяться напрямок і швидкість вітру, температура повітря, вологість повітря, атмосферний тиск тощо [5,19,20].

Температура є важливим кліматичним фактором і є необхідною умовою при вимірюванні забруднень у повітрі. Важлива кліматична умова – вологість, яка нерівномірно поширюється в атмосфері і горизонтально і вертикально. Вологість впливає на стан забруднення атмосфери пиловими частинками, аерозолями і газоподібними домішками. Велику роль відіграє напрямок і швидкість вітру, від них залежить поширення забруднень в атмосфері і в цілому по території. Важливе значення при екологічних дослідженнях має атмосферний тиск. Розрахунки забруднень у повітрі із застосуванням універсальних лабораторних приладів завжди проводять із врахуванням коефіцієнту, який прирівнює умови визначень до нормальних, а цей коефіцієнт враховує і тиск повітря і температуру. Виходячи з вищевказаного важливим є визначення і температури повітря.

Вітер – рух повітря, що виникає внаслідок різниці температур в атмосфері, а отже і нерівномірності тисків. Вітер характеризується напрямком і швидкістю. Напрямок вітру визначається за румбами. Швидкість вітру визначається в м/с. При швидкості 5-8 м/с – вітер помірний, при швидкості вище 14 м/с – сильний, 20-30 м/с – шторм, вище 30 м/с – ураган. Сильний вітер у вигляді горловини з вертикальною віссю, що має велику швидкість обертання – смерч.

Поривчастість вітру – стрибкоподібні підсилення і послаблення швидкості вітру. Швидкість та напрямок вітру визначають за допомогою анеморумбометрів, анеморумбографів, анемометрів і флюгерів.

Вологість повітря залежить від вмісту в ньому водяних парів. Розрізняють абсолютну, максимальну, відносну вологість повітря, точку роси тощо.

Абсолютна вологість – напруга водяних парів, що знаходяться в даний момент у повітрі (виражається у Паскалях (Па)), або кількість водяних парів у грамах, що містяться в 1 м³ повітря в момент дослідження.

Максимальна вологість – напруга водяних парів (Па) при повному насиченні повітря вологою при даній температурі, або кількість водяних парів у грамах, необхідна для повного насичення 1 м³ повітря при даній температурі.

Максимальна вологість залежить від температури: чим вища температура – тим більше потрібно водяних парів для повного його насичення. Максимальна вологість при різних температурах наведена у спеціальних таблицях.

Відносна вологість – відношення абсолютної вологості до максимальної, виражена у відсотках.

Дефіцит насичення – різниця між максимальною і абсолютною вологістю.

Точка роси – температура, при якій повітря стає насичене водяним паром. Останній переходить у крапельно-рідкий стан і з'являється роса.

Абсолютну вологість повітря визначають приладами – психрометрами. Вони бувають двох типів: - статистичні; - динамічні

Вологість повітря – вміст у ньому водяної пари – є важливою характеристикою погоди і клімату. Вологість повітря вимірюється різними гігрометрами і психрометрами, а температура – термометрами. Визначення вологості і температури повітря в лабораторіях типу ПОСТ проводиться за допомогою метеостанції М-49.

Для цього за десять хвилин до початку спостережень датчики температури і вологості за допомогою висувної штанги виводять з павільйону ПОСТ на відстань 1,5 м (рукоятка штанги відводиться повністю). Для вимірювання температури перемикач переводять в положення «К» (контроль). За допомогою

перемикача стрілка амперметра плавно встановлюється на праву крайню риску шкали, потім перемикач переводять в положення «ТН» або «ТВ» відповідно для плюсових або мінусових температур, що вимірюються, і записують показники верхньої шкали з точністю до 0,5°C. Для вимірювання вологості перемикач переводять в положення «%» (вологість). За показниками внутрішньої шкали показчика записують дані з точністю до 1 %.

1.4. Дослідження стану поверхневих вод

Державний моніторинг вод є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища України.

Складовими державного моніторингу вод є моніторинг біологічних, гідроморфологічних, хімічних та фізико-хімічних показників [3,12, 21].

Порядок здійснення державного моніторингу вод затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758.

Здійснюється з метою:

- забезпечення збирання, обробки, збереження, узагальнення та аналізу інформації про стан водних об'єктів;
- прогнозування його змін;
- розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Моніторинг поверхневих вод вирішує такі завдання:

- спостереження і контролювання рівня забруднення водного середовища за хімічними, фізичними та гідробіологічними показниками;
- вивчення динаміки вмісту забруднюючих речовин і виявлення умов, за яких відбуваються коливання рівня забруднення;
- дослідження закономірностей процесів самоочищення та накопичення забруднюючих речовин у донних відкладеннях;
- вивчення закономірностей виносу речовин через гирлові створи річок у водойми;
- оцінювання та прогнозування стану якості води.

Господарсько-побутові, промислові, сільськогосподарські скиди зумовлюють хімічне, фізичне, біологічне й теплове забруднення гідросфери.

Хімічне забруднення води відбувається внаслідок надходження у водоймища зі стічними водами шкідливих домішок неорганічного й органічного походження: сполук миш'яку, свинцю, ртуті, міді, кадмію, хрому,

фтору, а також нафти та нафтопродуктів. Вони поглинаються фітопланктоном і передаються далі трофічним ланцюгом іншим організмам, що супроводжується кумулятивним ефектом. Більшість цих домішок є токсичні для мешканців водоймищ.

Згубно впливають на стан водоймищ стічні та скидні води, що містять розчинені органічні речовини або суспензії органічного походження, оскільки призводять до зниження вмісту кисню у воді.

Фізичне забруднення води зумовлює зміни фізичних властивостей – прозорості, вмісту суспензій та інших нерозчинних домішок, радіоактивності й температури тощо.

Біологічне забруднення водного середовища полягає в надходженні зі стічними водами до водоймищ різних видів мікроорганізмів, рослин і тварин (віруси, бактерії, гриби, черв'яки), невластивих водній екосистемі. Більшість із них є хвороботворні. Найшкідливіші є комунально-побутові стоки.

Промислові біологічні забруднювачі – це підприємства шкірообробної промисловості, м'ясокомбінати, цукрові заводи. Державний моніторинг вод здійснюється за напрямками кількості та якості вод.

До об'єктів державного моніторингу вод належать:

- масиви поверхневих вод;
- масиви підземних вод;
- морські води в межах територіального моря.

До суб'єктів державного моніторингу вод належать:

- Мінекоенерго;
- Держводагентство;
- Держгеонадра;
- ДСНС;
- ДАЗВ.

Прогнозування стану водних об'єктів та його змін здійснюється шляхом математичного моделювання кількісних і якісних показників води цих об'єктів з метою розроблення рекомендацій щодо здійснення заходів для запобігання можливим негативним змінам та поліпшення існуючого стану цих об'єктів.

Держводагентство проводить моніторинг річок, водосховищ, каналів, зрошувальних систем і водойм в межах водогосподарських систем комплексного призначення, систем водопостачання, транскордонних водотоків та водойм у зонах впливу атомних електростанцій. Контроль якості води за фізичними та хімічними показниками здійснюється на 72 водосховищах, 164 річках, 14 зрошувальних системах, 1 лимані та 5 каналах комплексного

призначення. Здійснюється контроль вмісту радіонуклідів у поверхневих водах [21].

Держгеонадра здійснює моніторинг стану підземних вод. У місцях моніторингу проводиться оцінка рівня залягання підземних вод (наявність), їх природного геохімічного складу. Проводяться визначення 22 параметрів, в тому числі концентрації важких металів та пестицидів.

ДСНС, Державна гідрометеорологічна служба проводить моніторинг гідрохімічного стану вод на 151 водному об'єкті, а також здійснює гідробіологічні спостереження на 45 водних об'єктах. Отримуються дані по 46 параметрах, що дають можливість оцінити хімічний склад вод, біогенні параметри, наявність зважених часток та органічних речовин, основних забруднюючих речовин, важких металів та пестицидів. На 8 водних об'єктах проводяться спостереження за хронічною токсичністю води. Визначаються показники радіоактивного забруднення поверхневих вод.

Управляє мережею моніторингу стану прибережних вод, яка складається з станцій моніторингу у місцях скиду стічних вод та науково-дослідних станцій, що розташовані на прибережних територіях Чорного та Азовського морів. На існуючих станціях проводяться вимірювання від 16 до 26 гідрохімічних параметрів вод та донних відкладів.

Здійснює заміри радіоактивного забруднення поверхневих вод на 8 водних об'єктах поблизу атомних електростанцій цезієм-137. Найбільша кількість постів Держгідрометслужби має тривалість спостережень від 51 до 100 років.

ДАЗВ проводить моніторинг у зоні відчуження і відселення частини зони безумовного (обов'язкового) відселення.

У проведенні моніторингу використовуються інші особи та джерела інформації. Державна екологічна інспекція – в процесі нагляду і контролю відбирає проби води та отримує дані по 60 вимірюваних параметрах.

Державні інспекції охорони Чорного та Азовського морів мають власні системи спостережень. До їх повноважень відносяться щомісячні відбори проб та аналіз впливу джерел забруднення, які розташовані на узбережжі; моніторинг скидів з кораблів; забруднення від діяльності з пошуку та видобування нафти, газу і будівельних матеріалів на морському шельфі; нагляд за використанням живих ресурсів моря.

Суб'єкти, що здійснюють державний нагляд (контроль) за додержанням законодавства про охорону навколишнього природного середовища, законодавства про охорону, використання і відтворення риби та інших водних

біоресурсів безоплатно подають суб'єктам державного моніторингу вод дані, одержані за результатами нагляду, щомісяця до 5 числа.

Для встановлення стану вод можуть використовуватися дані державної статистичної звітності.

Держрибагентство надає суб'єктам державного моніторингу вод інформацію про державний моніторинг водних біоресурсів у рибогосподарських водних об'єктах. Держгеокадастр подає суб'єктам державного моніторингу вод топографо-геодезичну і картографічну інформацію.

ДКА подає суб'єктам державного моніторингу вод архівну та оперативну аерокосмічну інформацію дистанційного зондування Землі на території України.

Підприємства, установи та організації, громадяни можуть бути водокористувачами.

Водокористувачі можуть бути первинними і вторинними.

Первинні водокористувачі – це ті, що мають власні водозабірні споруди і відповідне обладнання задля забору води.

Вторинні водокористувачі (абоненти) – це ті, що не мають власних водозабірних споруд і отримують воду з водозабірних споруд первинних водокористувачів та скидають стічні води в їхні системи на підставі договору про водопостачання або про водовідведення.

Водокористувачі зобов'язані: здійснювати засобами вимірювальної техніки, у тому числі автоматизованими, облік забору та використання вод, контроль за якістю і кількістю скинутих у водні об'єкти зворотних вод і забруднюючих речовин та за якістю води водних об'єктів у контрольних створах, а також подавати відповідним органам звіти.

Під час здійснення спеціального водокористування для задоволення питних і побутових потреб населення в порядку централізованого водопостачання підприємства зобов'язані здійснювати постійне спостереження за якістю води у водних об'єктах.

На централізованих водозаборах підземних вод в межах їх родовищ та на прилеглих територіях водокористувачі повинні облаштовувати локальну мережу спостережувальних свердловин.

Організація і координація державного моніторингу вод здійснюється на регіональному рівні - обласними держадміністраціями. Обласні, держадміністрації щокварталу проводять аналіз інформації, оцінюють стан

водних об'єктів та приймають управлінські рішення про вжиття заходів [13, 17, 21].

Встановлюються такі процедури державного моніторингу вод:

- процедура діагностичного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;
- процедура операційного моніторингу масивів поверхневих та підземних вод;
- процедура дослідницького моніторингу масивів поверхневих вод;
- процедура моніторингу морських вод.

Діагностичний моніторинг здійснюється для масивів поверхневих та підземних вод з метою:

- доповнення та підтвердження результатів визначення основних антропогенних впливів на кількісний і якісний стан поверхневих та підземних вод, у тому числі від точкових і дифузних джерел;
- розроблення програми державного моніторингу вод;
- встановлення референційних умов та оцінки їх довгострокових змін;
- оцінки довгострокових змін, спричинених антропогенним впливом на кількісний і якісний стан поверхневих та підземних вод, у тому числі від точкових і дифузних джерел;
- оцінки довгострокових тенденцій зміни рівня та концентрації забруднюючих речовин у підземних водах внаслідок природних змін та антропогенного впливу на їх стан.

Для масивів поверхневих вод діагностичний моніторинг здійснюється протягом першого року здійснення державного моніторингу вод.

Для масивів поверхневих вод, у яких відсутній ризик недосягнення екологічних цілей, діагностичний моніторинг здійснюється додатково протягом четвертого року виконання державного моніторингу вод. Для масивів підземних вод діагностичний моніторинг здійснюється протягом перших двох років здійснення державного моніторингу вод [4,12].

Операційний моніторинг здійснюється для масивів поверхневих та підземних вод, у яких існує ризик недосягнення екологічних цілей, а також масивів поверхневих та підземних вод, забір води з яких для задоволення питних і побутових потреб населення в середньому протягом року становить більше ніж 100 куб. метрів на добу, з метою:

- визначення екологічного і хімічного стану масивів поверхневих вод та кількісного і хімічного станів масивів підземних вод;

– оцінки змін в екологічному і хімічному стані масивів поверхневих вод, а також в кількісному і хімічному стані масивів підземних вод, що є результатом виконання плану управління річковим басейном;

– виявлення довгострокових тенденцій збільшення концентрацій забруднюючих речовин у масивах підземних вод, зумовлених антропогенним впливом на їх стан.

Операційний моніторинг здійснюється щороку в період між роками здійснення діагностичного моніторингу.

Показники, за якими здійснюється операційний моніторинг, та періодичність їх вимірювання встановлюються з урахуванням результатів діагностичного та дослідницького моніторингу, даних, одержаних в результаті здійснення заходів державного нагляду (контролю) та державного соціально-гігієнічного моніторингу, даних передбаченої законодавством звітності (включаючи державну статистичну звітність), а також даних та інформації щодо об'єктів та видів діяльності, що підлягають оцінці впливу на довкілля.

Для водозаборів підземних вод з обсягом видобутку більше ніж 100 куб. метрів на добу в межах зон санітарної охорони та на прилеглих територіях водокористувачі облаштовують локальну мережу спостережних свердловин з метою визначення кількості води та хімічних і фізико-хімічних показників та надання даних спостережень Держгеонадрам.

Дослідницький моніторинг здійснюється для масивів поверхневих вод з метою:

- встановлення причин відхилення від екологічних цілей;
- з'ясування масштабу та наслідків аварійного забруднення вод;
- встановлення причин наявності ризику недосягнення екологічних цілей, виявленого в процесі здійснення діагностичного моніторингу, до початку виконання операційного моніторингу.

Моніторинг морських вод здійснюється для територіального моря та виключної морської економічної зони України з метою:

- визначення екологічного стану морських вод;
- встановлення референційних умов для морських вод;
- оцінки прогресу в досягненні встановлених екологічних цілей;
- оцінки тенденцій довгострокових природних та антропогенних змін стану морських вод.

Результатами здійснення державного моніторингу вод є:

- первинна інформація, яка надається суб'єктами державного моніторингу вод;

– узагальнені дані, що стосуються певного проміжку часу або певної території;

– оцінка екологічного та хімічного стану масивів поверхневих вод, екологічного потенціалу штучних масивів поверхневих вод, кількісного та хімічного стану масивів підземних вод, екологічного стану морських вод та визначення джерел негативного впливу на них;

– прогнози стану вод і його змін;

– науково обґрунтовані рекомендації, необхідні для прийняття управлінських рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів.

Показники та періодичність здійснення державного моніторингу масивів поверхневих вод наведено у додатку до Порядку здійснення державного моніторингу вод.

Для здійснення державного моніторингу вод суб'єктами державного моніторингу вод розробляються національні, регіональні, відомчі та локальні програми моніторингу вод, в яких визначаються мережі пунктів, показники і режими спостережень для водних об'єктів та джерел забруднення вод, регламенти передавання, оброблення та використання інформації.

У разі надзвичайної ситуації, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних втрат, уся інформація повинна негайно надаватися суб'єктами моніторингу вод органам ДСНС, обласним держадміністраціям.

Спостереження за станом водного об'єкта здійснюються відповідно до загального переліку показників, до якого входять:

– показники, що характеризують кількість водних ресурсів;

– показники якості вод і нормативів екологічної безпеки водокористування, зокрема санітарні норми, рибогосподарські нормативи.

Спостереження за джерелами негативного впливу здійснюються відповідно до загального переліку показників, до якого входять:

– показники використання водних ресурсів, включаючи забір води та скидання зворотної води до водних об'єктів;

– показники, що використовуються під час встановлення нормативів гранично допустимого скидання;

– показник рівня токсичності зворотних вод;

– показники стану ґрунтових вод у межах впливу полігонів захоронення твердих побутових відходів.

Спостереження за станом хімічного забруднення поверхневих вод проводяться на 119 водних об'єктах (річки, озера, канали), у 201 пунктах.

Регулярні гідробіологічні спостереження (за розділами робіт біоіндикація та біотестування) здійснюються на 49 водних об'єктах (42 річках та 7 водосховищах) в 88 пунктах, в 167 створах, 189 вертикалях. [3,12]

Пункт спостереження за якістю поверхневих вод – місце на водоймищі або водотоці, де проводять комплекс робіт для одержання даних про якісні й кількісні характеристики води

Основними об'єктами, які потребують моніторингу, є: місця скидання стічних і дощових вод міст, селищ, сільськогосподарських комплексів, стічних вод окремих підприємств, ТЕС, АЕС; місця скидання колекторно-дренажних вод, які відводяться зі зрошуваних або осушуваних земель; кінцеві створи великих і середніх річок, які впадають у моря, внутрішні водоймища; кордони економічних районів, республік, країн, що перетинають транзитні річки.

Застосовуються дві схеми розміщення пунктів гідрохімічних спостережень: об'єктна і територіальна.

Об'єктна схема застосовується для вивчення гідрохімічного режиму великих і середніх водних об'єктів і включає пункти, що мають велике господарське значення; у замикальних створах великих річок, що впадають у моря; на великих озерах і водоймах.

Територіальна схема застосовується для фонових спостережень, вивчення і регіонального узагальнення характеристик гідрохімічного режиму малих річок, намічаються у створах, що замикають порівняно малі річкові водозабори, що добре відбивають місцеві умови природних районів досліджуваної території.

Спостереження проводяться на постійних та тимчасових пунктах. Пункти спостережень обов'язково встановлюють на таких об'єктах:

- місця скиду стічних і дощових вод в містах, селищах та сільськогосподарських комплексах;
- місця скиду стічних вод окремих підприємств (ТЕС, АЕС тощо);
- місця скиду колекторно-дренажних вод, які відводяться зі зрошувальних або осушувальних земель;
- кінцеві створи великих та середніх річок, які впадають в моря або внутрішні водойми;
- на границях економічних районів, республік, країн, що їх перетинають транзитні річки;
- кінцеві гідрологічні створи річкових басейнів, за якими складають водогосподарські баланси;
- гирлові зони забруднених приток головної річки.

Всі пункти стаціонарної мережі спостережень поділяються на чотири категорії за такими критеріями:

- значення водного об'єкта як джерела питного і культурно-побутового, промислового, сільськогосподарського водопостачання;
- ступінь рибогосподарського використання водного об'єкта;
- рівень забрудненості водного об'єкта;
- розмір і об'єм водойми, розмір і водність водотоку, режим водойми та її фізико-географічні ознаки.

Пункти спостережень першої категорії розміщуються на водотоках і водоймах, що мають особливо важливе господарське значення, коли можливі випадки перевищення значень певних показників якості води.

Другої – розміщуються на водних об'єктах, які знаходяться в районах промислових міст, селищ з централізованим водопостачанням, в місцях відпочинку населення, в місцях скиду колекторно-дренажних вод з сільськогосподарських полів, на граничних створах річок, на кінцевих створах річок.

Третьої – розміщуються на водних об'єктах, що характеризуються помірним або слабким навантаженням (в районах невеликих населених пунктів та промислових підприємств).

Четвертої – розміщуються на незабруднених водних об'єктах (фонових ділянках). На пунктах спостережень досліджують один або кілька створів.

Створ пункту спостереження – умовний поперечний переріз водоймища або водотоку, де проводиться комплекс робіт для одержання інформації про якість води.

Створи спостережень розміщують з урахуванням гідрометричних умов і морфологічних особливостей водоймища, наявності джерел забруднення, об'єму та складу стічних вод.

На водотоках у разі відсутності організованого скидання зворотних вод, у гирлах забруднених приток, на незабруднених ділянках водотоків, на кінцевих ділянках річок і в місцях перетину державного кордону України встановлюють один створ.

На водотоках за наявності організованого скидання зворотних вод встановлюють два і більше створів. Перший (фоновий) створ рекомендується розміщувати на відстані 1 км вище від джерела забруднення, другий – у зоні забруднення, на відстані 1 км вище від найближчого місця водозабору, третій – у місці достатнього змішування стічних вод із водами річки.

У процесі спостережень за водоймищем загалом встановлюють не менше трьох створів, по можливості рівномірно розподілених його акваторією з урахуванням конфігурації берегової лінії.

Для водозаборів питного водопостачання і пляжів контрольний створ (пункт) знаходиться:

- на водотоках – за 1 км вище за течією від водозабору або пляжу;
- на водоймах – у радіусі 1 км від водозабору або пляжу.

Показники складу води у пробах, відібраних у цих пунктах, порівнюються з нормативами ГДК для комунально-побутового водоспоживання. У місцях скидання стічних вод контрольний створ розташований:

- на водотоках – за 500 м нижче за течією від місця скиду стічних вод;
- на водоймах – у радіусі 500 м від місця скидання стічних вод.

Показники складу води у цих створах порівнюються з нормативами ГДК для рибогосподарського водоспоживання

Спостереження за якістю морських вод здійснюється: у районах водокористування населення, у місцях нересту, нагулу, сезонних накопичень риби і морських тварин, у портах та прилеглих до портів акваторіях, у місцях скиду стічних вод, у районах розвідки та видобування корисних копалин та в устьях великих річок.

Кожний створ має кілька вертикалей та горизонталей.

Вертикаль створу – умовна вертикальна лінія від поверхні води до дна, на якій здійснюють дослідження.

Кількість вертикалей у створі на водотоці визначають з урахуванням умов змішування вод водотоку зі зворотними водами, а також із водами приток. За неоднорідного хімічного складу води у створі встановлюють не менше трьох вертикалей (на відстані 3–5 м від кожного берега та на стрижні водотоку), а за однорідного – одну вертикаль на стрижні водотоку. Кількість вертикалей залежить також від ширини зони забруднення.

Горизонт створу – зона на вертикалі, де виконують комплекс досліджень для отримання інформації про якість води. Кількість горизонтів на вертикалі визначається з урахуванням глибини водного об'єкта:

- при глибині до 5 м встановлюється один горизонт біля поверхні води (влітку на 0,2–0,3 м від поверхні, взимку біля нижньої поверхні льоду);
- при глибині від 5 до 10 м встановлюється два горизонти: біля поверхні і біля дна (на відстані 0,5 м від дна);
- при глибині більше 10 м на водотоках та більше 20 м на водоймах встановлюються три горизонти: біля поверхні, посередині та біля дна;

– при глибині більше 100 м встановлюються такі горизонти: біля поверхні, на глибинах 10, 20, 50, 100 м та біля дна.

Крім цього, встановлюються додаткові горизонти в кожному шарі зміни щільності води.

При організації моніторингу поверхневих вод проводять попередні обстеження, що включають вивчення стану водного об'єкта, отримання знань про водокористувачів, джерела забруднення, кількість, склад і режим скидання стічних вод. Далі складається карта-схемаводного об'єкта, на якій визначають координати розташування пунктів і створів спостережень, визначають характеристики забруднювальних речовин і складається програма робіт.

Програми спостережень за гідрологічними та гідрохімічними показниками поділяються на обов'язкову, скорочену 1, скорочену 2 і скорочену 3.

Під час здійснення обов'язкової програми виконують:

1. гідрологічні спостереження: витрати води, ($\text{м}^3/\text{с}$), швидкість течії, ($\text{м}/\text{с}$), рівень води, (м) на водоймах;

2. гідрохімічні спостереження: візуальні спостереження, температура ($^{\circ}\text{C}$), кольоровість (градуси), прозорість (см), запах (бали), концентрація розчинених у воді газів – кисню, діоксиду вуглецю ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); концентрація завислих речовин ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$), водневий показник рН; окислювально-відновлювальний показник Eh (мВ); концентрація головних іонів – хлоридних, сульфатних, гідрокарбонатних, кальцію, магнію, натрію, калію, суми іонів ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); хімічне споживання кисню (ХСК – $\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); біохімічне споживання кисню за 5 діб (БСК₅ – $\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); концентрація біогенних елементів – амонійних, нітритних, нітратних іонів, фосфатів, загального заліза, кремнію ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); концентрація ЗР, що широко розповсюджені, – нафтопродуктів, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), летких фенолів, пестицидів і сполук металів ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$).

Програма скорочена 1:

1. гідрологічні спостереження: витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$) на водотоках або рівень води (м) на водоймах;

2. гідрохімічні спостереження: візуальні спостереження, температура ($^{\circ}\text{C}$), концентрація розчиненого кисню ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$), питома електропровідність ($\text{C}_\text{м}/\text{см}$).

Програма скорочена 2 передбачає:

1. гідрологічні спостереження: витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$) на водотоках або рівень води (м) на водоймах;

2. гідрохімічні спостереження: візуальні спостереження, температура ($^{\circ}\text{C}$), водневий показник рН, питома електропровідність ($\text{C}_\text{м}/\text{см}$), концентрація завислих речовин ($\text{мг}/\text{дм}^3$), біохімічне споживання кисню за 5 діб ($\text{мг}/\text{дм}^3$); концентрація двох-трьох ЗР, основних для води в даному пункті ($\text{мг}/\text{дм}^3$).

За програмою скороченою 3 виконують:

1. гідрологічні спостереження: витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$), швидкість течії ($\text{м}/\text{с}$) при опорних вимірюваннях витрати на водотоках або рівень води (м) на водоймах;

2. гідрохімічні спостереження: візуальні спостереження, температура ($^{\circ}\text{C}$), концентрація завислих речовин ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$), водневий показник рН; концентрація розчиненого кисню ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); хімічне споживання кисню ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); біохімічне споживання кисню за 5 діб ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); концентрація речовин, що забруднюють воду в даному пункті спостережень ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$).

В пунктах першої категорії проводять спостереження щоденно за скороченою програмою 1 в першому створі після скидання стічних вод. В цьому ж створі проводиться щоденний відбір проб об'ємом не менше 5 л, які зберігаються протягом 5 діб на випадок надзвичайних ситуацій (загибель риби, аварійні викиди). На цих пунктах спостереження проводиться відбір проб щодавно за скороченою програмою 2, щомісячно – за скороченою програмою 3, в основні фази водного режиму – за обов'язковою програмою.

В пунктах другої категорії візуальні спостереження проводять щоденно, щодавно – за скороченою програмою 1, щомісячно – за скороченою програмою 3, в основні фази водного режиму – за обов'язковою програмою.

В пунктах третьої категорії спостереження проводяться щомісячно за скороченою програмою 3, в основні фази водного режиму - за обов'язковою програмою.

В пунктах четвертої категорії спостереження проводяться в основні фази водного режиму за обов'язковою програмою.

В останні роки в рамках міжнародних угод приділяється велика увага організації та веденню транскордонного моніторингу поверхневих вод. Для басейнів річок, особливо транскордонних, розробляються та впроваджуються плани управління річковими басейнами (ПУРБ) з урахуванням принципів інтегрованого управління водними ресурсами та рекомендацій Єврокомісії, головним чином, Водної рамкової директиви 2000/60/ЕС (ВРД).

1.4.1. Сучасний стан поверхневих вод. Основні джерела та їх види

Вода – найбільш поширена неорганічна сполука, “найбільш важливий мінерал” на Землі. Водні ресурси поруч з атмосферними та космічними ресурсами належать до невичерпних природних ресурсів. Вони невичерпні як фізичне тіло. Проте такі ресурси як вода та повітря суттєво піддаються значним змінам в процесі техногенезу, а при значному забрудненні можливе вичерпання цих ресурсів [3,4,12].

XX ст. століття характеризується інтенсивним розвитком промисловості, транспорту, енергетики, індустріалізацією сільського господарства. Все це призвело до того, що антропогенний вплив на навколишнє середовище прийняв глобальний характер. Зараз в нашій країні спостерігаються значні труднощі з забезпеченням природними ресурсами, зокрема прісною водою, внаслідок якісного та кількісного виснаження природних водоймищ, що пов'язано з забрудненням та нераціональним використанням води. Забруднення води здебільшого відбувається внаслідок скиду до неї промислових, побутових та сільськогосподарських відходів. В деяких водоймищах забруднення води настільки велике, що відбулася повна їх деградація як джерел водопостачання.

Через порушення екологічної рівноваги спостерігається загроза значного погіршення становища водоймищ. Тому перед людством стоїть важлива задача - охорона гідросфери та збереження рівноваги в цілому в біосфері.

Основними причинами забруднення поверхневих вод України є: скид неочищених та не досить очищених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації; надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води з забудованих територій та сільгоспугідь; ерозія ґрунтів на водозабірній площі [12].

Основні джерела прісної води на території України - стоки річок Дніпра, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Дінця, Дунаю з притоками, а також малих річок північного узбережжя Чорного та Азовського морів.

Порушення норм якості води досягло рівнів, які ведуть до деградації водних екосистем, зниження продуктивності водойм. Значна частина населення України використовує для своїх життєвих потреб недоброякісну воду, що загрожує здоров'ю нації.

Сумарна величина стоків річок України без Дунаю в середній заводністю рік становить 87,1 млрд. куб. метрів, знижуючись у маловодний рік до 55,9 млрд.

куб. метрів. Безпосередньо на території держави формується відповідно 52,4 і 29,7 млрд. куб. метрів води, решта надходить з суміжних територій. Водні ресурси Дунаю становлять у середньому 123 млрд. куб. метрів води на рік.

Прогнозні ресурси підземних вод питної якості розподілені на території України вкрай нерівномірно і становлять 22,5 млрд. куб. метрів на рік (61,7 млн. куб. метрів на добу), з яких 8,9 млрд. куб. метрів (24,4 млн. куб. метрів на добу) гідравлічно незв'язані з поверхневим стоком і становлять додаткову складову до поверхневого стоку.

Водозабір підземних вод у складі прогнозних ресурсів становить 21 відсоток, що свідчить про можливість ширшого використання їх у багатьох областях. З метою забезпечення населення та народного господарства необхідною кількістю води в Україні збудовано 1087 водосховищ загальним об'ємом понад 55 млрд. куб. метрів, 7 великих каналів довжиною близько 2000 кілометрів з подачею на них понад 1000 куб. метрів води за секунду, 10 великих водоводів великого діаметру, по яких вода надходить у маловодні регіони України.

Витрати свіжої води в Україні на одиницю виробленої продукції значно перевищують такі показники у розвинутих країнах Європи: Франції - в 2,5 рази, ФРН - в 4,3, Великобританії та Швеції - в 4,2 рази.

Забезпечення водою населення України в повному обсязі ускладнюється через незадовільну якість води водних об'єктів. Якість води більшості з них за станом хімічного і бактеріального забруднення класифікується як забруднена і брудна (IV - V клас якості).

Найгостріший екологічний стан спостерігається в басейнах річок Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, окремих притоках Дністра, Західного Бугу, де якість води класифікується як дуже брудна (VI клас). Для екосистем більшості водних об'єктів України властиві елементи екологічного та метаболічного регресу.

До основних забруднюючих речовин належать нафтопродукти, еноли, азот амонійний та нітритний, важкі метали тощо.

Для переважної більшості підприємств промисловості та комунального господарства скид забруднюючих речовин істотно перевищує встановлений рівень гранично допустимого скиду (далі - ГДС). Це призводить до забруднення водних об'єктів, порушення норм якості води.

Основними причинами забруднення поверхневих вод України є: скид неочищених та не досить очищених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації;

надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води з забудованих територій та сільгоспугідь; ерозія ґрунтів на водозабірній площі.

Якісний стан підземних вод внаслідок господарської діяльності також постійно погіршується. Це пов'язано з існуванням на території України близько 3 тис. фільтруючих накопичувачів стічних вод, а також з широким використанням мінеральних добрив та пестицидів.

Найбільш незадовільний якісний стан підземних вод у Донбасі та Кривбасі. Значну небезпеку в експлуатаційних свердловинах Західної України становить наявність фенолів (до 5 - 10 гранично допустимих концентрацій - далі ГДК), а також підвищення мінералізації та зростання вмісту важких металів у підземних водах Криму.

Проблема екологічного стану водних об'єктів є актуальною для всіх водних басейнів України. Що ж до Дніпра, водні ресурси якого становлять близько 80 відсотків водних ресурсів України і забезпечують водою 32 млн. населення та 2/3 господарського потенціалу країни, то це одне з найважливіших завдань економічного і соціального розвитку та природоохоронної політики держави.

Це зумовлено складною екологічною ситуацією на території басейну, оскільки 60 відсотків її розорано, на 35 відсотках земля сильно еродована, на 80 відсотках - трансформовано первинний природний ландшафт. Водосховища на Дніпрі стали акумуляторами забруднюючих речовин.

Значної шкоди завдано північній частині басейну внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС; в критичному стані перебувають малі річки басейну, значна частина яких втратила природну здатність до самоочищення. У катастрофічному стані знаходяться річки Нижнього Дніпра, де щорічно має місце ускладнення санітарно-епідеміологічної ситуації, знижується вилов риби, бідніє біологічне різноманіття.

Значної шкоди екосистемі Дніпра поряд із щорічним забрудненням басейну органічними речовинами (40 тис. тонн), нафтопродуктами (745 тонн), хлоридами, сульфатами (по 400 тис. тонн), солями важких металів (65 - 70 тонн) завдає забруднення біогенними речовинами внаслідок використання відсталих технологій сільськогосподарського виробництва, низької ефективності комунальних очисних споруд.

Екологічне оздоровлення басейну Дніпра є одним з найважливіших пріоритетів державної політики у галузі охорони та відтворення водних ресурсів. 27 лютого 1997 року Верховною Радою України затверджена Національна

програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води.

Основною метою Національної програми є відновлення і забезпечення сталого функціонування Дніпровської екосистеми, якісного водопостачання, екологічно безпечних умов життєдіяльності населення і господарської діяльності та захисту водних ресурсів від забруднення та виснаження. Не в кращому, а подекуди і в гіршому стані перебувають басейни інших річок України (Сіверського Дінця, Дністра, Західного Бугу, Південного Бугу, басейни річок Приазовської та Причорноморської низовин). Тому мета та стратегічні напрями, визначені Національною програмою для Дніпра, є аналогічними і для інших водних басейнів України.

Системний аналіз сучасного екологічного стану басейнів річок України та організації управління охороною і використанням водних ресурсів дав змогу окреслити коло найбільш актуальних проблем, які потребують розв'язання, а саме:

- надмірне антропогенне навантаження на водні об'єкти внаслідок екстенсивного способу ведення водного господарства призвело до кризового зменшення самовідтворюючих можливостей річок та виснаження водноресурсного потенціалу;
- стала тенденція до значного забруднення водних об'єктів внаслідок неупорядкованого відведення стічних вод від населених пунктів, господарських об'єктів і сільськогосподарських угідь;
- широкомасштабне радіаційне забруднення басейнів багатьох річок внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС;
- погіршення якості питної води внаслідок незадовільного екологічного стану джерел питного водопостачання;
- недосконалість економічного механізму водокористування і реалізації водоохоронних заходів;
- недостатня ефективність існуючої системи управління охороною та використанням водних ресурсів внаслідок недосконалості нормативно-правової бази і організаційної структури управління;
- відсутність автоматизованої постійно діючої системи моніторингу екологічного стану водних басейнів акваторії Чорного та Азовського морів, якості питної води і стічних вод в системах водопостачання і водовідведення населених пунктів і господарських об'єктів.

1.4.2. Організація моніторингу поверхневих вод та контроль якості

Проблема водних ресурсів актуальна для нашої країни, так як питання водозабезпечення населення і галузей економіки залежить від екологічного стану річок і водойм. Сучасна щорічна потреба населення та галузей економіки у водних ресурсах становить близько 15 млрд м³. Основними причинами забруднення поверхневих вод є скид забруднених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації; надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води з забудованих територій та сільгоспугідь, а також ерозія ґрунтів на водозабірній площі. Наведені факти обумовлюють необхідність створення системи моніторингу вод [9,19].

Про актуальність даної проблеми на глобальному рівні є те, що складовою частиною глобальної системи моніторингу навколишнього середовища є програма щодо проблем водних ресурсів – ГСМНС/(вода). Відповідно до цієї програми працюють: Програма з навколишнього середовища (ЮНЕП), Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) і Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО).

Завданнями програми ГСМНС/(вода) є:

- моніторинг поширення і трансформації забруднюючих речовин у водному середовищі;
- оповіщення про серйозні порушення стану водних об'єктів;
- нагадування урядам про необхідність прийняття заходів щодо охорони, відновлення і поліпшення водного середовища.

У розрізі ГСМНС у 1972 р. у нашій країні була створена державна служба спостережень і контролю стану поверхневих вод суші. Її організаційна структура будувалася за ієрархічним принципом: первинний пункт спостережень → регіональний пункт спостереження і збору даних → головний центр збору і аналізу інформації. Служба мала три рівні: станції спостережень первинних пунктів; територіальні та регіональні центри та центри вищого рівня Гідрометеоцентру й інших головних центрів (НДІ). Інформація цієї служби в обробленому і систематизованому вигляді була представлена в кадастрових виданнях, наприклад, «Щорічні дані про склад і якість поверхневих вод суші».

Починаючи з 1960 року, на території України діють 11 басейнових управлінь і 27 спеціальних гідрохімічних лабораторій, які підпорядковані

Держкомгидромету і контролюють рівень забруднення поверхневих вод. Сучасна гідрологічна мережа України налічує 374 пости, з яких на 339 вимірюють витрати води, а на 119 – вивчають твердий стік. Озерна мережа налічує 60 постів. Програми спостережень на гідрологічних станціях і постах регламентовані нормативними документами, які підготовлені ще Державним гідрологічним інститутом (тепер Російський гідрологічний інститут).

Основний обсяг робіт із моніторингу річок виконують пункти спостережень гідрометеослужби, де виконують дослідження гідрометричних і гідрологічних характеристик водостоків та водойм, а також визначають гідрохімічні та гідробіологічні показники якості поверхневих вод. Ці пункти розділено за 10 річковими басейнами України. Найбільше пунктів спостережень за кількісними та якісними показниками розташовано в басейні Дніпра, розвинена мережа спостережень в басейнах Дунаю та Дністра.

Основою розміщення гідрологічних пунктів спостережень є принцип одержання основних характеристик (з визначеною точністю) водного режиму – рівня води і річкового стоку. Кількість і щільність розташування пунктів спостережень визначають за природно-кліматичними чинниками, а також за запитами народного господарства і служби прогнозів. Здебільшого пости виконують спостереження у терміни 51–100 років, деякі у терміни – 31–50 років:

- від 1 до 10 років – 2;
- від 11 до 30 років – 27;
- від 31 до 50 років – 51;
- від 51 до 100 років – 243;
- понад 100 років – 40.

Інформація про стан водних об'єктів представлена в державному водному кадастрі.

Державний водний кадастр (ДВК) – це систематизоване зведення даних про водні ресурси країни. Він включає кількісні і якісні показники, дані реєстрації водокористувачів та обліку використання водних ресурсів. Ведення ДВК передбачене «Водним законодавством України». Його роботу регламентує «Порядок ведення державного водного кадастру», затверджений постановою КМУ № 269 від 29.02.96 р. (зі змінами 2013 року). [17]

Державний водний кадастр складається з метою систематизації даних державного обліку вод та визначення наявних для використання водних ресурсів.

Державний водний кадастр являє собою систематизований звід відомостей про: поверхневі, підземні, внутрішні морські води та територіальне море (далі –

водні об'єкти); обсяги, режим, якість і використання вод (водних об'єктів); водокористувачів (крім вторинних).

До державного водного кадастру включаються також відомості про водогосподарські об'єкти, що забезпечують використання води, очищення та скид зворотних вод, а саме: споруди для акумуляції та регулювання поверхневих і підземних вод; споруди для забору та транспортування води; споруди для скиду зворотних вод; споруди, на яких здійснюється очищення зворотних вод (з оцінювання їх ефективності).

Державний водний кадастр складається з трьох розділів:
поверхневі води, підземні води, водокористування.

Державний водний кадастр включає дані державного обліку поверхневих і підземних вод, державного обліку артезіанських свердловин та державного обліку водокористування, які систематизуються за водними об'єктами та їх ділянками, водозбірними басейнами річок та морів, басейнами підземних вод, водогосподарськими ділянками, економічними районами, адміністративно-територіальними одиницями і в цілому в Україні.

Державний водний кадастр ведеться:

- ДСНС за розділом «Поверхневі води»;
- Держгеонадра за розділом «Підземні води»;
- Держводагентством за розділом «Водокористування».

Дані Державного водного кадастру використовуються для: поточного і перспективного планування використання вод та здійснення водоохоронних заходів; розміщення виробничих сил на території країни; складання схем комплексного використання та охорони вод і водогосподарських балансів; проектування водогосподарських, транспортних, промислових та інших підприємств і споруд, пов'язаних із використанням вод; прогнозування змін гідрологічних і гідрогеологічних умов, водності річок та якості вод; розроблення заходів щодо підвищення ефективності роботи водогосподарських систем; нормування водоспоживання і водовідведення, а також показників якості вод; розроблення заходів щодо запобігання шкідливій дії вод та ліквідації її наслідків; здійснення державного контролю за проведенням заходів для раціонального використання та охорони вод; регулювання взаємовідносин між водокористувачами, а також між водокористувачами та іншими підприємствами, організаціями і установами; вирішення інших питань, пов'язаних з обліком та використанням вод.

Правові засади державного моніторингу вод

Правові засади щодо діяльності системи державного моніторингу вод (ДМВ) України викладені в державних законодавчих документах: Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»; Водний кодекс України; «Положення про державну систему моніторингу довкілля»; «Порядок здійснення державного моніторингу вод», затверджений постановою КМУ № 815 від 20.07.96 р. (зі змінами 2013 р.), Єдине міжвідомче керівництво з організації та здійснення державного моніторингу вод.

Порядок здійснення державного моніторингу вод

Державний моніторинг водного середовища України здійснюється згідно з «Порядком здійснення державного моніторингу вод». Цей документ встановлює основні вимоги до організації державного моніторингу вод, до взаємодії міністерств і відомств під час його проведення, до забезпечення органів державної виконавчої влади інформацією для прийняття рішень, пов'язаних із станом водного фонду України. Загальні положення щодо моніторингу водного середовища зводяться до таких.

Моніторинг поверхневих вод – це система послідовних періодичних спостережень, збору та обробки інформації про стан водних об'єктів, прогнозування можливих змін якості води та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень щодо покращення стану відкритих водних об'єктів.

Державний моніторинг вод здійснюється з **метою** забезпечення збирання, оброблення, збереження та аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів. Державний моніторинг вод є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища України. Державний моніторинг вод здійснюється за предметними **напрямами** кількості та якості вод.

До об'єктів державного моніторингу вод належать:

- 1) поверхневі води: природні водойми (озера), водотоки (річки, струмки); штучні водойми (водосховища, ставки), канали та ін.;
- 2) підземні води та джерела;
- 3) внутрішні морські води та територіальне море; виключна (морська) економічна зона України;
- 4) джерела забруднення вод, включаючи зворотні води, аварійні скидання рідких продуктів і відходів, втрати продуктів і матеріалів при видобуванні корисних копалин, води поверхневого стоку із сільськогосподарських угідь,

фільтрацію забруднюючих речовин із технологічних водойм та сховищ, масовий розвиток синьо-зелених водоростей;

5) надходження шкідливих речовин із донних відкладів (вторинне забруднення) та інші джерела забруднення, щодо яких можуть здійснюватися спостереження.

До **суб'єктів** державного моніторингу вод належать Мінприроди, Мінрегіон, ДАЗВ (у зоні відчуження і відселення частини зони безумовного (обов'язкового) відселення), а також ДСНС, Держсанепідслужба, Держводагентство, Київська та Севастопольська міські держадміністрації, органи виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища та з питань водного господарства.

ДКА забезпечує суб'єктів державного моніторингу вод наявною архівною та оперативною аерокосмічною інформацією дистанційного зондування Землі на території України.

Результатом здійснення державного моніторингу вод є інформація, у тому числі: первинна інформація (дані спостережень), яку одержують суб'єкти державного моніторингу вод внаслідок спостережень; узагальнені дані, що стосуються певного проміжку часу або певної території; індекси і комплексні показники, одержані внаслідок узагальнення за параметрами; оцінювання стану вод та джерел негативного впливу на нього; прогнози стану вод і його змін; науково обґрунтовані рекомендації, необхідні для прийняття рішень. Водокористувачі, які згідно із законодавством зобов'язані вести спостереження за якістю і кількістю скинутих у водні об'єкти зворотних вод і забруднюючих речовин, а також за станом водних об'єктів у місцях скидів (крім підприємств водопровідно-каналізаційного господарства), не належать до суб'єктів державного моніторингу вод. Їх інформація визнається як допоміжна порівняно з інформацією суб'єктів державного моніторингу вод і включається до складу офіційної лише після перевірки та підтвердження її ймовірності суб'єктами державного моніторингу вод.

Для здійснення державного моніторингу вод суб'єктами державного моніторингу вод розробляються національні, регіональні, відомчі та локальні програми моніторингу вод, в яких визначаються мережі пунктів, показники і режими спостережень для водних об'єктів та джерел забруднення вод, регламенти передавання, оброблення та використання інформації.

Відповідно до **призначення** державний моніторинг вод поділяється на:

- **фоновий моніторинг**, що здійснюється на водних об'єктах у місцях мінімального опосередненого антропогенного навантаження;

- **загальний моніторинг**, що складається з моніторингу на державній мережі пунктів спостережень, моніторингу антропогенного впливу на водні об'єкти, моніторингу водних об'єктів у місцях їх використання та спеціальних видів моніторингу;

- **кризовий моніторинг**, що здійснюється у зонах підвищеного ризику та у зонах впливу аварій і надзвичайних ситуацій.

Фоновий моніторинг здійснюється з метою одержання інформації для оцінювання і прогнозування змін стану водних об'єктів внаслідок промислової та господарської діяльності. Фоновий моніторинг здійснює Мінприроди, ДСНС, а підземних вод – Держгеонадра.

Загальний моніторинг здійснюється з метою виявлення фактичного стану водних об'єктів, вироблення та прийняття рішень з ефективного використання, охорони та відтворення водних ресурсів. Моніторинг на державній мережі пунктів спостережень здійснюють для поверхневих вод – Держкомгідромет, для підземних вод – Держкомгеології.

Моніторинг антропогенного впливу на водні об'єкти здійснюється шляхом проведення систематичних спостережень за джерелами забруднення вод та якісним станом водних об'єктів у місцях впливу цих джерел. Моніторинг антропогенного впливу здійснюють Мінекобезпеки, Держ-комгідромет і підприємства водопровідно-каналізаційного господарства, а впливу на підземні води – Держкомгеології.

Моніторинг водних об'єктів у місцях їх використання здійснюється для господарських і культурно-побутових потреб, забору питної та технічної води, рекреації тощо. З метою визначення придатності води до використання Держводгосп здійснює моніторинг якості води водних об'єктів у районах водозаборів комплексного призначення, систем водогосподарського міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання за радіологічними і хімічними показниками. Моніторинг дотримання санітарних норм хімічних, бактеріологічних і радіологічних показників водних об'єктів, які використовуються для питних і культурно-побутових потреб, здійснює державна санітарно-епідеміологічна служба МОЗ. З метою одержання систематичної інформації про якість води Держводгосп та підприємства водопровідно-каналізаційного господарства (після споруд водопідготовки) здійснюють моніторинг якості води в районах питних водозаборів за хімічними і біологічними показниками.

Спеціальні види моніторингу вод включають спостереження на озерах і водосховищах з науковою метою, для охорони водних екосистем та виконання зобов'язань, що випливають із міжнародних договорів України.

Моніторинг озер і водосховищ включає моніторинг антропогенного впливу на них і спостереження за переформуванням берегів та гідрогеологічним режимом прибережних територій. Моніторинг озер і водосховищ здійснюють Держводгосп і Держкомгідромет. Моніторинг охорони водних екосистем здійснює Мінекобезпеки.

Моніторинг транскордонного перенесення забруднюючих речовин здійснюють Держкомгідромет і Мінекобезпеки.

Кризовий моніторинг водних об'єктів здійснюється шляхом систематичних, частіших і додаткових спостережень за кількісними і якісними параметрами водних об'єктів у зонах підвищеного ризику як на стаціонарній державній мережі пунктів спостережень, так і на тимчасовій мережі, що встановлюється під час виникнення несанкціонованих і аварійних забруднень чи стихійного лиха з метою оповіщення та для розроблення оперативних заходів щодо ліквідації їх наслідків та захисту населення, екосистем і власності.

Кризовий моніторинг здійснюють:

- за витратами та рівнем води водних об'єктів під час загрози чи виникнення значних паводків і повеней та на морських гирлових ділянках річок;
- за гідрометеорологічними параметрами, гідрохімічними і гідробіологічними показниками якості вод на державній мережі пунктів спостережень – Держкомгідромет;
- за рівнями забрудненості вод у зонах підвищеного ризику та у районах об'єктів, що стали причиною несанкціонованого скиду чи аварійного забруднення – Мінекобезпеки;
- за рівнями забрудненості підземних вод (якщо надзвичайна екоситуація може вплинути на їх якість) – Держкомгеології;
- за рівнями забрудненості поверхневих вод у районах водозаборів у зоні впливу аварійних забруднень та додатково у місцях, які забезпечують інформацію для прогнозування поширення аварійних забруднень – Держводгосп;
- за рівнями забрудненості вод у районах водозаборів, що знаходяться в зоні впливу аварії, стихійного лиха, катастрофи – державна санітарно-епідеміологічна служба МОЗ.

Суб'єкти ДМВ зобов'язані безтерміново зберігати первинну інформацію про стан вод і безкоштовно надавати дані спостережень, а також розрахункову

інформацію на запит інших суб'єктів державного моніторингу та державних органів згідно з програмами моніторингу вод.

Прогнозування стану водних об'єктів та його змін здійснюється шляхом математичного моделювання кількісних і якісних показників води цих об'єктів з метою розроблення рекомендацій щодо здійснення заходів для запобігання можливим негативним змінам та поліпшення існуючого стану цих об'єктів.

Прогнозування змін стану водних об'єктів здійснюють Мінекобезпеки, Держкомгидромет, Держводгосп, Держкомгидромет, Держкомгеології.

Суб'єкти ДМВ проводять спостереження за програмами моніторингу вод і подають Мінекобезпеки інформацію:

- на національному рівні - відповідно до порядку і періодичності, визначених у Постанові Ради Міністрів УРСР від 28.04.90 р. № 100 «Про порядок і періодичність обнародування відомостей про екологічну, в тому числі радіаційну обстановку та стан захворюваності населення»; – на регіональному рівні – у такому порядку:

а) дані спостережень поверхневих вод за фізичними та хімічними показниками – щомісячно;

б) узагальнені дані, індекси і комплексні показники для поверхневих, підземних та морських вод за минулий рік – до 15 березня наступного року.

Щорічно Мінекобезпеки і його органи на місцях готують узагальнене оцінювання стану вод та прогнози його змін, а також рекомендації, необхідні для прийняття рішень, і подають їх відповідним органам державної виконавчої влади у вигляді розділів до національної (на державному рівні) або регіональної (на регіональному рівні) доповідей про стан довкілля в Україні.

Спостереження за станом водного об'єкта здійснюються відповідно до загального переліку показників, до якого входять:

- показники кількості водних ресурсів та їх зміни;
- показники якості вод і нормативів екологічної безпеки водокористування, санітарні норми, рибогосподарські нормативи;
- екологічний норматив і категорії якості води водних об'єктів.

Спостереження за джерелами негативного впливу на екологічний стан водних об'єктів здійснюються відповідно до загального переліку показників, до якого входять:

- показники використання водних ресурсів, включаючи забір води та скидання зворотної води до водних об'єктів;
- показники, що використовуються під час встановлення нормативів гранично допустимого скидання;

- показник рівня токсичності зворотних вод;
- показники стану ґрунтових вод у межах впливу полігонів захоронення твердих побутових відходів;
- інші показники негативного впливу на водні об'єкти.

Під час здійснення моніторингу вод визначаються переліки пріоритетних показників стану водних об'єктів та показників негативного впливу, які в міру потреби коригуються Міжвідомчою комісією ведення державного моніторингу вод.

Фінансування ДМВ здійснюється за рахунок коштів, передбачених для цієї мети в державному бюджеті, позабюджетних коштів та інших джерел фінансування. Пропозиції про щорічні обсяги фінансування готуються суб'єктами ДМВ, погоджуються з Мінекобезпеки і подаються Мінфіну в установленому порядку.

На виконання законодавчих актів в Україні створена мережа станцій моніторингу.

Держводагентство здійснює моніторинг якості поверхневих вод майже у 500 створах.

Державна гідрометеорологічна служба (МНС) проводить моніторинг гідрохімічного стану вод на 151 водному об'єкті, а також здійснює гідробіологічні спостереження на 45 водних об'єктах. Одержуються дані за 46 параметрами, що дають можливість оцінити хімічний склад вод, біогенні параметри, наявність зважених часток та органічних речовин, основних забруднюючих речовин, важких металів та пестицидів. На 8 водних об'єктах проводяться спостереження за хронічною токсичністю води. Визначаються показники радіоактивного забруднення поверхневих вод.

Державна екологічна інспекція (Мінприроди) відбирає проби води та одержує дані за 60 вимірюваними параметрами.

Державний комітет по водному господарству проводить контроль якості води за фізичними та хімічними показниками здійснюється на 72 водосховищах, 164 річках, 14 зрошувальних системах, 1 лимані та 5 каналах комплексного призначення. Крім того, у рамках радіаційного моніторингу вод водогосподарськими організаціями здійснюється контроль вмісту радіонуклідів у поверхневих водах.

Підприємствами Державної геологічної служби (Мінприроди) здійснюється моніторинг стану підземних вод за 22 параметрами, в тому числі концентрації важких металів та пестицидів.

На виконання зобов'язань України згідно із чинними міжурядовими угодами із сусідніми країнами про спільне використання та охорону транскордонних вод організації Держводагентства та Державної гідрометеорологічної служби МНС забезпечують моніторинг водних об'єктів у транскордонних створах річок басейнів Дніпра, Десни, Сіверського Донця, Дунаю, Тиси, Дністра, Західного Бугу.

Держводагентство як суб'єкт державної системи моніторингу довкілля здійснювало контроль за якістю поверхневих вод та меліорованих земель. Державний моніторинг якості поверхневих вод проводився за басейновим принципом згідно з «Програмою державного моніторингу довкілля в частині здійснення Держводагентством контролю за якістю поверхневих вод.

1.4.3. Методи відбору проб. Прилади та засоби для відбору проб

Для оцінки якості води водного об'єкту або стану ґрунтового покрову земель здійснюється відбір проб об'єктів вимірювань. Ступінь, до якої точкова проба може бути репрезентативною для водного об'єкту або ґрунтового профілю, залежить від однорідності цього об'єкту, об'єму точкової проби, способу відбору проби. Ці завдання вирішуються під час формування програми відбору проб. Під час формування програми відбору проб, періодичність та об'єм відбору визначаються на підставі статистичної обробки раніше одержаних результатів вимірювань об'єктів моніторингу води [7,13]

При формуванні програми відбору проб враховується також оснащення лабораторії засобами вимірювальної техніки, випробувальним обладнанням, кількість та кваліфікація фахівців і галуззю атестації лабораторії. Формування програми відбору проб води здійснюється у відповідності з Програмою Державного моніторингу довкілля в системі Держводгоспу України, яка встановлює вимоги до місця, періодичності і частоти відбору проб, а також визначає перелік показників об'єктів, що підлягають вимірюванню. Спосіб відбору проб визначається типом води (поверхнева або підземна), глибиною пробовідбору, метою вимірювання та показниками, що визначаються. Формування програми відбору проб води за показниками, які підлягають вимірюванню, здійснюється відповідно до Програми державного моніторингу меліорованих земель та планами робіт підрозділів гідрогеологомеліоративної та експлуатаційної водогосподарських служб.

На території, що підлягає моніторингу, проводять попередні обстеження. На підставі цих обстежень та наявної нормативної документації, заповнюють паспорт ділянки обстеження, та виконують опис. Пробні площадки закладають на ділянках з однорідним ґрунтом і рослинним покривом, а також з урахуванням господарського використання основних водойм. Відбір проб води здійснюють кваліфіковані фахівці лабораторій та підрозділів гідрогеолого-меліоративних експедицій відповідно до вимог чинних нормативних документів та відповідної інструкції [20].

Відбір проб в залежності від мети аналізу може бути разовим (нерегулярним) або серійним (регулярним). Перший застосовують дуже рідко, оскільки результати такого аналізу придатні тільки для орієнтовних, найбільш загальних уявлень про якість води. Його застосовують також в тих випадках, коли вимірювані параметри не піддаються великим змінам в часі або по глибині і акваторії. Наприклад, при дослідженні глибинних ґрунтових вод з постійною якістю води. Разовий відбір використовують також у випадках добре вивчених раніше водойм з встановленими закономірностями зміни визначуваних компонентів для періодичного контролю за можливими відхиленнями складу води. [12]

Однак найбільш надійна та достовірна інформація про стан водойми і якість її води може бути одержана тільки при серійному (регулярному) відборі проб, коли кожна проба береться в певному зв'язку з рештою проб з врахуванням місця, часу або обох факторів. Серійний відбір проб в порівнянні з разовим дозволяє більш правильно відобразити умови в місцях обстеження водних об'єктів. При цьому велике значення має періодичність досліджень та число відібраних проб. Найбільш розповсюдженими типами серійного відбору проб є: зональний відбір проб, при якому пробу відбирають в різних місцях по течії річок, з різних глибин для наміченого розрізу озера, водосховища і т.д.; відбір проб через певні проміжки часу, який дозволяє слідкувати за зміною якості води в часі (сезони, доби, години) або в залежності від її витрати. Існують й інші, менш розповсюджені типи серійного відбору проб, як, наприклад, «узгоджені проби», які відбирають в різних місцях за течією річки, або стічних вод з врахуванням часу проходження води від одного пункту до іншого.

Розрізняють проби води прості і змішані (усереднені). Прості проби, які одержуються шляхом одноразового відбору в одному пункті водойми всього об'єму необхідної для аналізу води, характеризують склад води в момент відбору в одному місці. Змішані проби, які одержані шляхом об'єднання кількох простих проб, в залежності від принципу їх об'єднання характеризують або

середній склад води досліджуваного об'єкту (якщо вони відібрані одночасно в різних місцях) в певний момент часу, або середній склад води за певний період часу (година, доба і т.д.) в одному місці, або середній склад водного об'єкта з врахуванням місця і часу. Об'єм змішаної проби повинен бути достатнім для прийнятої методики аналізу. При відборі змішаних проб особливо важливо врахувати характер розподілу і зміни визначуваних компонентів в досліджуваному водному об'єкті. При рівноцінності характеристик всіх точок досліджуваного об'єкту або при постійній витраті води в пункті відбору проб середню пробу одержують змішуванням рівних частин простих проб, які відібрані через рівні проміжки часу. В інших випадках готують середню пропорційну пробу з таким розрахунком, щоб об'єм або число простих проб відповідали місцевим коливанням складу або зміни витрати. При цьому чим менші інтервали між складовими змішаної проби, тим вона є точнішою. Застосування усереднених проб не рекомендується для визначення компонентів, які легко змінюються і вступають в хімічні реакції [7].

При відборі проб води, розчину враховуються вимоги конкретних методик виконання вимірювань. Відразу після відбору пробу переливають в пристрої для зберігання проб (за ГОСТ 17.1.5.04), які, в залежності від показника, що підлягає вимірюванню, повинні бути попередньо оброблені відповідними хімічними реактивами або промиті водою та споліснуті дистильованою водою і водою, що відбирається.

Проби води відбираються у прилади та пристрої, які поділяються на:

- прилади для відбору проб води;
- пристрої для первинної обробки проб води;
- пристрої для зберігання проб води.

За призначенням прилади для відбору проб води поділяються на:

- прилади для відбору проб поверхневих вод (річки, водосховища, зрошувальні та дренажні канали тощо);
- прилади для відбору проб підземних вод (свердловини, колодязі, шурфи).

За способом застосування прилади для відбору проб поділяються на:

- автоматичні;
- напіваавтоматичні;
- ручні.

Прилади для відбору проб поверхневих вод (далі – пробовідбірники) повинні забезпечувати герметичність камери з пробою. При відборі проб води з поверхневого шару (0,5 м) герметичність камери не є обов'язковою. Матеріал пробовідбірників повинен бути хімічно стійкий та виключати можливість зміни

складу проби, яка була відібрана, за час, що вона знаходиться у камері пробовідбірника.

Конструкція пристроїв для екстрагування передбачає використання ємності різної місткості 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50 дм³. З метою забезпечення консервації проб поверхневих вод пристрої для первинної обробки проб повинні бути укомплектовані дозаторами місткістю від 1 до 10 см³. Пристрої для зберігання проб повинні забезпечувати незмінність складу і властивостей води від моменту її відбору до проведення вимірювання. Пристрої для зберігання проб повинні бути виготовлені з хімічно стійкого матеріалу. Місткість пристроїв для зберігання проб води слід вибирати з ряду: 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50 дм³.

Для транспортування проб води пристрої повинні бути встановлені у тару, яка забезпечує їх зберігання у зимових та літніх умовах. Пробовідбірники повинні забезпечувати взяття проби з глибини до 2; 5; 10 м і бути виготовлені у модифікації, яка дає можливість відбирати одночасно проби з різних горизонтів та проводити вимірювання температури одночасно з відбором проби [12].

Загальні вимоги, які повинні відповідати пробам, наступні:

1. Проба повинна точно характеризувати склад того водоймища (або його частини), з якого вона виявляється (якщо проба береться з озера, басейну). При відборі проби необхідно враховувати всі обставини, які можуть виражати склад або концентрацію розчину: наявність біля місця відбору будь-якого притоку "сторонніх" вод (джерел, водостоків); дощ що недавно ішов; ізольована частина води, з якої відбирається проба; мілководність ділянки озера та інше.

2. При відборі проби слід вжити заходів, щоб полегшити підготовку її до аналізу. Розчин, пробу якого потрібно набрати, може містити в звичайному стані тверду фазу – кристали солі або нерозчинні частки, або й те і інше разом. У таких випадках краще відфільтровувати розчин через сухий фільтр (або вату) на місці під час відбору проб, так як при зберіганні він може виділити додатково тверду фазу і, коли справа дійде до аналізу, буде невідомо, яка частина твердої фази знаходилася у відібраній пробі, а яка виділилася пізніше. Розчин може містити легкорозчинні сполуки – гідроген сульфід, оксиди та солі феруму. Співвідношення цих компонентів бажано визначити на місці, безпосередньо при відборі. Але якщо для цього немає необхідних умов (обладнання, реактивів), то слід, крім загальної проби, відбирати спеціальні проби із введенням відповідних реагентів. Це дозволить при будь-якому терміні зберігання проб точно встановити вміст легкоокиснюючих компонентів у воді (розсолі), який був у ній в момент відбору проби.

3. Склянка (бутилка), в яку відбирається загальна чи спеціальна проба, повинна бути чистою та не менше трьох раз промита тим розчином (водою), який підлягає дослідженню. При наповненні пляшки розчином або водою слід завжди залишати в ній трохи повітря, не доливаючи до корка на 3-4 см. Після відбору проби горло склянки слід ретельно закупорити пробкою, обв'язати смужкою і залити парафіном.

4. Необхідно звернути особливу увагу на достатню повну та чітку документацію проби, яка проводиться за допомогою:

а) складання правильної печатки, написаної простим олівцем (не за допомогою чорнил та друкарської форми) та міцно прикріпленої до пляшки (склянки);

б) записів у польовому журналі. На етикетці пишуть номер проби, назву озера (водойми), дату відбору проби, а також відзначають, чи були проведені будь-які операції з пробкою при її виборі (фільтрація, фіксація газів та ін.).

При відборі спеціальної проби на наклейці відзначається ще вага пляшки та кількість введеного реагенту. У робочому журналі, крім цієї інформації, вказується географічне розташування водоймища та його координати, характеристика водойми, місце взяття проби та його характеристика, дані про прозорість та кольори розчину, результати вимірювання температури розчину та повітря, дані про стан дна водойми, наявність осадів мінералів, солей, час відбору проби, стан погоди, а також характеристика операцій, що супроводжували відбір проб.

При відборі проби для визначення мікроелементів уникають або зводять до мінімуму контакт проби води з металічними частинами пробовідбірних пристроїв. Вибір пробовідбірних пляшок, зберігання і консервування проб залежать від виду визначуваних забруднюючих речовин. У будь-якому випадку слід прагнути до того, щоб від моменту відбору проби і до її аналізу не тільки не змінилися концентрації і характер забруднення води, але і не відбулося вторинне її забруднення. Такі зміни можуть бути викликані сорбцією важких і токсичних металів на стінках пробовідборних, особливо пластмасових банок і на завислих колоїдних частинках, а також вилуговування деяких компонентів з стінок пробовідбірних посудин та з гумових корків. Пробовідбірні пристрої та пристосування необхідно періодично ретельно очищати та промивати. [12]

При проведенні морських досліджень рекомендується після відбору проб на кожній станції промивати пробовідбірники невеликою кількістю органічного розчинника (гексану, хлороформу чи тетрахлориду вуглецю), а також протирати зовнішні частини пробовідбірника ватою, яка змочена

органічним розчинником. Крім того для вилучення тяжких металів, які здатні сорбуватися на внутрішній поверхні батометрів та відер, останні слід (рекомендується) не рідше двох раз в місяць промивати теплим розчином хлоридної кислоти.

При відборі проб води для визначення мікроелементів застосовують посуд з безбарвного хімічно стійкого скла, яке містить в більшості випадків мінімальну кількість мікродомішок. Однак скло, з якого виготовлений звичайний скляний хімічний посуд, руйнується стічною водою (особливо при її зберіганні), в результаті чого у воду переходять іони Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , S^{2-} , Cl^{-} , Zn^{2+} , SiO_3^{2-} та інші. Для зберігання стічної води використовують посуд з боросилікатного скла (пірекс) або з поліетилену.

Широко використовується посуд з полімерних органічних матеріалів, які майже не містять мікродомішки, за винятком оксиду алюмінію (Al_2O_3), оксиду титану (TiO_2) та інших, які входять в склад каталізаторів для синтезу полімерів; в деяких марках поліетилену містяться цинк та натрій, оскільки стеарати цинку і натрію застосовують як розділяючі засоби. Практика показує, що зберігання проб в скляних пляшках не супроводжується вилуговуванням мікрокомпонентів з скла і протіканням адсорбційних процесів. Однак необхідно мати на увазі, що ці процеси все ж відбуваються. Сполуки деяких елементів вилуговуються з скла в помітних кількостях. Так кислими та нейтральними розчинами з скла вилучаються оксиди кремнію та натрію, вилуговується бор, залізо, алюміній, мідь, мишьяк, свинець, цинк, фтор та інші. Тому воду для визначення деяких елементів (наприклад, натрію, кремнію та інш.) рекомендується зберігати в поліетиленовому посуді, а часто і не консервувати.

При тривалому зберіганні дуже розбавлених розчинів, до яких відносяться і природні води, можливою є також поступова зміна їх концентрації. Вказати визначену певну причину втрати речовини з дуже розбавлених розчинів практично неможливо.

Найчастіше одночасно відбуваються різні процеси - фізична адсорбція іонів металів на поверхні посудин, реакція осадження, йонного обміну, дифузія і т.д. Відносні втрати розчинених мікродомішок в результаті сорбційних процесів у більшості випадків зростають в міру зменшення концентрації розчину, але це правило не завжди підтверджується. Найбільше на розвиток сорбційних процесів впливають матеріали хімічного посуду, природа сорбованих речовин та рН середовища. Так при встановленні термінів зберігання водних проб у різному хімічному посуді мінімальні втрати золота

(Au), арсену (As), ртуті (Hg), кадмію (Cd) - до 25 % - відмічені для скла та кварцу, а максимальні - до 67 % - для поліетилену при зберіганні 7-8 діб.

В той же час рекомендується зберігати водні розчини в чистих поліетиленових посудинах, оскільки при використанні скляного посуду деякі метали будуть адсорбуватися скляною поверхнею навіть з відповідним чином підкислених розчинів. Похибки аналізу, яка зумовлена сорбцією, можна уникнути, якщо ретельно підібрати матеріал хімічного посуду та середовище розчину. Сорбції мікродомішок з розчинів стінками посуду запобігають або знижують до незначної величини підкисленням розчинів, додаванням комплексоутворюючих агентів. Достатньо повну інформацію з цих питань в кожному конкретному випадку можна знайти в довідниковій літературі.

Пляшки з пробамі води для визначення мікродомішок найкраще закривати пришліфованими скляними або поліетиленовими пробками, оскільки гумові пробки часто містять цинк (Zn), свинець (Pb), стибій (Sb) та інші хімічні елементи, які можуть перейти в розчин тому використання гумових пробок при визначенні мікрокількостей не дозволяється. Однак при необхідності все таки допускається застосування і гумових корків, і коркових, але з поліетиленовою прокладкою.

При цьому поліетиленову плівку попередньо очищають кип'ятінням в 5 %-ному розчині соляної кислоти з промивкою бідистилатом. При відборі проб на мікроелементи не рекомендується заливати пробки будь-чим, щоб не забруднювати пробу при відкриванні пляшки. В період часу між відбором проби і її аналізом визначувані компоненти можуть піддаватися різним змінам: випадати в осад, або навпаки з нерозчинної форми перейти в розчин (солі заліза, мангану, кальцію та інші), адсорбуватися на стінках хімічного посуду (Fe, Cu, Cd, Al, Mn, Cr, Zn, фосфати та інше); вилугуватися з скла або пластмаси посуду (B, Si, Na, K). Проміжок часу між відбором проби та її аналізом залежить від складу проби, від визначуваних речовин та від умов зберігання. Чим більша ймовірність зміни визначуваних компонентів, тим швидше повинен бути проведений аналіз. При неможливості виконання аналізу на місці відбору проби проби води консервують, а для сповільнення біохімічних процесів, які відбуваються у воді, її охолоджують до 4 – 5 °С.

Перед аналізом консервовану пробу іноді доводиться нейтралізувати, а охолоджену доводити до кімнатної температури. При аналізі або при розрахунку результатів необхідно враховувати кількість доданих для консервування реактивів. Слід мати на увазі, що додавані у воду реактиви не повинні забруднювати її визначуваними компонентами. Перед операцією

консервування проб часто проводять їх фільтрування. Єдиної думки що до цього не має. Одні вважають необхідним фільтрувати всі проби, інші - тільки мутні води. І накінець, ще одна група дослідників, які вважають, що для визначення впливу завислих частинок на концентрацію мікроелементів необхідно проводити аналіз одних і тих фільтрованих, і нефільтрованих проб. Не існує єдиної думки і відносно фільтрів.

У зв'язку з встановленими втратами мікродомішок на фільтрувальному папері в результаті сорбції при фільтруванні розведених розчинів більшість дослідників рекомендують використовувати мембранні фільтри з діаметром пор 0,45 мкм. В роботі рекомендується відкидати перші 0,5 л відфільтрованої води у зв'язку з можливими втратами деяких мікроелементів на фільтрі або, навпаки, з їх принесенням на початковий період фільтрування.

Важливим етапом аналізу води є відбір проб. Для відбору проб води застосовують пробовідбірні пристрої – різної конструкції батометри і склянки та бутлі із пробками, які закриваються. Можуть застосовуватися насоси з поглинальними патронами. При стаціонарних спостереженнях проби води на хімічний аналіз потрібно відбирати на стрижні потоку з глибиною 0,2-0,5 м.

При глибокому руслі та слабкій течії доцільніше брати проби на різних глибинах. Проби переважно відбирають емальованим відром об'ємом 10 л. З відра водою наповнюють посудини для визначення рН, вмісту у воді кисню, діоксиду карбону, фіксують розчинений у воді кисень, а також наповнюють водою пляшки для наступного аналізу в лабораторії. Проби для визначення концентрацій нафтопродуктів, фенолів, СПАР, важких металів, пестицидів відбирають в окремі пляшки. Для відбору проб на різній глибині використовують також спеціальні пристрої – батометри різних типів. Батометр повинен відповідати таким вимогам: – вода, що проходить крізь нього, не повинна в ньому затримуватись; – він повинен щільно закриватися; – матеріал пробовідбірника повинен бути хімічно інертним. На практиці широко використовуються горизонтальні, перекидні та автоматичні батометри. За допомогою батометра Молчанова проводять відбір проб води для визначення вмісту пестицидів. [4,5]

Для зберігання проб використовують поліетиленовий та скляний посуд. Перед використанням посуд мийть концентрованою кислотою та сполоскують водопровідною водою. Основні вимоги до посуду – це його міцність, стійкість до розчинення і щільність закривання. Консервування проб проводять при відборі проб для визначення нестійких компонентів. Аналіз цих проб проводять не пізніше як через 3 дні після відбору. Проби зберігають при температурі 3–5

°C в холодильнику. Визимку при температурі нижче 0 °C відібрану пробу переносять у тепле приміщення, де проводять аналіз.

У якості пристроїв, які зазвичай використовуються на третій стадії – підготовки проб води, як правило, використовується типове загально лабораторне обладнання (центрифуги, екструдери, екстрактори, випарки), за допомогою якого здійснюється поділ і концентрування проб, підвищується чутливість і селективність наступного аналізу. Можливе також застосування в процесі пробопідготовки проточно-інжекційних концентруючих приставок, що працюють в автоматичному режимі – наприклад, типу ППП-М і ППП-Н. Для підвищення селективності аналізу та усунення заважаючих впливів застосовуються спеціальні пристрої підготовки проб. Прикладами таких приладів є автоклавні модулі для хімічної пробопідготовки серії МКП-04 і МКП-05, що включають термостат для нагріву 6 або 10 автоклавів, комплект самих автоклавів з фторопластовими реакційними камерами, пристрої для керування температурними режимами нагріву і охолодження.

Аналітичні модулі автоклавної пробопідготовки з резистивним нагрівом МКП-04 і МКП-05 є на сьогодні найбільш технічно допрацьованим і доступним для вітчизняних користувачів устаткуванням хімічної мінералізації проб.

До теперішнього часу в світовій аналітичній практиці широке розповсюдження знаходять мікрохвильові автоклавні мінералізатори фірм Perkin Elmer і СЕМ (США), Milestone (Італія), Prolabo (Франція). Мікрохвильовий автоклавний мінералізатор фірми Perkin Elmer (США).

Іншим прикладом апаратури для пробопідготовки служить ультрафіолетова камера ФК-12М для експрес-підготовки водних проб, дія якої ґрунтується на фотолізному окисненні заважаючих органічних сполук під дією УФ-випромінювання.

Наступна і найважливіша стадія технологічного циклу екоаналітичного контролю вод – кількісний аналіз проводиться в основному на універсальному стаціонарному лабораторному обладнанні – за допомогою різних вимірювальних приладів (хроматографів, спектрофотометрів, спектрометрів, спектрографів і т.д.).

З усього різноманіття технічних засобів контролю вод особливу увагу слід звернути на групу приладів, які набувають у даний час все більшого значення і все ширше застосовуються – засобів, заснованих на електрохімічних методах аналізу. З точки зору практики їх використання в моніторингу води має ряд істотних переваг. Впершу чергу – це портативність виконання і відносна простота в обслуговуванні, що дозволяє виконувати аналізи не лише в

лабораторних умовах, але часто і безпосередньо на місці відбору проб. Іншою перевагою є їх висока економічність: незначна витрата реагентів (в основному для допоміжних цілей), невелика вартість апаратури (у кілька разів, а іноді й десятків разів дешевше хроматографічних та спектральних приладів). При цьому, як правило, зберігається висока специфічність та чутливість аналізу.

На сучасному ринку вітчизняної екоаналітичної апаратури електрохімічні прилади (ЕХ) представлені в основному рН-метрами, іонометрами в комплексі з іонселективними електродами, кондуктометрами та оксиметрами. Найкращі характеристики мають електрохімічні прилади, засновані на принципах потенціометрії.

1.4.4. Вимір фізичних параметрів води

Фізичні параметри води є важливими показниками екологічного стану водного середовища. До цих параметрів відносяться: температура, прозорість, кольоровість, вміст розчинених сполук і зважених речовин, швидкість потоку, профіль глибини, характер берегів і дна тощо.

Температура прискорює багато хімічних процесів у воді, змінює газообмін і є причиною скидання теплих вод з ТЕС та АЕС.

Прозорість води впливає на протікання біологічних процесів у водоймах.

Кольоровість є показником того чи іншого забруднення, це саме стосується і запаху. Вже ці візуальні показники можуть вказати на характер забруднення або загальний стан водойми [20]

Температура. Промислові підприємства, скидаючи теплу воду в природні водойми, створюють теплове забруднення водойм. Особливо це стосується АЕС, які скидають води нагріті до 40-45 °С. Температуру води визначають за допомогою термометрів (спиртових, ртутних). Якщо глибина водойми понад 1 м, то температура визначається через кожен метр глибини. При цьому на глибину понад 1 м термометр потрібно «залінивити», тобто кульку обмазати шаром пластиліну і витримати на глибині кілька хвилин. Лише після цього виймають термометр на поверхню і визначають температуру. Глибину вимірюють шнуром, на якому є поділки, і на кінці якого закріплений термометр і баласт. Ціна поділок термометра – 0,1-0,5 °С. Температуру вимірюють у місцях скиду стічних вод нижче та вище місця скидання.

Температуру вимірюють одночасно із відбором проб води. Температуру також вимірюють спеціальним водяним термометром, який має корпус із нижньою камерою, в якій розміщується кулька термометра. При підніманні термометра з водойми, вода залишається в цій камері, що дає точний результат.

Каламутність води – це величина обернена прозорості, яка характеризує вміст зважених речовин за їх концентрацією менше 2 мг/л. Її вимірюють за допомогою каламутноміра. Визначення полягає у порівнянні каламутності аналізованої води з еталоном, який готується на основі каоліну. У цьому еталоні частинки каоліну менші 0,05 мм. Синє світло пропускають знизу вгору крізь плоске дно скляних циліндрів з водою при одночасному боковому освітленні їх білим світлом від лампи 300 Вт. На основі сили струму і каламутності (мг/л) можна побудувати градувальну криву.

Швидко і зручно вимірювати каламутність фотоелектричними методами за допомогою турбідиметра.

Фотоелектричними методами користуються лише при концентрації зважених речовин менше 100 мг/л. При більшому вмісті визначення проводять гравіметричним методом. Для цього каламутну воду пропускають через беззольний фільтр «синя стрічка» або мембранні фільтри.

Кольоровість води (для стічних вод – колір) визначають, як правило, візуально і тому вона відноситься до органолептичних показників води (так само як запах, каламутність і прозорість).

Кольоровість може бути причиною забруднень, завислих речовин, цвітіння води тощо. Червонуватий колір – це ознака вмісту заліза, зеленуватий – розмноження синьо-зелених водоростей.

Кольоровість визначають колориметричним методом у градусах, порівнюючи з дихроматно-кобальтовою шкалою кольоровості, яку отримують у результаті змішування двох відповідних розчинів у певних співвідношеннях.

За правилами скидання стічних вод у водойми природна вода при змішуванні повинна залишатися прозорою в шарі завтовшки 10 см. З цією метою в лабораторії визначають ступінь розбавлення води, за якого колір її шару зазначеної товщини стає непомітним. Для цього на світлий аркуш паперу ставлять три скляних циліндра з плоским дном діаметром 20–25 мм. У перший наливають стічну воду висотою 10 см, у другий – таку ж кількість дистильованої води, у третій – стічну воду, яку поступово розбавляють доти, доки вона при огляді зверху не стане однаковою з дистильованою.

1.5. Дослідження стану ґрунту

Земельним кодексом України передбачено проведення моніторингу ґрунтового покриву як основи практичних заходів щодо екологічного оздоровлення ґрунтів. [2,16]

Положення про моніторинг земель затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 № 66.

Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення затверджено Наказом Міністерства аграрної політики України від 26.02.2004 № 51.

Моніторинг земель – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів.

Залежно від мети спостережень та ступеня охоплення територій проводиться такий моніторинг земель:

- національний – на всіх землях у межах території України;
- регіональний – на територіях, що характеризуються єдністю фізико-географічних, екологічних та економічних умов;
- локальний – на окремих земельних ділянках та в окремих частинах (елементарних структурах) ландшафтно-екологічних комплексів.

Моніторинг земель складається із систематичних спостережень за станом земель (агрохімічна паспортизація земельних ділянок, зйомка, обстеження і вишукування), виявлення у ньому змін, а також проведення оцінки:

- стану використання земельних ділянок;
- процесів, пов'язаних із змінами родючості ґрунтів (розвиток водної і вітрової ерозії, втрата гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення і засолення), заростання сільськогосподарських угідь, забруднення земель пестицидами, важкими металами, радіонуклідами та іншими токсичними речовинами;
- стану берегових ліній річок, морів, озер, заток, водосховищ, лиманів, гідротехнічних споруд;
- процесів, пов'язаних з утворенням ярів, зсувів, сільовими потоками, землетрусами, карстовими, кріогенними та іншими явищами;
- стану земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазодобувними об'єктами, очисними спорудами, гноєсховищами, складами паливно-мастильних матеріалів, добрив, стоянками автотранспорту,

захороненням токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів, а також іншими промисловими об'єктами.

Спостереження за станом земель залежно від терміну та періодичності їх проведення поділяються на:

- базові (вихідні, що фіксують стан об'єкта спостережень на момент початку ведення моніторингу земель);
- періодичні (через рік і більше);
- оперативні (фіксують поточні зміни).

Проведення моніторингу земель здійснюється у такому порядку:

- виконання спеціальних зйомок і обстежень земель;
- виявлення негативних факторів, вплив яких потребує здійснення контролю;
- оцінка, прогноз, запобігання впливу негативних процесів. На локальному рівні моніторинг земель проводять районні, міські відділи, управління земельних ресурсів, на регіональному – обласні головні управління земельних ресурсів, на національному – Держгеокадастр.

Ведення моніторингу земель координує Держгеокадастр за участю Мінекоенерго, Мінагрополітики, Національної академії аграрних наук та ДКА.

Інформація, одержана під час спостережень за станом земель, узагальнюється по районах, містах, областях, по окремих природних комплексах і передається в пункти збору автоматизованої інформаційної системи обласних головних управлінь земельних ресурсів.

Форма та порядок надання інформації з моніторингу земель затверджується Мінагрополітики. За результатами оцінки стану земель складаються звіти, прогнози та рекомендації, що подаються до місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування та Держгеокадастру для вжиття заходів до запобігання і ліквідації наслідків негативних процесів.

Складовою частиною моніторингу земель є моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, являє собою систему спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про зміни показників якісного стану ґрунтів, їх родючості, розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень про відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів. [22]

Ґрунт – природне утворення, що складається з шарів (ґрунтових горизонтів) мінеральних компонентів змінної товщини, які формуються в наслідок перетворення поверхневих шарів літосфери під впливом біотичних, абіотичних та антропогенних факторів та відрізняються від первісних

матеріалів морфологічними, фізичними, хімічними та мінералогічними характеристиками.

Грунт – чотирифазна система, що включає тверді, рідкі, газоподібні та живі компоненти. Моніторинг ґрунтів усі розвинуті країни здійснюють на основі рекомендацій ООН з 60–70 років XX століття, зважаючи на власні національні особливості.

Мета – своєчасне виявлення змін стану ґрунтів, їх оцінки, відвернення наслідків негативних процесів, розроблення науково обґрунтованих систем землеробства і агротехнологій.

Функціонування системи моніторингу ґрунтів базуються на принципах:

- узгодженості нормативно-правового, організаційно-методичного та метрологічного забезпечення проведення спостережень, аналітичних досліджень та опрацювання даних, використання єдиних засобів інформаційного та програмного забезпечення, єдиної системи класифікації та кодування інформації;
- науково обґрунтованого впровадження програм із збереження, відтворення та охорони родючості ґрунтів;
- використання даних дистанційного зондування, сучасних геоінформаційних технологій для геокодування в міжнародній системі координат та комплексного аналізу еколого-агрохімічної інформації;
- наукового обґрунтування рекомендацій щодо відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів;
- інформаційної взаємодії між суб'єктами державної системи моніторингу земель.

Завдання моніторингу ґрунтів:

- проведення спостережень, збір, аналіз і опрацювання інформації щодо якісного стану ґрунтів (розвиток ґрунтової ерозії, стан структури ґрунту, підкислення, засолення, солонцюватість, заболочення ґрунтів, динаміка вмісту гумусу і елементів живлення), забруднення ґрунтів важкими металами, радіонуклідами, залишковими кількостями пестицидів та іншими токсичними речовинами;
- здійснення комплексного аналізу агроекологічної ситуації на землях сільськогосподарського призначення, оцінки та прогнозу можливих змін стану родючості ґрунтів з урахуванням природних і антропогенних факторів, еколого-меліоративного стану зрошуваних і осушуваних земель;

– розроблення і впровадження науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень про відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів та заходів щодо забезпечення відтворення родючості ґрунтів;

– визначення зон виробництва сільськогосподарської продукції для виготовлення продуктів для дитячого та дієтичного харчування;

– створення та ведення інформаційних банків даних про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та інформаційно-аналітичної системи для розроблення заходів у сфері охорони родючості ґрунтів;

– надання (на договірній основі) землевласникам, землекористувачам та суб'єктам оціночної діяльності у сфері оцінки земель інформації про сучасний стан ґрунтів;

– участь у здійсненні природно-сільськогосподарського, еколого-економічного, протиерозійного та інших видів районування (зонування) земель;

– підготовка та видання щорічної (періодичної) доповіді про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення.

Об'єктами моніторингу ґрунтів є землі сільськогосподарського призначення (рілля, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища, перелоги, землі тимчасової консервації).

Моніторинг ґрунтів здійснюється на території природних об'єктів (лісів, заповідників), еталонних об'єктів високого рівня сільськогосподарського використання ґрунтів (держсортдільниці, поля господарств, де запроваджено контурно-меліоративну систему земле-робства), звичайних господарств.[3,22]

Залежно від завдань, які необхідно виконати, виокремлюють такі види спостережень:

– режимні спостереження (систематичні спостереження за рівнем вмісту хімічних речовин в ґрунтах протягом визначеного часу);

– комплексні спостереження (охоплюють дослідження процесів міграції забруднюючих речовин в системах «атмосферне повітря – ґрунт», «ґрунт – рослина», «ґрунт – вода», «ґрунт – донні відкладення»);

– вивчення вертикальної міграції забруднюючих речовин в ґрунтах;

– спостереження за рівнем забруднення ґрунтів у визначених пунктах.

Залежно від територіального поширення та завдань здійснюються національний, регіональний і локальний моніторинги ґрунтів:

– національний – охоплює землі сільськогосподарського призначення в Україні;

- регіональний – охоплює землі сільськогосподарського призначення в межах фізико-географічних і адміністративних одиниць, великих масивів зрошення та осушення;

- локальний – проводиться на території окремих землеволодінь та землекористувань.

Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення здійснюється шляхом:

- аналізу та узагальнення архівного (базового) фонду даних;
- ґрунтово-агрохімічного та еколого-меліоративного (суцільних і вибіркового) обстежень ґрунтів, агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення;

- функціонування мережі стаціонарних ділянок та польових дослідів, на яких ведуться спеціальний, кризовий та науковий моніторинг ґрунтів і забезпечуються комплексні дослідження;

- контроль за властивостями ґрунтів, розроблення прогностичних моделей та ґрунтозахисних технологій;

- використання даних дистанційного зондування та глобальної системи визначення місцезнаходження досліджуваних ділянок.

Агрохімічна паспортизація орних земель проводиться раз у 5 років, сіножатей, пасовищ і багаторічних насаджень – через кожні 5–10 років, а також на бажання землевласника, землекористувача, при зміні власника земель сільськогосподарського призначення.

Проведення моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення здійснюється в такому порядку:

- проведення ґрунтово-агрохімічного обстеження та агрохімічної паспортизації земельних ділянок;

- проведення вибіркового еколого-меліоративних обстежень ґрунтів на зрошуваних і осушуваних землях;

- проведення комплексних та спеціальних спостережень на стаціонарних контрольних ділянках за станом ґрунтів з метою вивчення процесів трансформації та міграції біогенних і хімічних речовин у ґрунтах, а також розроблення прогностичних моделей;

- ведення польових дослідів, на яких забезпечуються комплексні дослідження властивостей ґрунтів, їх родючості (з урахуванням кількості та якості рослинницької продукції), ефективності застосування мінеральних добрив, хімічних меліорантів та інших агрохімікатів, а також розробляються ґрунтозахисні технології;

– створення та ведення інформаційних банків даних про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та інформаційно-аналітичної системи для розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття рішень про відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів, планування ґрунтозахисних та інших заходів у сфері охорони родючості ґрунтів;

– проведення комплексного аналізу та оцінки змін якісного стану ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення; – виявлення негативних явищ і кризових територій, обґрунтування, планування заходів щодо їх усунення та підвищення родючості ґрунтів;

– підготовка Національної доповіді про стан родючості ґрунтів України.

Результати моніторингу ґрунтів використовуються:

– в процесі регулювання правових основ земельних відносин;
– при проведенні економічної та грошової (нормативної та експертної) оцінки земель, визначенні розмірів плати за землю;

– плануванні заходів щодо відтворення родючості ґрунтів та підвищення урожайності сільськогосподарських культур, коригуванні агротехнологій, проведенні еколого-агрохімічного районування (зонування) території;

– визначенні зон виробництва сільськогосподарської продукції для виготовлення продуктів для дитячого та дієтичного харчування;

– розробленні рекомендацій щодо раціонального та екологічно безпечного застосування агрохімікатів.

Проведення моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення здійснюється на основі програм моніторингу.

Інститут охорони ґрунтів України (ДУ Держґрунтохорона) здійснює:

– науково-методичне керівництво ведення моніторингу ґрунтів разом з Національним науковим центром Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського, науковим центром Агроекологія, Інститутом землеустрою Держкомзему України, Інститутом гідротехніки і меліорації УААН та іншими науково-дослідними установами УААН землеохоронного профілю;

– організацію та контроль проведення регіональними центрами ДУ Держґрунтохорона ґрунтово-агрохімічного обстеження ґрунтів (суцільного і вибіркового), агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення;

– створення та ведення національного інформаційного банку даних про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та єдиної

інформаційно-аналітичної системи «Родючість ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України»;

– підготовку та видання Національної доповіді про стан родючості ґрунтів України на землях сільськогосподарського призначення.

Регіональні центри ДУ Держґрунтохорона здійснюють:

– польові та аналітичні дослідження, збір та опрацювання даних щодо ґрунтово-агрохімічного обстеження земель;

– наукові польові дослідження з вивчення властивостей ґрунтів, їх родючості, ефективності агро меліоративних заходів щодо зниження радіоактивного забруднення ґрунтів і продукції рослинництва, застосування мінеральних добрив, розроблення ґрунтозахисних технологій;

– систематичний контроль за якісним станом ґрунтів та розроблення проектно-технологічної документації щодо відновлення родючості ґрунтів;

– створення регіональних інформаційних банків даних якісного стану ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення;

– узагальнення та подання ДУ Держґрунтохорона інформації, отриманої при проведенні моніторингу ґрунтів;

– надання на договірній основі інформаційно-консультативних послуг землекористувачам, землевласникам та суб'єктам оціночної діяльності.

Ґрунтові проби відбирають на віддалі 5–50 км від джерела забруднення по осі переносу повітряних мас, за переважаючими напрямками розсіювання викидів. У зонах дії основних автомагістралей проби відбирають в межах 10–200 м, селищних доріг – 5–50 м від дороги. Опорні розрізи закладають на глибині 2 м або до рівня ґрунтових вод, загальні розрізи – до глибини 30 см.

Основні забруднюючі речовини у ґрунті:

– залишки будівельних матеріалів;

– хімічні сполуки;

– токсичні відходи.

До органічних забруднюючих речовин ґрунту слід віднести:

– вуглеводні нафтопродуктів;

– поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ);

– поліхлоровані біфеніли (ПХБ);

– хлоровані ароматичні сполуки;

– миючі засоби;

– пестициди.

До неорганічних забруднюючих речовин відносяться:

– нітрати;

- фосфати;
- важкі метали (кадмій, свинець, хром, мідь, цинк, ртуть, миш'як);
- неорганічні кислоти;
- радіонукліди.

Метали вважаються консервативними забруднювачами, які не розкладаються у ґрунті.

Фінансування заходів з моніторингу та агрохімічної паспортизації ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення проводиться за рахунок державного бюджету, за рахунок землевласників, землекористувачів.

Агрохімічні обстеження земель, на замовлення землевласників, землекористувачів, а також надання послуг у сфері оцінки земель фінансуються замовниками [22, 23].

1.5.1.Сучасний стан ґрунтового покриву. Антропогенний вплив на нього

Суша займає приблизно четверту частину Земної кулі і є осередком людського життя. Наявність ґрунтового покриву зумовила багатоманіття рослинного і тваринного світу, він є джерелом корисних копалин, основою сільськогосподарського виробництва. Саме тому ґрунт піддається величезному антропогенному тиску, легко ушкоджується, порушується та відноситься до важко-відновних природних ресурсів. [20, 22,23]

Ґрунт – окреме природне утворення, формування якого є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів ґрунтоутворення: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворюючих порід, часу.

Головною ознакою, яка відрізняє ґрунти від гірських порід, які формують основну частину літосфери (зовнішня тверда оболонка Землі, що охоплює всю земну кору й частину верхньої мантії і складається з осадових, вивержених і метаморфічних порід), є родючість.

Родючість – здатність ґрунту задовольняти потребу рослин в елементах живлення, воді, забезпечувати кореневі системи достатньою кількістю кисню, тепла для нормальної життєдіяльності.

Для порівняльних оцінок родючості ґрунтів за їх природними особливостями (з урахуванням рівнів інтенсифікації землеробства) проводиться бонітування ґрунтів (лат. bonitas – доброякісність) – порівняльне оцінювання

родючості ґрунтів за їхніми природними особливостями та продуктивністю при певних рівнях інтенсифікації землеробства, виражене у балах. В Україні цей показник становить від 22–31 бала у дерново-підзолистих піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах до 65–100 балів у чорноземах типових. Саме бонітування ґрунтів є однією з найважливіших підвалин головного документу, що визначає основні засади землекористування в Україні.

До складу ґрунту входять: мінеральна основа, яка становить 50–60 % загального складу (неорганічний компонент, який утворився з материнської породи в результаті вивітрювання); органічна речовина – до 10 % (утворюється при розкладі мертвих організмів і їх частин (листя, тварини)); повітря – до 15–25 % (знаходиться в порах ґрунту і необхідне для існування кореневої системи рослин); вода – до 25–35 % (необхідна всім ґрунтовим організмам як розчинник речовин, яких потребують рослини).

Важливим компонентом ґрунту є гумус (перегній) – органічна речовина, що утворилася з решток відмерлих рослин під впливом діяльності мікроорганізмів, які переробляють їх, розкладають, збагачують вуглекислим газом, водою, сполуками азоту та іншими речовинами.

Отже, ґрунт – це природно-історичне утворення, що розвивається, набуває певних ознак і властивостей та закономірно розміщується на земній поверхні. Різноманітність природних умов і ґрунтотворних факторів формує дуже строкату картину ґрунтового покриву Землі. Ґрунти, починаючи від примітивних первинних, що формуються на вивітрений породі, до родючих чорноземів, поширені на суходолі.

Види ґрунтів різняться за мінералогічним складом, вмістом гумусу та поживних елементів, родючістю. В Україні налічується понад 38 основних типів ґрунтів і кілька тисяч відмін за еколого-генетичною класифікацією ґрунтознавця Василя Докучаєва. Існує також міжнародна номенклатура продовольчої і сільськогосподарської організації ООН/ЮНЕСКО, де використовують назви ґрунтів, які характерні для певних країн (чорнозем, підзол, солонець, солончак) і синтезовані назви (придумані для ґрунтів), поширені на кількох континентах (флювісоль, грейсоль, андосоль, каштанозем та ін.). [22]

Тип ґрунту – опорна, основна одиниця систематики ґрунтів, яка об'єднує ґрунти одного типу ґрунтотворення, подібні за будовою генетичного профілю, процесами мінералізації органіки, біохімічними процесами, розміщенням у схожих природних умовах.

З усіх типів ґрунтів найродючішими є чорноземи (еталон родючості), вони займають до 60 % усіх сільськогосподарських угідь України і розташовані в

межах лісостепу і степу. Вміст гумусу в цих ґрунтах становить 4–9 %, їх товщина сягає 1–1,5 м. До 18,5 % площ орних земель припадає на дерново-підзолисті, дернові і сірі лісові ґрунти, які формувалися в умовах надмірної зволоженості, в них мало гумусу, вони переважно кислі, але мають високу природну родючість. Великі площі припадають на бурі лісові і буро-підзолисті ґрунти, поширені в межах лісової смуги вертикальних зон Карпат, Криму, Передкарпаття і Закарпаття, та лучні і болотні ґрунти, які трапляються в західних і північних районах України. Загалом ґрунти України наділені високою природною родючістю.

Ґрунтовий покрив України має виразний зональний характер, з чітким виокремленням найпоширеніших типів.

Дерново-підзолисті та дернові ґрунти поширені у поліській частині України. Вони утворюються переважно на піщаній основі за надмірного зволоження (окремими фрагментами у Західному та Малому Поліссі при неглибокому заляганні крейди трапляються перегнійно-карбонатні ґрунти – так звані рендзини). Усі різновиди ґрунтів цієї групи характеризуються незначним вмістом гумусу, несприятливими водно-фізичними властивостями, зокрема підвищеною кислотністю і низькою родючістю (виняток становлять рендзини, які належать до найродючіших ґрунтових видозмін).

Сірі лісові ґрунти домінують у південних районах Полісся та на північних околицях лісостепу, їх розглядають як перехідні до чорноземів і, залежно від переважаючих умов ґрунтотворення (лісових або степових), поділяють на ясно-сірі, сірі та темно-сірі підтипи. Сірі ґрунти теж мають незначний вміст гумусу і підвищену кислотність.

Чорноземи простягаються широкою смугою від Карпат до східних кордонів України, охоплюючи основну частину лісостепу і північ степової зони. Формуючись на відкладах лесового комплексу за сприятливих кліматичних умов (достатньо теплих і зволжених), чорноземи відрізняються підвищеним вмістом гумусу (4–9 %) і є найродючішими ґрунтами. Залежно від зміни природних умов (передусім зволоження) сформувалися різні види чорноземів: у лісостепу домінують чорноземи опідзолені і типові мало- і середньогумусні, у північному степу – чорноземи звичайні, у центральному степу – чорноземи південні.

Темно-каштанові ґрунти формуються в сухих умовах південної частини степової зони (перехідні від південних чорноземів до каштанових ґрунтів), у найпосушливіших умовах Присивашся та на окремих ділянках Причорноморської і Приазовської низовин вони поступаються справжнім каштановим ґрунтам з виразними ознаками солонцюватості.

Солонці та солончаки становлять особливу групу ґрунтів у посушливих степах України. Солонці характеризуються незначною водопроникністю і наявністю ущільненого солонцевого горизонту, сформованого нагромадженням натрієвих солей при інтенсивному капілярному піднятті і наступному випаровуванні мінералізованих ґрунтових вод. Фрагментарно, з інтенсивним засоленням, солонці поступаються справжнім солоп чи кам. Поряд з природними особливостями степу (плоский рельєф, незначна кількість атмосферних опадів, підвищене випаровування тощо) надмірному засоленню ґрунтів та утворенню солонців і навіть солончаків сприяють нерозважлива господарська діяльність, зокрема непродумана організація зрошувальних робіт.

Бурі лісові (буроземи) та буро-підзолисті ґрунти, які формуються за відносно теплого і достатньо вологого клімату під листяними або хвойними лісами, поширені у гірських районах та передгір'ях українських Карпат і Криму. Вони вирізняються грудкуватою або горіховою структурою і підвищеною кислотністю.

Лучні та болотні ґрунти, що формуються в умовах значного та надмірного зволоження, поширені у північних та західних регіонах України, де вони характеризуються розвитком процесів оглеєння. Проте трапляються подібні ґрунти і на окремих локаліях лісостепової і навіть степової зон (на заплавах річок, у глибоких ярах, балках та інших депресіях поверхні), де їх утворення супроводжується процесами засолення.

Рівень гумусованості ґрунтів теж має зональну залежність. Так, якщо дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються невисоким вмістом гумусу (0,7–2,0 %), а у лісостепу гумусованість зростає від 1,0–2,5 % у ясно-сірих ґрунтах до 4,0–6,0 % у чорноземах типових, то у чорноземному степу кількість гумусу знижується у протилежному напрямку – з півночі на південь – від 6,0 до 1,5 %. Протягом останніх десятиріч в Україні спостерігається стала тенденція до зниження вмісту гумусу в ґрунтах, що пояснюється як природними процесами (насамперед, ерозійно-дефляційними), так і спрацюванням гумусу в процесі інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. За даними спостережень, протягом останніх 30 років середньорічні втрати гумусу на Поліссі становлять 0,1 т/га; у лісостепу – 0,8; у степу – 0,4 т/га, чим і пояснюється нагальна необхідність реалізації наукових розробок щодо відновлення родючості ґрунтів, запропонованих науковцями і практиками України та з успіхом апробованих у різних природних зонах та на різних ґрунтових відмінах.

У сільському господарстві ґрунт є основним засобом виробництва, важливою ознакою якого є саме родючість. Людина, використовуючи ґрунт,

змінює її за допомогою обробітку, внесення добрив, запровадження сівозмін, зрошення тощо. Залежно від способу використання ґрунт може поліпшуватися, ставати більш родючим, або навпаки.

Натепер однією із основних проблем людства є охорона і раціональне використання земель, тому що до 98 % продуктів харчування населення Землі отримує за рахунок обробітку землі, а за своє існування людство втратило до двох мільярдів гектарів родючих земель. Земельний фонд становить 13392 млн. га, тобто приблизно чверть всієї поверхні Земної кулі.

1.5.2. Моніторинг стану ґрунтового покриву

Нагляд за станом геологічного середовища відбувається за наступними параметрами [13,24].

Геліогенні (природно-кліматичні) – включають сонячну активність, зміни температурного режиму, вологого режиму, інтенсивності опадів, діяльність вітру.

Літогенні – сукупність умов та факторів, що характеризують динамічні зміни рівноважного стану (зсуви, карсти та ін.)

Техногенні – види діяльності у межах геологічного простору для будівництва, сільського господарства, видобутку корисних копалин.

Складові системи моніторингу геологічного середовища:

- геофізичний моніторинг;
- геохімічний моніторинг.

Геофізичний моніторинг – система, що об'єднує геодезичний нагляд, оцінку водних та сейсмічних режимів.

У межах геофізичного моніторингу виділяють:

- моніторинг зсувів та ярів – нагляд за рухом геологічних порід, інженерними будівлями та зеленими насадженнями, які утримують розростання ярів; досліджується динаміка та режим підземних водоносних горизонтів, рух дощових потоків, що є каталізатором зсувів;
- моніторинг водних режимів – досліджується зміна рівня водоносних пластів, швидкість руху підземних вод, різні техногенні водопрояви, визначаються небезпечні інженерно-геологічні та гідрогеологічні явища – підтоплення, карсти, суфозії, зсуви та ін.;

– сейсмічний моніторинг – досліджуються коливання земної кори від будь-яких природних або техногенних джерел, за допомогою надчутливих датчиків визначається епіцентр та глибина землетрусів, швидкість та енергія сейсмічних хвиль, поза зоною активних землетрусів система сейсмічного моніторингу дозволяє отримати дані щодо вібрацій техногенного походження, виявити причини та розробити необхідні інженерні заходи;

– ландшафтний моніторинг – дозволяє досліджувати поверхневі форми рельєфу та їх зміни.

Геохімічний моніторинг – це систематичний нагляд за станом та забрудненням природних компонентів геологічного середовища, хімічними елементами будь-якого походження, об'єднує моніторинг атмосферного повітря, атмосферних опадів, ґрунтів, підземних вод, поверхневих вод та донних відкладень, радіаційного стану, рослинного та тваринного світу.

У моніторингу геологічного середовища пріоритетним напрямком є дистанційні методи дослідження, що дозволяють за рахунок аерокосмічних зйомок земного простору отримати картину еколого-геологічного стану територій. Отриману інформацію фіксують на екологічних картах різного масштабу.

Проведення моніторингу мінерально-сировинної бази, геологічного середовища покладено на Держгеонадра.

Положення про проведення моніторингу та наукового супроводження надрокористування затверджено Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України 11.03.2013 № 96.

Моніторинг та наукове супроводження – це системне регулярне спостереження за об'єктом надрокористування і виконання особливих умов, передбачених спеціальним дозволом на користування надрами, та його невід'ємною частиною – угодою про умови користування надрами:

– оцінка стану, моделювання та прогнозування змін геологічного середовища;

– консультативно-методичне забезпечення всіх етапів, стадій та видів робіт, передбачених програмою робіт на ділянці надр;

– розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо оптимізації цих етапів, стадій та видів робіт;

– надання допомоги надрокористувачеві у дотриманні вимог нормативно-правових актів, загальнодержавних та галузевих нормативних документів.

Об'єктом моніторингу та наукового супроводження є ділянка надр, що надається у користування та визначена у дозволі, угоді, програмі робіт, а також

зміни геологічного середовища в зоні очікуваного впливу робіт з користування надрами.

Проведення моніторингу та наукового супроводження здійснюють спеціалізовані державні геологічні підприємства, установи та організації, що належать до сфери управління Держгеонадр України, які визначаються Держгеонадрами України на конкурсних засадах, ураховуючи їх статутні завдання та спеціалізацію [20,22].

Замовником моніторингу та наукового супроводження виступає надрокористувач, що використовує надра протягом часу, в межах ділянки надр та на умовах, передбачених у дозволі.

Моніторинг та наукове супроводження проводяться на підставі договору між надрокористувачем та спеціалізованим підприємством.

Спеціалізоване підприємство здійснює:

- вивчення матеріалів об'єкта надрокористування: дозволу, угоди, характеристики ділянки надр, програми робіт, технічного завдання на складання геологічних проектів, послідовності проведення робіт для досягнення мети користування надрами, відповідності мети виду користування надрами та виду основних, спільно залягаючих і супутніх корисних копалин, техніки та технології проведення робіт (в першу чергу геологорозвідувальних), відповідності робіт вимогам нормативних документів тощо;

- розроблення програми моніторингу та наукового супроводження надрокористування; – аналіз результатів геологічних, геофізичних, гідрогеологічних, дослідних робіт і надання рекомендації щодо методики їх проведення;

- надання пропозицій щодо зміни послідовності і технології проведення робіт, якщо ті, що застосовуються, не забезпечують виконання особливих умов користування надрами, визначених дозволом;

- використання результатів моніторингу для підготовки висновків і пропозицій щодо оптимізації проведення всіх етапів, визначених програмою робіт, своєчасної розробки технічних (технологічних) рішень щодо запобігання несприятливому впливу робіт з користування надрами на навколишнє природне середовище.

При виявленні порушень методики або технології робіт спеціалізоване підприємство складає відповідні рекомендації щодо їх усунення та надає їх надрокористувачеві. При відмові надрокористувача виконувати зазначені рекомендації спеціалізоване підприємство направляє їх до Держгеонадр України

Спеціалізованим підприємством складається звіт, який повинен містити дані для формування об'єктивних та достовірних висновків про результати моніторингу та наукового супроводження, а саме:

- загальні відомості про об'єкт та замовника моніторингу наукового супроводження;
- відомості про спеціалізоване підприємство;
- перелік нормативно-правових актів та нормативних документів, відповідно до яких проводились моніторинг та наукове супроводження;
- перелік та зміст виконаних спеціалізованим підприємством робіт;
- рекомендації щодо організації виконання програми робіт відповідно до норм законодавства;
- умови проведення робіт з користування надрами, їх методика, отримані результати;
- висновки про стан ділянки надр, очікувані та фактичні зміни під впливом проведених робіт з користування надрами;
- пропозиції щодо забезпечення ефективного та раціонального використання ділянки надр, запобігання шкідливому впливу робіт на навколишнє природне середовище.

Положення про систему моніторингу підтоплення міст і селищ міського типу України (небезпечне підняття рівня ґрунтових вод) затверджено Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 08.12.2010 № 448.

Система моніторингу підтоплення включає:

- збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації щодо стану підтоплення;
- прогнозування його змін;
- розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Система моніторингу спрямована на:

- підвищення рівня вивчення і знань про стан підтоплення міст і селищ міського типу та впливу техногенних і природних чинників на нього;
- підвищення ефективності заходів, спрямованих на вчасне та якісне інформування органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування щодо стану підтоплення міст і селищ міського типу;
- підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;

- підвищення ефективності здійснення заходів із ліквідації наслідків підтоплення міст і селищ міського типу.

Основні завдання системи моніторингу підтоплення:

- забезпечення довгострокових систематичних спостережень за станом підтоплення;
- збір та систематизація даних спостережень за станом підтоплення;
- забезпечення аналізу стану підтоплення, прогнозування його змін та планування заходів із ліквідації наслідків;
- інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень у сфері інженерного захисту територій;
- забезпечення інформаційного обслуговування органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, населення країни і міжнародних організацій.

Функціонування системи моніторингу підтоплення ґрунтується на принципах:

- узгодженості нормативно-правового та організаційно методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення;
- систематичності спостережень за станом підтоплення;
- своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання інформації;
- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної інформації та оперативності її доведення до органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення, заінтересованих міжнародних установ;

Об'єктом моніторингу є стан підтоплення міст і селищ міського типу України (небезпечне підняття рівня ґрунтових вод).

Під час здійснення моніторингу підтоплення визначають:

- небезпечне підняття рівня ґрунтових вод;
- площу підтоплення територій.

Моніторинг передбачає обладнання мережі спостережних свердловин.

Вимоги до мережі спостережних свердловин:

- мережа спостережних свердловин за небезпечним підняттям рівня ґрунтових вод обладнується на підтоплених ділянках та ділянках, що потенційно можуть підтоплюватись;
- розташування спостережних свердловин визначається з урахуванням природних особливостей району та глибини залягання ґрунтових вод;

- при плануванні розташування спостережних свердловин враховується місцезнаходження водопровідно-каналізаційних та теплових мереж, їх заглиблення та основні параметри;

- до мережі спостережних свердловин можуть включатися існуючі свердловини, які знаходяться на території, що підлягає моніторингу;

- глибина спостережних свердловин визначається глибиною залягання досліджуваних ґрунтових вод, їх потужністю й необхідною глибиною розкриття. Глибина спостережних свердловин повинна бути достатньою для здійснення замірів при зміні рівня ґрунтових вод;

- частота спостережень визначається залежно від характеру та ступеня впливу природних і техногенних факторів, але не рідше двох разів на місяць;

- у період паводків, повені та інтенсивного випадання атмосферних опадів рівень ґрунтових вод заміряється щодня.

Порядок інформаційної взаємодії:

- система моніторингу підтоплення передбачає ведення звітності у сфері інженерного захисту територій населених пунктів;

- інформація щодо стану підтоплення особами що здійснюють діяльність у сфері інженерного захисту територій населених пунктів, надається управлінням (відділам) житлово-комунального господарства районних, державних адміністрацій, виконкомам міських (місцеві органи житлово-комунального господарства);

- місцеві органи житлово-комунального господарства надають інформацію управлінням (відділам) житлово-комунального господарства обласних адміністрацій (регіональні органи житлово-комунального господарства);

- регіональні органи житлово-комунального господарства узагальнюють отриману інформацію та надають її в Мінрегіон;

- Мінрегіон здійснює аналіз інформації та забезпечує контроль за станом підтоплення територій;

- інформація щодо стану підтоплення надається Мінекоенерго з періодичністю, визначеною угоди про співробітництво у сфері моніторингу навколишнього природного середовища;

- дані моніторингу підтоплення надаються органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування безкоштовно.

1.5.3. Контроль за рівнем антропогенного впливу на ґрунтовий покрив. Організація моніторингу

Ґрунт – це найбільш малорухоме природне середовище порівняно, наприклад, з атмосферою або поверхневими водами. Міграція забруднювальних речовин в ґрунті відбувається відносно повільно. Як наслідок, високі рівні забруднення ґрунтів деякими речовинами локалізуються в місцях їх викиду у зовнішнє середовище. Окрім того, можлива поступова зміна хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища та живих організмів [3].

Найбільш інтенсивним шляхом переносу забруднень, які потрапляють на ґрунт, може бути перенесення з атмосферним повітрям у випадку потрапляння забруднень з ґрунту в атмосферу через випаровування або разом з пилом. Іншим відносно швидким шляхом розповсюдження забруднювачів є змив їх стічними водами. Але далеко не всі ці механізми переносу грають суттєву роль у забрудненні ґрунтів. Під впливом фізико-хімічних факторів і, головним чином, в результаті діяльності мікроорганізмів, відбувається розкладання забруднювальних речовин органічного складу. У деяких випадках забруднення ґрунтів бенз(а)піреном, пестицидами та іншими речовинами можливе навіть встановлення рівноваги між надходженням на ґрунт та їх розкладанням у ґрунті.

Діяльність системи державного ґрунтового моніторингу контролюють Міністерство екології та природних ресурсів (визначення залишкової кількості пестицидів і важких металів на сільськогосподарських угіддях); Міністерство охорони здоров'я (спостереження за хімічним та біологічним забрудненням ґрунтів на території населених пунктів); Міністерство сільськогосподарської продукції (радіологічні, агрохімічні та токсикологічні спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання); Міністерство лісового господарства (визначення концентрації радіонуклідів токсичних речовин у лісовому ґрунті); Державний комітет гідрометеорології (визначення концентрації пестицидів, важких металів у ґрунті). Для автоматизованого оброблення даних і надання користувачам необхідної інформації створена головна станція з інформативно-обчислювальним комплексом (при УкрНДІ ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Соколовського) та дві базові станції: при УкрНДІ землеробства (Поліська) і при УкрНДІ захисту ґрунтів від ерозії (степова) [20].

Державна гідрометеорологічна служба здійснює спостереження та моніторинг забруднення ґрунтів сільськогосподарських земель пестицидами на 35 ділянках у 18 областях та важкими металами у 20 населених пунктах. Проби відбираються один раз у п'ять років, проби на важкі метали у містах Костянтинівка та Маріуполь відбираються щороку.

Державна екологічна інспекція здійснює відбір проб більш ніж на 600 промислових майданчиках у межах країни та визначення забруднень за 27 показниками. Санітарно-епідеміологічна служба здійснює контроль та моніторинг стану ґрунтів на територіях, де можливі наслідки негативного впливу на здоров'я населення. Найбільше охоплені території вирощування сільськогосподарської продукції, території в місцях застосування пестицидів, ґрунти у зоні житлових масивів, дитячих майданчиків та закладів. Досліджуються проби ґрунту в місцях зберігання токсичних відходів на території підприємств та поза нею у місцях їх складування або захоронення.

Мінагрополітики здійснює спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання. Мережа, на якій ведуться спостереження та моніторинг ґрунтів підрозділами Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів, складається з 1003 ділянок. Здійснюються радіологічні, агрохімічні та токсикологічні визначення, залишкова кількість пестицидів, агрохімікатів та важких металів.

Згідно з проектом Положення про державну систему моніторингу довкілля, моніторинг ґрунтів слід здійснювати за загальнодержавною і регіональними (місцевими) програмами, які визначають спільні дії центральних і місцевих органів виконавчої влади, узгоджені з метою і завданнями щодо охорони навколишнього середовища, екологічної безпеки та раціонального природокористування.

Завданням ґрунтового моніторингу є контролювання динаміки основних фізичних, хімічних, біологічних та інших ґрунтових процесів у природних умовах та за антропогенних навантажень.

В Україні розроблена концепція ґрунтового моніторингу, згідно з якою мета моніторингу - отримання інформації для вироблення управлінських рішень щодо стабілізації і поліпшення якості ґрунтів, екологізації землеробства та досягнення кінцевого результату - розширеного відтворення ґрунтової родючості.

Зараз в Україні служба ґрунтового моніторингу формується в межах державної системи моніторингу довкілля. До її завдань входить періодичний контроль динаміки основних ґрунтоутворювальних процесів фізичних,

хімічних, біологічних та інших у природних умовах і при накладанні антропогенного навантаження.

Об'єктами ґрунтового моніторингу виступають основні типи, підтипи, фони, види і різновиди ґрунтів, які підбираються у межах ґрунтової провінції і максимально відображають різноманітність ґрунтового покриву, усі рівні антропогенного навантаження. Постійними пунктами контролю вибрано 3 природні об'єкти (ліси, заповідники), еталонні об'єкти високого рівня сільськогосподарського використання ґрунтів (держсортдільниці, варіанти стаціонарних дослідів, поля господарств, де впроваджена ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства), звичайні господарства.

Стан ґрунтів достовірно діагностується за наявності інформації про зміни структури ґрунтового покриву, трансформації земельних угідь, оцінки темпів зміни основних показників (гумусу, рН, повітряного та поживного режимів, ємності катіонного обміну, фізичного, водного, забрудненості, біологічної активності), оцінки інтенсивності ерозії, показників меліоративного стану (якості зрошувальних вод, рівня мінералізації підґрунтових вод, засоленості ґрунтів зони аерації, вторинного осолонцювання, оцінки темпів спрацювання осушених торфовищ, трансформації органічної речовини, вторинного озалізнєння) і, нарешті, оцінки ефективності родючості ґрунтів.

Спостереження ведуться наземними (стандартними методами і приладами) та дистанційними засобами (дистанційне зондування). Відпрацювання кореляційних зв'язків між наземними і дистанційними методами здійснюється на спеціальних полігонах. В ННЦІГА розроблено програму спеціальних досліджень, спрямованих на методичне забезпечення дистанційного ґрунтового моніторингу. Відповідно до цієї програми створюються і випробовуються методи дистанційного визначення ґрунтових характеристик, а також відповідна знімальна апаратура і засоби оперативного дешифрування інформації [24].

Нормативи вмісту хімічних речовин в ґрунті з урахуванням шкідливого впливу цих речовин на здоров'я людини вперше стали розробляти ще в 19 ст. Розв'язання цієї задачі ускладнюється тим, що основна кількість хімічних речовин з ґрунту надходить в організм людини не прямим шляхом, а харчовими ланцюжками: ґрунт-рослина-людина, ґрунт-рослина-тварина-людина, ґрунт-вода-людина, ґрунт-атмосферне повітря-людина.

Хімічні елементи, що не вловлюються при спектральному аналізі, 4 можуть бути визначені атомно-абсорбційним методом. Цим методом визначаються також рухомі форми металів. Атомно-абсорбційний метод дозволяє визначати до 70 елементів в концентраціях на рівні 0,1-0,01 мкг/мл,

що допускає аналіз без попереднього концентрування. З допомогою атомноабсорбційного методу можна визначати Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni, Pb, Cd, Hg, As, Se.

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 [28].

Задачі спостережень за станом ґрунтів містять:

1) реєстрацію сучасного рівня хімічного ЗГ, виявлення географічних закономірностей і динаміки тимчасових змін ЗГ в залежності від розташування і технологічних параметрів джерел забруднення;

2) оцінювання можливих наслідків ЗГ і прогнозування тенденцій зміни хімічного складу ґрунтів у найближчому майбутньому;

3) обґрунтування складу і характеру заходів з регулювання можливих негативних наслідків в результаті ЗГ і заходів, спрямованих на докорінне поліпшення стану вже забруднених ґрунтів;

4) забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень ЗГ.

Виходячи з цих задач, можна виділити такі види спостережень:

– режимні або систематичні спостереження;
– комплексні спостереження, які включають дослідження процесів міграції ЗР в системах: повітря-ґрунт, ґрунт-рослина, ґрунт-вода і ґрунт-донні відкладення;

– вивчення вертикальної міграції ЗР;

– спостереження за рівнем ЗГ у певних пунктах.

Ґрунтовий моніторинг - складова загального екологічного моніторингу, якому приділяють велику увагу в розвинутих країнах.

Моніторинг ґрунтового покриву - система стійких спостережень, діагностування, прогнозування та вироблення рекомендацій щодо управління станом ґрунтів з метою збереження і відтворення їх родючості. Як правило, ґрунтовий моніторинг проводять в проблемних регіонах. Системи моніторингу ґрунтів базуються на спостереженнях, дослідженнях, оцінюванні, прогнозуванні, оптимізації родючості ґрунтів, урожайності рослинності; особлива увага приділяється ерозії ґрунтів і знепустелюванню. [7]

Основними задачами ґрунтового моніторингу є вчасне виявлення несприятливих змін властивостей ґрунтового покриву при різних видах його використання:

- сезонний контроль стану ґрунтового покриву (динаміка змін) під сільськогосподарськими культурами для видачі своєчасних рекомендацій;
- оцінювання середньорічних втрат ґрунтів (швидкості втрат ґрунтового покриву в результаті дощової, вітрової ерозії);
- виявлення районів з дефіцитним балансом біогенних елементів, 5 виявленні оцінювання швидкості втрат гумусу, азоту і фосфору;
- контроль за зміною кислотності і лужності ґрунтів, особливо в районах із внесенням високих доз мінеральних добрив та поблизу великих промислових центрів – джерел підкислення атмосферних опадів;
- контроль за сольовим режимом процесів зрошування ґрунтів, що удобрюються;
- контроль за забрудненням ґрунтів важкими металами;
- контроль за локальним забрудненням ґрунтів ВМ в зоні впливу промислових підприємств і транспортних магістралей, а також забруднення пестицидами в районах їх постійного використання;
- довгостроковий і сезонний (за фазами розвитку рослин) контроль за вологістю, температурою, структурним станом, водно фізичними властивостями ґрунтів і вмістом у них елементів живлення рослин;
- оцінювання ймовірної зміни властивостей ґрунтів при проектуванні гідробудівництва, меліорації, впровадженні нових систем землеробства, добрив і т.д.;
- контроль за розмірами і правильністю відчуження орнопридатних земель для промислових і комунальних цілей.

Однією з найважливіших проблем сфери інформаційного забезпечення землекористування та охорони земель в Україні є недосконалість відомостей про стан земельних ресурсів, їх кількість та якість, раціональне використання. Важливими інструментами інформаційного забезпечення землекористування, охорони земель та управління земельними ресурсами є моніторинг земель. Моніторинг ґрунтового покриву – це один із дієвих засобів систематичного одержання та поновлення інформації про ґрунти у просторі та часі, за результатами якого можна зберегти їх родючість, а, отже, й найраціональніше використовувати та охороняти землі. Наукововиробничим завданням є створення ефективної мережі моніторингу ґрунтового покриву [4].

Наявність повної та достовірної інформації – найважливіший фактор при прийнятті будь-яких управлінських рішень. Крім ведучої ролі в державному управлінні земельними ресурсами, інформація про стан і використання земель необхідна для інформаційного забезпечення ринку земель, а також для цілей

державного земельного кадастру. Невирішеною частиною загальної проблеми моніторингу ґрунтового покриву є те, що він як система періодичних спостережень за змінами властивостей ґрунтів на постійних ділянках в Україні ще практично не склався. З цієї причини доцільно розглянути європейський досвід і запропонувати підходи до організації мережі для нашої країни. Проблема моніторингу земель в Україні є актуальною і розглянута у працях вітчизняних і зарубіжних науковців.

1.5.4. Вибір проб. Засоби контролю стану ґрунтів

Для одержання фізико-хімічної характеристики ґрунтів і ґрунтоутворюючих порід, для уточнення польової діагностики відбирають індивідуальні зразки ґрунту. Змішані зразки є пробами орного або підорного шару. Середню пробу відбирають із суміші зразків відповідного горизонту або шару (частини горизонту), взятих в шести- восьми прикопках, кожна з яких розташована навколо основного розрізу на відстані 10-15 м. Якщо основний розріз не закладається, прикопки розміщують по колу. Змішані зразки використовують для вивчення динаміки поживних речовин.

Індивідуальні зразки беруть із середини кожного генетичного горизонту в найбільш типових розрізах або з горизонтів, особливо цікавих для вивчення (товщина шару близько 10 см). В зразок не повинні потрапляти не характерні для нього новоутворення. Зразок відбирають лопатою або ножем. Краще брати зразки знизу вверху, інакше можна засипати нижню частину розрізу, а стінки забруднити матеріалом із вище розташованих горизонтів. Взятий зразок загортають у папір і додають дві етикетки: одну разом зі зразком, другу - ззовні під шпагат. На етикетках вказують: назву організації, яка здійснює роботу; область, район, землекористування, де відібраний зразок; номер розрізу і назву ґрунту; горизонт і глибину відбору зразка (це вказують у робочому журналі опису) [25].

Зразок повинен важити до одного кілограму. Зразки висушують, тобто доводять до повітряно-сухого стану. Зберігання у вологому стані, висушування на сонці або в печі не допускається, бо це призводить до спотворення результатів при визначенні вмісту нітратів і присутності водорозчинної фосфорної кислоти та калію.

Для висушування зразки висипають на чистому папері шаром 1,0–1,5 см, великі агрегати розламують, вилучають великі включення, корені. Зразок накривають папером і періодично перемішують для прискорення висихання. Неприпустимо сушити зразки там, де багато пилу та є загроза адсорбування лабораторних або виробничих газів поверхнею зразка. Доведений до повітряно-сухого стану зразок ґрунту в лабораторних умовах розтирають у фарфоровій ступці, але перед цим проводять повторний доскональний відбір включень і новоутворень. Потім зразок просіюють крізь сито з отворами 1 мм. Ґрунт, який залишається на ситі, розтирають в ступці далі до повного подрібнення зразка.

Ґрунт (породу), який отримують після просіювання, використовують для лабораторних досліджень. Під час визначення кількості гумусу у ґрунті проводять досконалий відбір органічних включень. Підготовлений для досліджень зразок з етикеткою кладуть у банку з притертим корком або, в крайньому випадку, в паперові пакети (краще з кальки). Зберігають зразки у спеціальному, добре провітрюваному приміщенні (в лабораторних умовах зберігати їх не можна) [25].

Ґрунти характеризуються величиною рН або так званою кислотністю ґрунту, від якої залежать ґрунотвірні та мікробіологічні процеси. Величина рН ґрунтового розчину залежить від сорбованих катіонів та наявності іонів H^+ , OH^- . Кисла реакція характерна для дерново-підзолистих, болотних ґрунтів, лужна - для каштанових ґрунтів, сіроземів та солонців. Найефективніші ґрунти з нейтральною реакцією, що характерним для деяких чорноземів. Сільськогосподарські культури найкраще розвиваються за величини рН від 5,5 до 7,5. Для різних типів ґрунтів значення рН може коливатися від 3 до 9. Для рослин, що ростуть на кислих ґрунтах характерним є порушення обмінних процесів, утворення білків та дисахаридів, погано засвоюється N, P, Ca, Mg. Для ґрунтів розрізняють два види кислотності: актуальну і потенціальну.

Актуальна кислотність характеризує кислотність ґрунтового розчину, ґрунтової суспензії або водної витяжки з ґрунтів, зумовленої наявністю іонів Гідрогену у ґрунтовому розчині, та визначається наявністю у ґрунтовому розчині кислот (органічних та карбонатної), розчинних кислих солей (Fe, Al) та ступеня їх дисоціації. Актуальна кислотність вимірюється при взаємодії ґрунту з дистильованою водою (розведення 1:5), у ґрунтових розчинах чи ґрунтовій пасті [20].

Потенційна кислотність (пасивна, «прихована») характеризує кислотність твердої фази ґрунту, здатність ґрунту виступати в ролі слабкої кислоти з розчинами солей. Затність твердої фази ґрунту зумовлювати появу додаткових

іонів H^+ у розчині при взаємодії з добривами, хімічними засобами, тощо. Потенційна кислотність є характеристикою сумарної концентрації кислот і кислотних агентів, що входять до складу ґрунту, як у дисоційованому, так і недисоційованому стані.

Значна загальна кислотність ґрунтів негативно впливає на ґрунотіврні процеси в ґрунтах та на живлення рослин. Кисла реакція ґрунту показує наявність в ґрунтовому розчині, окрім іонів H^+ , іонів Al , Mn , значний вміст яких є несприятливий для розвитку рослин.

1.5.5. Оцінка забруднення ґрунтів за даними моніторингу

Результати гігієнічних досліджень ґрунтів, забруднених важкими металами, нафтопродуктами й іншими речовинами, дозволяють оцінювати ступінь небезпеки забруднення ґрунту цими токсикантами за рівнем їхнього можливого впливу на системи "ґрунт-рослина", "ґрунти-мікроорганізми, біологічна активність", "ґрунт-ґрунтові води", "ґрунт-атмосферне повітря" і на здоров'я людини.

З гігієнічних позицій небезпека забруднення ґрунту хімічними речовинами визначається рівнем його можливого негативного впливу на контактуючі середовища (вода, повітря), харчові продукти і безпосередньо на людину, а також на біологічну активність ґрунту і процеси його самоочищення [22].

Основним критерієм гігієнічної оцінки небезпеки забруднення ґрунту шкідливими речовинами є ГДК хімічних речовин у ґрунті.

Для оцінки небезпеки забруднення ґрунтів вибір хімічних речовин – показників забруднення – проводиться з урахуванням:

- специфіки джерел забруднення, які визначають комплекс хімічних елементів, що беруть участь у забрудненні ґрунтів досліджуваного регіону;
- пріоритетності забрудників у відповідності зі списком ГДК хімічних речовин у ґрунті і інших класах небезпеки;
- характером землекористування.

Якщо немає можливості врахувати весь комплекс хімічних речовин, що забруднюють ґрунт, оцінку проводять за найбільшими токсичними речовинами, тобто тих, що відносяться до більш високого класу небезпеки.

У загальному плані при оцінці небезпеки забруднення ґрунтів хімічними речовинами варто враховувати таке:

- небезпека забруднення тим більше, чим вище фактичні рівні вмісту контрольованих речовин у ґрунті (С) у порівнянні з ГДК;
- небезпека забруднення тим більше, чим вище клас небезпеки контрольованих речовин;
- при оцінці небезпеки забруднення будь-яким токсикантом варто враховувати буферність ґрунту, яка впливає на рухливість хімічних елементів, що визначає їхній вплив на контактуючі середовища.

Оцінка небезпеки забруднення ґрунтів, що використовуються для сільського господарства, заснована на транслокаційному показнику, найважливішому при обґрунтуванні ГДК хімічних речовин у ґрунті. Це обумовлено тим, що:

- з продуктами харчування рослинного походження в організм людини надходить у середньому 70% шкідливих хімічних речовин;
- рівень транслокації визначає рівень нагромадження токсикантів у продуктах харчування, впливає на їхню якість.

Оцінка небезпеки забруднення ґрунту населених пунктів визначається:

- епідеміологічною значимістю забрудненого хімічними речовинами ґрунту;
- роллю забрудненого ґрунту як джерела вторинного забруднення приземного шару атмосферного повітря і при його безпосередньому контакті з людиною;
- значимістю ступеня забруднення ґрунту в якості індикатора забруднення атмосферного повітря.

Санітарний стан ґрунтів оцінюється за чотирма напрямками [25]:

1. Санітарні фізико-хімічні дослідження (переважно для ґрунтових фільтратів), що включають визначення: відношення загального нітрогену до органічного, кислотності, біохімічного споживання кисню, окисненості, сухого залишку сульфатів і хлоридів і т.п.

2. Санітарні фізико-хімічні дослідження (переважно для ґрунтових фільтратів), що включають визначення: відношення загального нітрогену до органічного, кислотності, біохімічного споживання кисню, окисненості, сухого залишку сульфатів і хлоридів і т.п.

3. Санітарно-ентомологічні дослідження, які включають облік чисельності синантропних мух (ті, що знайшли біля житла людини особливо сприятливі для себе умови життя) у всіх фазах їхнього розвитку (дорослі, личинки, лялечки) у приміщеннях, на відкритому повітрі, у ґрунті і відходах.

4. Санітарно-гельмінтологічні дослідження з метою визначення числа яєць гельмінтів, що паразитують в органах людини, у місцях, часто відвідуваних населенням.

5. Санітарно – бактеріологічні дослідження – найбільш докладні і здійснювані за програмами повного, короткого і спеціального аналізів. При цих дослідженнях визначають, насамперед, присутність бактерій кишкової групи (наприклад, за допомогою колі-титру). Спеціальні аналізи проводять з метою виявлення представників дизентерійної і тифозної (паратифозної) груп.

1.6. Контроль фізичних параметрів та канцерогенних речовин в навколишньому середовищі

1.6.1. Радіометричні спостереження за станом навколишнього середовища

Радіологічний і радіаційний моніторинг, що в даному контексті практично одне і теж, стосується, як правило, косних – неживих об'єктів навколишнього середовища. Наприклад, в геології радіаційному моніторингу у першу чергу піддаються ґрунтові породи, окремі мінерали та хімічні елементи, поклади різних руд, нафти, газу та інші корисні копалини; у метеорології – повітря, атмосферні опади; у гідрології – поверхневі води, ґрунтові води, води морів та океанів.

При радіоекологічному моніторингу акцент робиться на стані живих організмів – рослин, тварин, людини та середовищі їх існування – атмосфері, ґрунті, воді. Безперечно, завдання цих типів моніторингу у значній мірі пересікаються і навіть можуть співпадати. Тому не дивно, що іноді їх плутають. І у цьому немає великої помилки [26]

Згідно Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), радіоекологічний моніторинг – це збір первинної інформації (вимірювання потужності поглиненої в повітрі дози, визначення вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, продуктах харчування, питній воді та ін.) з метою подальшого її використання для контролю радіаційно-гігієнічного та контролю дозиметричного.

Радіоекологічний моніторинг також передбачає визначення впливу іонізуючого випромінювання на біоту. Зазвичай чітко розділяють проведення

моніторингу в звичайних (нормальних) умовах і в аварійних (надзвичайних) ситуаціях.

Радіоекологічний моніторинг аварійний – це такий, що здійснюється з метою забезпечення інформацією, необхідною для прийняття рішення про втручання та визначення форми, масштабу і тривалості втручання.

Радіаційний моніторинг джерел – це моніторинг окремого джерела іонізуючого випромінювання (радіаційна установка певного призначення – медичного, технологічного та інші, радіаційно-ядерний об'єкт, джерело радіаційної небезпеки) або виду діяльності з такими джерелами. Згідно НРБУ97, джерело іонізуючого випромінювання (джерело випромінювання) – це об'єкт, що містить радіоактивну речовину, або технічний пристрій, який створює або в певних умовах здатний утворювати іонізуюче випромінювання.

Радіоекологічний моніторинг навколишнього середовища – це методологія і практика вимірювань, спостережень, збору, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації про радіаційний стан довкілля (потужностей зовнішньої дози від джерел випромінювання чи концентрацій радіонуклідів у екологічних середовищах), прогнозування його змін і розробки науковообґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень для запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог радіаційної безпеки. За роки після аварії на Чорнобильській АЕС утверджується розуміння визначної ролі такого моніторингу як елементу системи управління станом навколишнього середовища у випадку його техногенного забруднення.[2,3]

В останній час особливу актуальність набули питання оцінки ризику опромінення не тільки людини, але й інших організмів. Піднімається питання правомірності основної парадигми радіоекології, що базується на твердженні: “Якщо захищена людина, то захищені й інші біологічні об'єкти”. Тому основним завданням радіоекологічного моніторингу має бути радіаційний захист не лише людини, але й інших організмів – радіаційний захист довкілля.

Радіоекологічний моніторинг – це комплексна інформаційно-технічна система спостережень, досліджень, оцінювання й прогнозування радіаційного стану біосфери, територій поблизу АЕС та інших підприємств ядерного паливного циклу й об'єктів, потерпілих від ядерних та радіаційних інцидентів.

Радіоекологічний моніторинг є складовою загального екологічного моніторингу. Радіоекологічний моніторинг, який здійснюється у розвинутих країнах, є підсистемою екологічного моніторингу і передбачає спостереження за гамма-фоном та постійний радіологічний контроль небезпечних радіаційних об'єктів виробничо-господарської діяльності [27].

Можна виділити шість основних джерел радіоактивного забруднення навколишнього середовища:

1. Природні радіоактивні ізотопи радіоактивних і нерадіоактивних елементів, які супроводжують видобуток будь-яких корисних копалин з товщі земної кори.

2. Викиди термоелектростанцій, які містять природні радіоактивні ізотопи.

3. Підприємства ядерного паливного циклу, перші етапи якого (видобуток урану, збагачення енергоємного ізотопу, виготовлення твелів) є джерелами природних радіоактивних ізотопів, а наступні (робота атомних електростанцій, захоронення радіоактивних відходів та їх переробка) – джерелами штучних радіоактивних ізотопів.

4. Штучні радіоактивні ізотопи випробувань та використання ядерної зброї.

5. Побутові інциденти з радіоактивними, як правило, штучними джерелами іонізуючих випромінювань.

6. Аварії на підприємствах ядерного паливного циклу, які є, як правило, джерелом штучних радіоактивних ізотопів.

Головними завданнями радіоекологічного моніторингу є:

- спостереження та контроль за станом забрудненої радіонуклідами території, її окремих особливо небезпечних частин та розробка способів зниження небезпеки від забруднення;

- оцінка стану об'єктів природного середовища за параметрами, які характеризують радіоекологічну ситуацію як у зоні забруднення, так і за її межами;

- виявлення тенденцій у зміні стану радіоактивного забруднення навколишнього середовища у зв'язку з функціонуванням небезпечних у радіаційному плані об'єктів, а також при реалізації радіозахисних заходів, що проводяться на забруднених територіях;

- з'ясування можливих тенденцій до змін у стані здоров'я населення, яке проживає на забруднених радіонуклідами територіях;

- інформаційне забезпечення прогнозу радіоекологічної ситуації на забруднених радіонуклідами території та в країні загалом.

1.6.2. Вимірювання рівня шумового забруднення

Шум являє собою звукові коливання, інтенсивність і частота яких змінюються несподівано та аперіодично; звук, який заважає людині. Наприклад, звуки музики є приємними для музиканта, але водночас шумом за другим варіантом визначення для людей, що розмовляють, а також шумом за третім визначенням – для людини, яка хоче заснути [24, 28].

Шум може бути побутовим, виробничим, промисловим, транспортним, авіаційним. Шум виникає під час розваг, домашніх робіт, використання іграшок, включення тривожної сигналізації, збирання сміття, будівельних та ремонтних робіт, запуску автомобілів [3].

Розрізняють такі рівні шуму:

- слабкий (30 дБ) – шепотіння, тиха бібліотека;
- помірний (40–50 дБ) – помірний дощ, спокійна кімната;
- інтенсивний (60–80 дБ) – будильник, дорожній рух, пиросос;
- дуже інтенсивний (90–110 дБ) – газонокосарка, дріль, рок-музика, автострада, барабани;
- який викликає болісні відчуття (120–150 дБ) – відбійний молоток, пожежна сирена, реактивний двигун.

Шумове забруднення навколишнього середовища становить велику загрозу для здоров'я людини.

Протягом дня мешканці великих міст змушені терпіти шумові перевантаження на рівні 65–70 дБ і більше. Є прямий зв'язок між шумом та серцевими хворобами. У зонах великих аеропортів, де рівень шумів сягає 100 дБ, збільшився продаж снодійного, а діти у цих районах гірше засвоюють навчальний матеріал.

Для кількісної оцінки впливу шуму на слух використовують параметр, що характеризує зміну слухової чутливості – індукований шумом пороговий зсув, який визначається шляхом вимірювання порогу слухової чутливості до і після дії шуму. Цей зсув може бути тимчасовим або постійним – залежно від параметрів шуму (інтенсивності, тривалості, частотного складу). На здоров'я людини впливає шум невеликої інтенсивності, але три-валій; височастотний шум; імпульсний шум [19].

1.7. Контроль вмісту канцерогенних речовин у навколишньому середовищі

Канцерогенними для людини речовинами (факторами) є речовини (фактори), які зумовлюють утворення у людини злоякісних та доброякісних пухлин. Небезпека конкретних речовин чи факторів залежить від рівнів та тривалості дії на людину, а також наявності супутніх чинників, спроможних модифікувати ефект їх впливу.

У даний час відома значна кількість канцерогенних сполук органічної і неорганічної природи. До них відносяться ароматичні поліциклічні і гетероциклічні вуглеводні, ароматичні аміни, аміноазосполуки, нітрозаміни, арсен, нікель, хром, азбест і багато інших.

Найбільш часто в навколишньому середовищі людини зустрічаються канцерогенні поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ).

Повсюдний характер їхнього поширення обумовлений широким споживанням вугілля, нафти, газу, зростанням виробництва по термічній і каталітичній переробці горючих копалин, розвитком автомобільного транспорту й ін.

Група канцерогенних ПАВ включає ряд сполук: бенз(а)пірен, бенз(ghi)перілен, бенз(а)антрацен, дибенз(ah)антрацен, 1,2,4,5-дибензпірен, 3,4, 9,10-дибензпірен і ін. З них бенз(а)пірен є найбільш розповсюдженим забрудником атмосфери, води і ґрунту і в даний час вважається своєрідним індикатором вмісту канцерогенних ПАВ в навколишньому середовищі. Виявлення бенз(а)пірену свідчить також про присутність інших канцерогенних вуглеводнів цієї групи. У системі гігієнічних заходів щодо профілактики злоякісних новоутворень (ракових захворювань), індикація канцерогенних речовин у навколишньому середовищі здобуває важливе значення. Важливою умовою, що гарантує правильність проведення досліджень на канцерогенні вуглеводні, є чистота посуду і реактивів, використовуваних у ході аналізу [7,19, 29].

Канцерогенні вуглеводні – речовини, що володіють високими кумулятивними властивостями. Ефект впливу їх може виявитися через тривалі періоди часу (десятки років). У зв'язку з цим, для систематичного контролю за вмістом канцерогенних вуглеводнів в атмосферному повітрі необхідно досліджувати як середньодобові, так і середньорічні концентрації. Вивчення середньорічних концентрацій особливо важливе для визначення кількісного

зв'язку між забрудненням атмосферного повітря канцерогенними вуглеводнями і показниками захворюваності населення злоякісними новоутвореннями.

З метою дослідження дифузійного забруднення атмосферного повітря населених місць канцерогенними вуглеводнями, проводять стаціонарні спостереження. Кількість і розміщення стаціонарних пунктів визначається розмірами міста, його санітарною ситуацією, у тому числі кількістю, характером і розміщенням промислових, енергетичних, транспортних джерел, особливостей планування і забудови міста. При цьому важливо дотримуватися принципу репрезентативності вибраних стаціонарних пунктів як для характеристики окремих районів, так і населеного пункту в цілому. Так, в умовах малих і середніх міст рекомендується організувати 3- 4 стаціонарних пункти (у житлових районах центральної частини міста і на його периферії, поблизу промислових об'єктів, на автомагістралі, у парковій зоні). У великих містах кількість стаціонарних пунктів варто збільшити до 8-10 (у житлових районах з найбільш характерними типами планування і забудови, у районах, що примикають до промислових підприємств, на основних видах транспортних магістралей, у парковій зоні) [3,4].

З метою з'ясування динаміки зміни концентрацій канцерогену протягом року й обчислення середньорічних показників, необхідно проводити зазначені дослідження не менше 2 разів на тиждень на протязі року. Дослідження на транспортних магістралях міста можна виконувати 1 раз у сезон, але при цьому варто відбирати не менше 4 проб за добу по 2-4 год. кожна (з метою визначення добової динаміки зміни концентрації канцерогену в залежності від інтенсивності транспортного руху).

При вивченні ролі автотранспорту в забрудненні повітряного середовища канцерогенними вуглеводнями відбір проб проводять одночасно в найбільш характерних точках – біля автомагістралі, перед фасадом будинків, у глибині житлової забудови. Тривалість відбору кожної проби складає від 2 до 4 год. у залежності від інтенсивності забруднення. Відбір проб ведуть 4 рази за добу (у ранковий і вечірній «піки» транспортного руху, у денний і нічний час), паралельно реєструють інтенсивність транспортного потоку й основні метеорологічні фактори.

Седиментаційні методи вивчення канцерогенних вуглеводнів в атмосферному повітрі (пило-осадовий метод, метод снігових проб), що широко використовувалися раніше, у даний час мають обмежене застосування. Ці методи дозволяють одержати лише непрямі дані про забруднення повітряного басейну канцерогенними сполуками, оскільки крупнодисперсні фракції

атмосферного пилу, які піддаються процесу седиментації, практично не надходять в організм людини. Крім того, ці фракції адсорбують значно менші кількості бенз(а)пірену, ніж мілкодисперсні фракції пилу, який є в повітрі.

Пило-осадовий метод (на додаток до аспіраційного) доцільно використовувати при спостереженні за забрудненням повітряного басейну протягом тривалого періоду часу (наприклад, протягом року). Дані цього дослідження важливі також для визначення кількості канцерогенних вуглеводнів, що надходять з атмосферного повітря в ґрунт.

1.8. Біомоніторинг стану навколишнього середовища

Біотичний моніторинг – це контроль поточного стану біологічної складової (біоти) екосистем. Він передбачає реєстрацію відгуків біоти на антропогенні забруднення та аналіз сукупності впливів життєдіяльності одних організмів на життєдіяльність інших та на неживе середовище мешкання. Основними методами біотичного моніторингу є біоіндикація та біотестування.

Біоіндикація – використання організмів в яких морфологічна, гістологічна або клітинна структура, метаболічні та біохімічні процеси, поведінка та популяційна організація дають інформацію щодо якості навколишнього середовища.

Біоіндикатори – це біосистеми, фізіологічні функції яких так тісно корелюють з факторами навколишнього середовища, що можуть бути використані для оцінювання останніх. Багато організмів є чутливими до різних абіотичних та біотичних факторів середовища і можуть існувати лише в певних, часто дуже обмежених границях зміни цих факторів.

Спостереження за реакцією біоіндикаторів надаватиме інформацію про стан навколишнього середовища. [2,27].

Біологічні системи, які використовують як біоіндикатори:

- мікроорганізми;
- нижчі рослини;
- лишайники;
- гриби;
- багато вищих рослин;
- окремі види та суспільства тварин;
- клітинні та субклітинні компоненти організму.

Біомаркери – це організми, характеристики яких дозволяють діагностувати поточний стан навколишнього середовища. Багата флора лишайників свідчить про якісне повітря, тоді як відсутність лишайників указує на забруднення повітря SO₂.

Біологічний моніторинг з використанням водоростей демонструє свою придатність для визначення збільшення у водоймах концентрацій біогенних речовин (азоту, фосфору). Здатність водних організмів мешкати у воді, що містить різну кількість органічних речовин, називається сапробністю.

Характеристика ступеня забруднення водойми за видовим складом та масою гідробіонтів називається сапробністю водойми.

Полісапробні водойми: найбільш забруднені; інтенсивне забруднення стічними водами та іншими органічними речовинами, масовий розвиток бактерій, висока швидкість споживання кисню, високий рівень продукції аміаку та сірководню. Щодо живих організмів у полісапробних водоймах, то слід зазначити, що розвинені гетеротрофні організми, нитчасті бактерії (*Sphaerotilus*), сірчані бактерії (*Beggiatoa*, *Thiothris*), бактеріальні зооглеї (*Zoogloea ramigera*), найпростіші – інфузорії.

α-мезосапробні водойми: менш забруднені; інтенсивні окислювальні процеси, продукція сірководню відсутня, починається окиснення аміаку. Серед живих організмів у α-мезосапробних водоймах зустрічаються у масі сидячі інфузорії (*Carchesium*), коловертки (*Brachionus*), багато забарвлених та безбарвних джгутикових.

β-мезосапробні водойми: слабо забруднені; низьке споживання кисню, мінералізація органічних речовин, значна кількість продуктів мінералізації, наприклад, нітратів.

Живі організми у β-мезосапробних водоймах предсталені діатомовими водоростями *Melosira varians*, *Diatoma*, *Navicula*; зеленими *Cosmarium*, *Botrytis*, *Spirogyra crassa*, *Cladophora*; багатьма протококовими водоростями. Уперше зустрічається роголистник *Ceratophyllum demersum*. Багато кореніжок, сонцевиків, черв'яків, молюсків, личинок хирономід, з'являються моховатки. Зустрічаються ракоподібні та риби.

Олігосапробні водойми: найменш забруднені; процеси мінералізації закінчені, споживання кисню майже відсутнє. Серед живих організмів в олігосапробних водоймах можна зустріти водорості *Melosira italica*, *Draparnaldia glomerata* та *Draparnaldia plumosa*, коловертка *Notholka longispina*, рачки *Daphnia longispina* та *Bythotrephes longimanus*, личинки одnodенок, веснянок, риби стерлядь, гольян, форель.

Моніторинг стану тваринного світу впроваджено згідно з Законом України Про тваринний світ, Постановою КМУ від 15 листопада 1994 р. № 772 Про порядок ведення державного кадастру тваринного світу.

Моніторинг тваринного і рослинного світу є складовою частиною моніторингу навколишнього природного середовища. Для забезпечення охорони та організації раціонального використання тваринного світу ведуться державний облік тварин, облік обсягів їх добування, а також державний кадастр тваринного світу, який містить систематизовану сукупність відомостей про географічне розповсюдження видів тварин, їх чисельність і стан, характеристики середовища їх існування і сучасного господарського використання.

До повноважень уповноважених центральних органів виконавчої влади у галузі охорони, використання і відтворення тваринного світу належить: організація ведення моніторингу та державного кадастру тваринного світу.

До повноважень обласних державних адміністрацій у галузі охорони, використання і відтворення тваринного світу належить: забезпечення ведення моніторингу, державного кадастру та державного обліку об'єктів тваринного світу, які перебувають на їх території [3,4,30].

Обов'язки користувачів об'єктами тваринного світу:

- проводити первинний облік чисельності і використання диких тварин;
- вивчати їх стан та характеристики угідь, де перебувають об'єкти тваринного світу; – подавати цю інформацію органам, що здійснюють державний облік тварин та облік їх використання;
- ведення державного кадастру і моніторингу тваринного світу.

Ведення державного кадастру тваринного світу покладається на головні і базові наукові організації та установи. Державний кадастр тваринного світу видається один раз на п'ять років.

Державний облік і кадастр рослинного світу ведуться з метою:

- обліку кількісних та якісних характеристик природних рослинних ресурсів;
- обсягу, характеру та режиму їх використання;
- здійснення контролю за змінами в рослинному світі;
- забезпечення органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, власників та користувачів земельних ділянок, на яких знаходяться об'єкти рослинного світу, відомостями про стан рослинного світу.

Державний облік і кадастр рослинного світу містять:

- систему відомостей і документів про розподіл об'єктів рослинного світу між власниками і користувачами земельних ділянок;
- кількісні та якісні характеристики народногосподарської і наукової цінності рослинних ресурсів;
- поділ природних рослинних угруповань на категорії;
- економічну оцінку технічних, кормових, лікарських, харчових властивостей природних рослинних ресурсів.

Положення про систему моніторингу зелених насаджень у містах і селищах міського типу України затверджено Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 04.08.2008 р. № 240.

Система моніторингу зелених насаджень у містах і селищах міського типу України є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля. Це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан зелених насаджень, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки [30-33].

Вона спрямована:

- на підвищення рівня інформованості органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування про стан зелених насаджень;
- підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;
- підвищення ефективності заходів зі створення, відновлення та збереження зелених насаджень;
- сприяння розвитку зелених зон та збереженню зелених насаджень.

Завдання системи моніторингу зелених насаджень у містах:

- забезпечення довгострокових систематичних спостережень за станом зелених насаджень;
- створення банків даних екологічної інформації для їх багатоцільового колективного використання за допомогою єдиної комп'ютерної мережі, яка забезпечує автономне і спільне функціонування складових цієї системи та взаємозв'язок з іншими інформаційними системами;
- забезпечення аналізу стану зелених насаджень, прогнозування його змін, а також розвитку таких зелених насаджень;
- інформаційно-аналітична підтримка суб'єктами моніторингу прийняття рішень органами місцевого самоврядування і органами виконавчої влади у сфері утримання зелених насаджень міст та селищ міського типу України для

забезпечення охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;

- забезпечення інформаційного обслуговування органів державної влади, органів місцевого самоврядування, а також забезпечення інформацією щодо стану зелених насаджень населення країни і міжнародних організацій.

Принципи дії системи:

- узгодженості нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин;

- систематичності спостережень за станом зелених насаджень;

- своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання інформації щодо стану зелених насаджень, яка надходить і зберігається в системі моніторингу зелених насаджень;

- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної інформації щодо стану зелених насаджень та оперативності її доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення, міжнародних установ.

Об'єктами моніторингу є зелені насадження об'єктів благоустрою зеленого господарства загального користування, а саме:

- парків, парків культури та відпочинку, парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, гідропарків, лугопарків, лісопарків, буферних парків;

- районних садів, скверів, міських лісів;

- зон рекреації;

- охоронних та санітарно-захисних зон;

- зон особливого використання земель;

- прибережних захисних смуг;

- прибудинкових територій;

- вулиць і доріг, алей, бульварів.

Під час здійснення моніторингу визначаються:

- стан зелених насаджень;

- їх кількісні та якісні показники;

- ступінь пошкодження фітозахворюваннями.

Система моніторингу передбачає:

- ведення звітності;

- облік зелених насаджень;

- інвентаризація зелених насаджень;

- огляд зелених насаджень.

Звітність подається у порядку та за формою, затвердженими центральним органом виконавчої влади з питань житлово-комунального господарства та погодженими з центральним органом виконавчої влади з питань статистики.

Інвентаризацію зелених насаджень здійснюють підприємства, які мають на це право, а також балансоутримувачі об'єктів благоустрою, які мають технічні можливості, відповідних фахівців, раз на п'ять років з квітня до жовтня відповідно до Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України, затвердженої наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 24.12.2001 № 226.

За матеріалами інвентаризації складається паспорт об'єкта благоустрою, який підлягає плановому поновленню один раз за 5 років. Паспорт об'єкта затверджується балансоутримувачем, власником чи користувачем земельних ділянок, на яких розташовані зелені насадження, та підписується виконавцем робіт з інвентаризації. Копія паспорта передається у виконавчі органи міських та селищних рад для складання реєстру зелених насаджень.

Облік зелених насаджень проводиться на основі даних інвентаризації зелених насаджень об'єктів благоустрою зеленого господарства, матеріалів лісовпорядкування в приміських лісах і лісопарках.

Облік зелених насаджень передбачає ведення виконавчими органами міських та селищних рад реєстрів зелених насаджень. Зведений реєстр зелених насаджень ведеться на основі даних реєстру об'єктів благоустрою зеленого господарства.

Поновлення даних реєстрів проводиться:

- на об'єктах благоустрою державної чи комунальної власності - один раз за 2 роки;
- на інших територіях – один раз за 5 років.

Для поновлення даних реєстрів використовується інформація, подана балансоутримувачами об'єктів благоустрою зеленого господарства. З метою контролю за станом зелених насаджень міст та селищ міського типу балансоутримувач об'єкта благоустрою зеленого господарства здійснює їх загальні, часткові та позачергові огляди.

Загальні огляди проводяться двічі на рік – навесні та восени. Під час загального огляду обстежують усі елементи, а під час часткового – лише окремі елементи об'єктів благоустрою зеленого господарства. Позачергові огляди проводять після злив, ураганів, сильних вітрів, снігопадів, паводків тощо. Весняний огляд проводять з метою перевірки стану зелених насаджень та інших елементів об'єкта благоустрою зеленого господарства (газонів, 79 квітників,

доріжок, площадок). Під час огляду уточнюють обсяги робіт з поточного ремонту, садіння дерев та чагарників, багаторічних рослин, газонів.

За даними обстежень складають акт та перелік заходів, необхідних для підготовки об'єктів до експлуатації в літній період. Під час осіннього огляду перевіряється готовність об'єктів благоустрою зеленого господарства до зими і складається акт.

Моніторинг показників біологічного різноманіття через обмежене бюджетне фінансування здійснюється тільки за видами, які представляють промисловий інтерес (дерева, риба, дичина). Підприємства Держлісагентства проводять моніторинг лісової рослинності у 24 областях країни. [4,5]

Здійснюється оцінка біомаси, пошкодження її біотичними та абіотичними чинниками; мисливської фауни, біорізноманіття; радіологічні визначення. Деякі дослідження здійснюються через надання міжнародної допомоги, або в рамках міжнародних програм.

Спостереження за станом біоти здійснюється за низкою «ландшафт – екосистема (біогеоценоз) – популяція». Виміри показників і спостереження за визначеними чинниками здійснюються через системи (сітки) станцій, постів нагляду, пунктів спостережень, експедицій та відомчих лабораторій.

Стан лісової рослинності оцінюють за такими показниками:

- пошкодження біотичними і абіотичними чинниками;
- біомаса;
- біорізноманіття;
- радіологічні визначення;
- вміст речовин-забруднювачів.

Стан рослинного покриву оцінюють за:

- видовим складом;
- показниками розвитку;
- показниками ураження рослин екологічними чинниками, у тому числі внаслідок підтоплення, засолення, змін берегових ліній, переформування берегів поверхневих водостоків і водойм, морів та гідротехнічних споруд, впливу промисловості, сільськогосподарського виробництва, будівництва.

У межах міст і селищ міського типу додатково оцінюються:

- ступінь пошкодження шкідливими комахами;
- ступінь ураження фітопатогенними мікроорганізмами тощо.

Нагляд за фітосанітарним станом угідь і якістю сільськогосподарських рослин і продуктів з них здійснюється за:

- токсикологічними та радіологічними визначеннями;

– залишковими кількостями агрохімікатів і важких металів у тканинах рослин та продуктах рослинництва;

– даними стандартних фітопатологічних обстежень насаджень та угідь.

Для оцінки санітарно-епідеміологічного та зоотехнічного стану свійських тварин здійснюються радіологічні та токсикологічні спостереження за тваринами та контроль за вмістом шкідливих домішок у продуктах тваринництва.

Контролюються такі показники:

– вміст радіонуклідів у тканинах та продуктах тваринництва;

– залишкові кількості агрохімікатів і важких металів у тканинах тварин та продуктах тваринництва;

– дані стандартних токсикологічних обстежень;

– дані ветеринарних та епідеміологічних обстежень.

Стан диких тварин у мисливських господарствах та на заповідних територіях контролюється згідно з відомчою підпорядкованістю.

Реєструються показники:

– радіологічних обстежень;

– патологоветеринарних та епідеміологічних обстежень;

– токсиколого-тератологічних обстежень;

– видового складу тварин заповідної території;

– кількість, щільність, розподіл, народжуваність та смертність осіб та популяцій.

Міжнародна радіоекологічна лабораторія Чорнобильського центру атомної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології у Славутичі, здійснює моніторинг впливу радіації на біоту у зоні відчуження.

Питання для самоконтролю

1. Вимоги до методів та засобів екоаналітичного контролю?
2. Методи контролю стану навколишнього середовища?
3. Методи дослідження стану навколишнього середовища?
4. Якісний аналіз стану довкілля?
5. Кількісні методи оцінки стану довкілля?
6. Хімічні методи оцінки стану довкілля?
7. Фізико-хімічні методи оцінки стану довкілля?
8. Фізичні методи оцінки стану довкілля?
9. Хроматографічний аналіз для оцінки стану довкілля?
10. Дослідження стану атмосферного повітря?
11. Дослідження стану поверхневих вод?

12. Дослідження стану ґрунту?
13. Контроль за рівнем антропогенного впливу на ґрунтовий покрив.
Організація моніторингу?
14. Контроль фізичних параметрів та канцерогенних речовин в
навколишньому середовищі?
15. Радіометричні спостереження за станом навколишнього середовища?
16. Які види адсорбції існують?
17. Які види адсорбентів використовують в аналізі?
18. Які види хроматографії існують?
19. Наведіть вимоги до методів і засобів екоаналітичного контролю.
20. Поясніть різницю між якісними і кількісними методами аналізу.
21. Які є методи кількісного аналізу ?
22. В чому полягає суть хроматографічних методів аналізу?

Список використаних джерел до першого розділу

1. Приходько М.М. Моніторинг довкілля. Конспект лекцій. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 68 с.
2. Рома В.В., Степова О.В. Навчальний посібник для вивчення дисципліни «Моніторинг довкілля» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – 117 с.
3. Клименко М.О., Прищепя А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: Підручник. - К.: Академія, 2006. - 359 с.
4. Моніторинг довкілля: Підручник. – Том 2/ Запольський А.К., Войницький А.П., Пількевич І.А., Малярчук П.М., Багмет А.П., Парфенюк Г.І. – Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2012. - 360 с.
5. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навчальний посібник /В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар та ін. – К.: Вид-во Нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк» 2009. – 312 с.
6. Вольвач О. В. Агроекологічний моніторинг: Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2011. – 118с.
7. Набиванець Б.І. Аналітична хімія природного середовища: Підручник/ Б.І. Набиванець, В.В. Сухан, Л.В. Калабіна. - К.: Либідь, 1996. - 304 с.
8. Моніторинг довкілля: підручник/ Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін. За ред. В.М. Боголюбова і Т.А. Сафранова. – Херсон: Грінь Д.С., 2012. – 530 с.

9. Агроекологія: Навчальний посібник/ О.Ф.Смаглій, А.Т.Кардашов, П.В.Літвак та ін. - Київ: Вища освіта, 2006. - 671 с.
10. Техноекологія: навч. посібник/ Масікевич Ю.Г., Гринь Г.І., Солодкий В.Д. та ін. – Чернівці: Зелена Буковина, 2006. – 192 с.
11. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: підручник/ М.О.Клименко, І.І. Залеський. - Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2017 - 348 с.
12. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування [Монографія] / С.В.Дудник, М.Ю.Євтушенко. – К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с.
13. Ісаєнко В.М, Лисиченко Г.В., Дудар Т.В. [та ін.] Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навч. посібник. - К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. - 312 с.
14. Торонченко О.М. Навчальний посібник до практичних занять із дисципліни «Екологічна стандартизація, сертифікація та маркування» для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітнього першого (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх форм навчання/ О.М. Торонченко, В.В. Рома, Ю.О. Чухліб. – Полтава: ПолтНТУ, 2018. – 114 с.
15. Лапін В. М. Безпека життєдіяльності людини. Навч. посіб. – 6-те вид., перероб. і доп. – К.: Знання, 2007, – 332 с.
16. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник/ 2-ге вид., переробл. – К.: Знання, 2010. – 487 с.
17. Курганевич Л.П. Водний кадастр: Навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 116 с.
18. Основи радіобіології та радіоекології: Навч. посіб. 3-те видання. – К.: «Хай-Тек Прес», 2010. - 320 с.
19. Моніторинг якості повітря: Монографія/ О.І. Троянський, О.А. Дашковський; Держ. агроекол. ун-т. – Житомир: Волинь, 2004. – 160 с.
20. Посудін Ю. І. Моніторинг довкілля з основами метрології: підручник – К.: Світ, 2012. – 426 с.
21. Керівні нормативні документи (КНД 211.1.1.106 –2003) «Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів)»/ Білогуров В.П., Бакланова В.Ю., Діяконова С.О. – К.: Мінекоресурсів, 2003. – 70 с.
22. Олійник Я.Б. Загальне землезнавство: Підручник/ Я.Б. Олійник, Р.П. Федорищак, П.Г. Шищенко. – К: Знання-Прес, 2008. – 342 с.

23. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище: навч. посібник/ ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., МАСІКЕВИЧ Ю.Г., ГРИНЬ С.О. та ін. За ред. проф. Ю.Г. Масікевича та проф. В.Ф. Моїсєєва – Чернівці: Зелена Буковина, 2005. – 284 с.

24. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник/ [В.І. Лаврик, В.М. Боголюбов, Л.М. Полетаєва, С.М. Юрасов, В.Г. Ільїна] ; під. ред. В.І. Лаврика – К.: ВЦ Академія, 2010. – 400 с.

25. Грабовський В.А. Методи та засоби оцінки стану довкілля: навч. посібник/ В.А. Грабовський, Ю.В. Караван, В. Б. Козловський – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2005. – 324 с.

26. Радіоекологія: навч. посібник/ Горбунов В.В., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., ГРИНЬ Г.І. та ін. За ред. проф. Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО та проф. Ю.Г. Масікевича. – Чернівці: Зелена Буковина, 2003. – 200 с.

27. Ольхович О.П., Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. – Київ: Фітосоціоцентр, 2005. – 93 с.

28. Екологія міста: Учебник/ Под ред. Ф.В. Стольберга. – К.: Либра, 2000. – 464с.

29. Сегеда А. С. Аналітична хімія. Якісний аналіз/ А. С. Сегеда. – К.: ЦУЛ, 2002. – 524 с.

30. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В. Б. та ін.]; за ред. проф. В.М. Боголюбова. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. – Київ: НУБіПУ, 2018. – 435 с

31. Шмандій В.М., Клименко М.О., Голік Ю.С., Прищеп А.М., Бахарєв В.С., Харламова О. В. Екологічна безпека: Підручник/ В. М. Шмандій, М.О. Клименко, Ю.С. Голік, А.М. Прищеп, В.С. Бахарєв, О.В. Харламова. – Кременчук: КНУ, 2011. – 337 с.

31. Руденко С.С. Костишин С.С., Морозова Т.В. Загальна екологія. Практичний курс: Навчальний посібник у 2 ч. Частина 1. Урбоекосистеми. – Чернівці: Книги–ХХІ, 2008. – 342 с.

32. Бойчук Ю.Д., Солошенко Е.М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища: навч. посібник. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2007. – 316 с.

33. Васюкова Г.Т., Ярошева О.І. Екологія. Підручник. – К.: Кондор, 2009. – 524 с.

РОЗДІЛ 2. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Забезпечення відповідного рівня екологічної безпеки території і акваторій на основі сталого розвитку суспільства диктує новий підхід до управління технологіями захисту навколишнього середовища. Цей підхід спрямовано з одного боку на відновлення істотного порушення рівноваги в природі, а з іншого – на підвищення якості життя населення при обов'язковому виконанні вимог по забезпеченню безпеки людини та оточуючого її середовища.

В Законі України «Про національну безпеку України» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2018, № 31, ст.241) з змінами від 24.02.2023 зазначено про розробку документу довгострокового планування – Стратегію громадської безпеки та цивільного захисту України [1]. Даний документ розробляється на основі прийнятої Стратегії національної безпеки України, згідно Указу Президента України від 14 вересня 2020 року № 392/2020, де в п.28 зазначено, про погіршення середовища життєдіяльності, якості повітря, питної води, продуктів харчування, яке впливає на життя та здоров'я людей. «Триває нераціональне використання природних ресурсів, деградація лісів, водних басейнів, сільськогосподарських угідь. Неефективною є система поводження з побутовими і промисловими відходами. Можливості адаптації економіки, систем життєзабезпечення та цивільного захисту до зміни клімату є недостатніми» [2]. Даний розділ стосується питань методологічних засад екологічної безпеки України, аналізуються пріоритетні напрями державної політики, шляхи нейтралізації загроз екологічній безпеці України, наведено оцінки визначення екологічного ризику при забрудненні атмосферного повітря, приклади застосування матеріальних балансів методи визначення рівня екологічної безпеки на промисловому об'єкті та в технологічних процесах.

2.1. Основні поняття та визначення екологічної безпеки

В процесі господарської діяльності людини виникають порушення рівноваги в компонентах навколишнього середовища, які призводять до зниження асиміляційного потенціалу основних життєзабезпечуючих ресурсів та незворотніх змін в екосистемах. Реально або потенційно існуючу можливість негативного впливу на населення та оточуючого його середовища, яке може

призвести до змін рівноваги в його складових компонентах розглядається як категорія "небезпека".

Зазвичай, всі джерела небезпеки умовно класифікують на такі групи [3-6]:

✓ природні - потенційна можливість небезпечного впливу на людей з боку природного середовища; ця категорія обумовлена природними небезпечними явищами і катастрофами з негативним впливом на показники біорізноманіття в екосистемах, зміни фізико-хімічних характеристик ґрунту, водних ресурсів, атмосфери;

✓ техногенні - пов'язані із забрудненням довкілля, що викликане порушеннями, які пов'язані з накопиченням енергії та речовини у технічних системах, та впливають (або можуть вплинути) на населення, довкілля та об'єкти економіки);

✓ соціальні - обумовлені соціальними конфліктами, що можуть викликати соціальні потрясіння, а також небезпеки.

Внаслідок воєнних дій на території України окремо виділяють воєнну небезпеку, що впливає на всі показники навколишнього середовища, людину та об'єкти інфраструктури.

Небезпека об'єктивно властива всім процесам, що протікають з використанням енергії, речовини та інформації. При цьому, відповідно, виникає протиріччя між соціально-економічними потребами людей, діяльністю, за допомогою якої вони задовольняються, та потребами людей у безпеці. Рівновагу у системі "потреби - господарська діяльність - безпека" можна передбачити та усунути завдяки створенню заходів державного регулювання безпекою.

За масштабами соціального поширення виділяють: глобальний, транснаціональний, національний, регіональний та локальний (місцевий) рівні небезпеки.

В залежності від місця знаходження джерела небезпеки національну безпеку поділяють на внутрішню та зовнішню. Розглядають також безпеку суспільства в цілому та окремого індивіда (соціальна та індивідуальна безпека). Всі перераховані вище рівні безпеки тісно взаємопов'язані і взаємо підпорядковані.

Здатність забезпечення безпеки окремого індивідууму виступає головним критерієм при плануванні, розробці та впровадженні у господарську діяльність та технологічні процеси новітніх інноваційних технологій в умовах четвертої промислової революції, «зелених технологій» та технологій замкнутого циклу.

Екологічна безпека, як складова комплексної національної безпеки країни визначається таким станом навколишнього природного середовища, при якому

гарантована захищеність життєво важливих інтересів держави (особи, суспільства) від реальних чи потенційних загроз, що створюються природним або антропогенним впливом на навколишнє середовище. Але на сьогоднішній день існує думка дослідників, що екологічну безпеку слід розглядати не як одну із складових національної безпеки суспільства (економічної, технологічної, оборонної тощо). Ця думка ґрунтується, перш за все, на тому, що будь-який аспект національної безпеки втрачає свій сенс у разі непридатності довкілля для життя і діяльності людини [3].

Як головні складові екологічної безпеки при господарській діяльності розглядають природну та техногенну безпеки.

Відповідно, поняття "природна безпека" характеризує стан захищеності людини, населення та довкілля від потенційно небезпечних природних явищ або впливу їх наслідків. Техногенна безпека - відсутність дії, станів чи процесів в техносфері, які прямо чи опосередковано призводять до негативних змін (наслідків) у навколишньому середовищі, життєдіяльності населення та економіці. При оцінці та прогнозуванні техногенної безпеки на певній території або об'єкті враховують потенційну техногенну безпеку, що пов'язана із наявністю серед об'єктів техносфери таких, раптові порушення технічних та технологічних процесів на яких можуть стати причиною виникнення значних за масштабами аварій чи катастроф. До військових небезпек слід віднести також бойові дії на території держави.

В залежності від ймовірності виникнення небезпек будь-якого походження, відповідно розрізняють прийнятний та неприйнятний рівні безпеки. В першому випадку рівень прийнятності вказує на те, що у системі небезпека існує, проте рівень її знаходиться у допустимих, або прийнятних для суспільства межах. Неприйнятний рівень небезпеки, відповідно, коли цей рівень знаходиться у загрозовому становищі для населення, навколишнього природного середовища та економіки держави.

В даний час загальноприйнятою шкалою для кількісного вимірювання небезпеки є шкала, в якій за одиницю вимірювання використовуються одиниці ризику. При цьому у найбільш загальному значенні, під ризиком розуміють векторну (багатокомпонентну) величину, виміряну та/або розраховану за допомогою або статистичних даних як імовірнісну величину [4,5].

2.2. Сучасна система управління екологічною безпекою в Україні

Управління екологічною безпекою включає в себе цілі, задачі та механізми забезпечення безпеки території та населення, яке проживає на цих територіях, а також підвищення захищеності важливих і потенційно безпечних об'єктів від загроз техногенного та природного характеру.

Критично важливими вважаються об'єкти, порушення або припинення функціонування яких призводить до втрати управління економікою країни в цілому, регіону; незворотнім негативним змінам та порушенням; суттєвим зниженням на тривалий період рівня цивільної безпеки населення, що проживає на даних територіях. Такі об'єкти відносяться до потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) або потенційно небезпечних підприємств (ПНП). До цієї категорії відносяться об'єкти, на яких використовуються, виробляються, переробляються, зберігаються або транспортуються радіоактивні, пожежонебезпечні та вибухонебезпечні, загрозливі хімічні та біологічні речовини, а також гідротехнічні об'єкти, які створюють реальну загрозу виникнення джерела надзвичайної ситуації [6,7].

Система державного управління екологічною безпекою повинна забезпечувати задовільний стан довкілля у звичайному режимі та його ефективний моніторинг, іншими словами, з одного боку - попередження негативного впливу на довкілля господарської діяльності, а з другого - стеження за негативними тенденціями природних та техногенних змін довкілля і розвитком екологічних ситуацій.

Зважаючи на різні рівні негативних змін довкілля та екологічних катастроф система державного управління екологічною безпекою повинна бути збалансованою та мати такі основні складові частини:

- ✓ регулювання природокористуванням і охороною довкілля включає нормативно-правове регулювання господарської діяльності, ліцензії, дозволи, ліміти, квоти, економічні інструменти в вигляді ресурсних платежів, податків, штрафів, субсидій тощо;

- ✓ контроль за використанням природних ресурсів та додержанням екологічних вимог, нормативів і стандартів (моніторинг стану довкілля і прогноз розвитку його негативних змін; прогнозування, попередження та упередження надзвичайних екологічних ситуацій та катастроф; екологічна реабілітація ушкоджених територій).

Головним механізмом взаємозв'язку цих складових частин є економічний - через платежі за користування природними ресурсами, імпорتنі і експортні (митні) стягнення, штрафи, систему екологічного страхування вони мають формувати необхідні статті держбюджету, місцевих бюджетів, позабюджетні та і страхові екологічні фонди для цільового надходження коштів на заходи і програми щодо попередження надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф та реабілітації довкілля.

Організація системи екологічної безпеки в умовах кризового, катастрофічного і післякатастрофічного стану довкілля представлена на рис 2.1.



Рис.2.1 Загальна схема організації управління екологічної безпеки в умовах надзвичайного стану довкілля [8].

Система державного управління у сфері використання природних ресурсів і охорони довкілля та попередження надзвичайних екологічних ситуацій та катастроф природного та техногенного характеру в звичайних умовах має діяти на принципах комплексності та збалансованості, самоокупності, адекватності екологічних вимог та зосередженні зусиль на призупиненні розвитку негативних змін довкілля . Адекватність екологічних вимог полягає у диференційованому підході до підприємств, в залежності від виду їх діяльності та потенційної небезпеки, а саме їх сертифікації за ступенем техногенно-екологічної безпеки. Обов'язковою умовою при оцінці рентабельності підприємств або тих чи інших видів діяльності - врахування витрат на реалізацію природоохоронних заходів у

структурі виробничих технологій, що включають і екологічну реабілітацію території до повного, по можливості, відновлення попереднього стану довкілля. Якщо окреме підприємство неспроможне фінансово і фактично забезпечити природоохоронні заходи на екологічну реабілітацію, його права на отримання ліцензії на користування природними ресурсами або на екологічно небезпечний вид виробництва повинні призначатися в залежності від терміну можливого покращення екологічних показників діяльності відповідно вітчизняних та міжнародних стандартів.

Система державного управління в сфері екологічної безпеки встановлює правила і межі екологічно-раціонального та екологічно - безпечного використання природних ресурсів; а також вимог до різних видів діяльності (господарської, побутової, наукової, військової, рекреаційної, суспільної та інших).

Запобігання надзвичайним ситуаціям, означає аналіз і прогноз екологічних ризиків на результатах стратегічної екологічної оцінки, державної екологічної експертизи, державного моніторингу.

На даний час, закони і нормативні акти, які існують в Україні, в цілому забезпечують механізми державного управління в цій сфері, але потребують суттєвого удосконалення на шляху інтеграції з Європейським Союзом.

В Законі України «Про основні засади державної екологічної політики України на період до 2030 року» зазначено ряд першопричин екологічних проблем в Україні і крім цього зазначено що «у сфері безпеки і оборони має бути вирішене питання доступу до об'єктів військово-оборонного промислового комплексу для здійснення відповідного нагляду та контролю за дотриманням на цих об'єктах природоохоронного законодавства, запобігання забрудненню поверхневих та ґрунтових вод нафтопродуктами, знищенню природних ландшафтів тощо» з метою мінімізації наслідків діяльності на цих об'єктах. Передбачається, що ці заходи будуть сприяти реформам у сфері безпеки і оборони та впровадженню стандартів НАТО. Крім зазначеного, в Законі наголошено необхідність запровадження міжнародних стандартів систем екологічного управління на підприємствах і в компаніях з метою сприяння розвитку системи управління навколишнім природним середовищем в Україні та реалізацію міжнародних природоохоронних ініціатив [9]. Впровадження інтегрованого екологічного управління, обов'язкове врахування екологічної складової під час розроблення і затвердження документів державного планування та у процесі господарської діяльності, екологічної модернізації промислових підприємств, поліпшення екологічних характеристик продукції -

шлях до сучасної системної екологічної політики, що реалізується у країнах Європейського Союзу».

Реалізація Основних засад (стратегії) державної екологічної політики дасть змогу удосконалити систему управління екологічною безпекою в усіх сферах національної економіки та сприятиме запобіганню надзвичайних ситуацій техногенного та екологічного характеру.

Ліцензійні механізми (надання ліцензій, дозволів, лімітів, квот) - відносяться до виду регулювання, як засіб забезпечення раціонального і екологічно-небезпечного видів діяльності.

Економічні механізми в сфері екологічної безпеки - це економічне стимулювання екологічних систем господарювання (використання "чистих технологій" та окремих технологічних процесів, невиснажливе використання природних ресурсів і т. ін.

Реформування економічного механізму природокористування і управління екологічною безпекою у післявоєнний період відбудови країни має здійснюватися у напрямку запровадження нових ринково-орієнтованих економічних інструментів і розширення на цій основі екоресурсного оподаткування, коригування діючої системи економічного регулювання на основі інтеграції до системи ЕС:

До видів контролю у загальній системі державного управління в сфері екологічної безпеки відносяться: оперативний контроль, моніторинг стану довкілля і природних ресурсів, державна екологічна експертиза і екологічний аудит.

Метою оперативного контролю у цій сфері є забезпечення додержання суб'єктами господарської діяльності вимог природоохоронного законодавства, нормативів та стандартів, встановлених правил екологічної безпеки та користування природними ресурсами. Це адміністративний засіб, ефективність якого базується на засадах централізованості функцій та повному врахуванні екологічних вимог в технологіях виробництва і господарської діяльності з метою досягнення гранично-припустимих змін екологічного стану довкілля.

Оцінка впливу на довкілля і екологічна експертиза контролюють відповідність проектів (на всіх етапах життєвого циклу виробництва) та державних і галузевих програм вимогам екологічної безпеки.

Наразі в країні згідно Постанови КМУ "Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру" від 03.08.1998р. №1198 створена Єдина державна система

запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру. Основними задачами створення такої системи є [10,11]:

- забезпечення готовності міністерств та інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

- забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;

- навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;

- виконання державних цільових програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;

- опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;

- прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;

- створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

- оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;

- захист населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

- проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;

- пом'якшення можливих наслідків надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;

- здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення;

- реалізація визначених законом прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;

- інші завдання, визначені законом.

В звичайному режимі система веде моніторинг за станом надзвичайних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки територій, розробляються цільові і

науково-технічні програми, готують персонал, дають прогноз і оцінку виникнення надзвичайних ситуацій дається оцінка загроз виникнення надзвичайних ситуацій і їх можливих наслідків, рівня екологічної небезпеки. В режимі діяльності в надзвичайних ситуаціях система працює згідно положень Закону "Про надзвичайний стан".

На рівні управління окремим підприємством багатогранність екологічних впливів враховується системою міжнародних стандартів ISO 14001«Системи екологічного управління» і національних стандартів ДСТУ ISO 14001 на всіх етапах життєвого циклу продукції. Така стандартизація забезпечує даному підприємству достатній рівень екологічної безпеки відповідно законам сталого розвитку.

2.3. Загальні вимоги до розвитку і розміщення потенційно небезпечних виробництв (ПНВ) з урахуванням ризику надзвичайних ситуацій

Зростання масштабів народногосподарської діяльності і кількості великих промислових комплексів, концентрація на них агрегатів і установок великої і надвеликої потужності, використання у виробництві потенційно небезпечних речовин у великих кількостях – все це збільшує вірогідність виникнення техногенних небезпечних ситуацій [6,8,12,13].

Потенційно небезпечні виробництва (ПНВ) – це виробництва, відносно раптове порушення технологічних систем яких супроводжується особливо негативними наслідками через вплив на середовище, людину та народногосподарські об'єкти

Будь яке джерело потенційної шкоди на промисловому підприємстві класифікується як потенційно небезпечний об'єкт.

До потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО) відносяться:

- а) хімічно небезпечні об'єкти (ХНО);
- б) вибухо- і пожежонебезпечні об'єкти (ВПНО);
- в) радіаційно небезпечні об'єкти (РНО);
- г) гідродинамічно небезпечні об'єкти (ГДНО).

ХНО – це об'єкти народного господарства при аваріях або зруйнуванні яких можуть статися техногенні небезпеки з масовим ураженням людей і НС сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР).

У відповідності з міжнародним реєстром, у світі використовується, в т.ч. і в побутових потребах і в сільському господарстві близько 6 млн. токсичних речовин, причому 60 тис. з них виробляються у великих кількостях і в т.ч. більше 500 речовин, які відносяться до СДОР – найбільш небезпечних для людей.

До хімічно небезпечних об'єктів (ХНО) відносяться: заводи і комбінати хімічних галузей промисловості, а також окремі установки і агрегати, які виробляють, або використовують СДОР; заводи (або їх комплекси) по переробці нафтопродуктів; виробництва інших галузей промисловості, які використовують СДОР; підприємства, які мають на оснащенні холодильні установки, водонапірні станції і очисні споруди, які використовують хлор або аміак; залізничні станції і порти, де концентрується продукція хімічних виробництв, термінали і склади на кінцевих пунктах переміщення СДОР; транспортні засоби, контейнери і наливні поїзди, автоцистерни, річкові і морські танкери, що перевозять хімічні продукти; склади і бази на яких знаходяться запаси речовин для дезінфекції; склади і бази із запасами ядохімікатів для сільського господарства.

Сильнодіючі отруйні речовини – це такі хімічні речовини або сполуки, які при певній кількості, що перевищує ГДК (щільності зараження), проявляють шкідливу дію на людей, тварин, рослин і викликають у них ураження різного ступеня важкості.

За ступенем дії на організм людини, СДОР поділяють на 4 класи небезпеки: надзвичайно небезпечні; високо небезпечні; помірно небезпечні; речовини мало небезпечні.

Для кількісної характеристики токсичних властивостей конкретних СДОР при їх дії через органи дихання людини застосовують токсодози.

Розрізняють такі токсодози:

1. Гранично-допустима – така токсодоза (така концентрація) при якій симптоми отруєння ще не настають.
2. Середня порогова – доза, яка викликає початкові симптоми (ознаки) ураження парами СДОР у 50% уражених.
3. Середня виводячи зі строю – доза, яка призводить до виходу зі строю 50 % уражених.
4. Середня смертельна – така токсодоза, що призводить до загибелі 505 людей або тварин (при 2-4 год. інгаляційної дії).

У зв'язку з тим, що токсодоза являє собою добуток концентрації парів на час дії парів на організм, основним параметром по якому практично оцінюють ступінь зараження приземного шару атмосфери СДОР є їх концентрація парів у повітрі. Концентрацію можна інструментально виміряти у зараженій зоні.

При виробничій аварії на ХНО з викидом СДОР виникає заражена хмара (первинна) склад якої залежить як від властивостей СДОР, так і від їх кількості і способу викиду.

Випаровування ділянок розливу СДОР (при аваріях на трубопроводах і ємностях) з хімічно небезпечною рідиною утворює вторинну хмару, концентрація всередині якої в декілька разів менша ніж в первинній.

Головним уражаючим фактором при аваріях на ХНО є хімічне знезараження приземного шару атмосфери, яке призводить до виникнення зон хімічного зараження (ЗХЗ). Критерієм зарахування об'єкту народного господарства до того або іншого ступеня хімічної небезпеки – кількість населення, яке може потрапити в ЗХЗ внаслідок аварії із СДОР на цьому об'єкті.

Крім того, можливе хімічне зараження джерел водопостачання, продуктів харчування, поверхонь різноманітних споруд, а також вибухи і пожежі.

Розміри ЗХЗ залежать від кількості СДОР, які потрапили до атмосфери, їх токсичності, а також реальних метеоумов в момент аварії.

До радіаційно небезпечних об'єктів (РНО) відносять: атомні електростанції (АЕС); підприємства по виготовленню ядерного палива, по переробці відпрацьованого ядерного палива і захоронення радіоактивних відходів; науково-дослідні та проектні організації, які працюють з ядерними реакторами; ядерні енергетичні установки на об'єктах транспорту і ін.

Виробництво, транспортування, зберігання і використання радіоактивних речовин (РР) чітко регламентується спеціальними правилами технології, техніки безпеки і контролю за їх застосуванням. Однак при аваріях на атомних реакторах можуть бути пошкоджені або зруйновані елементи конструкцій, може виникнути пожежа, викид радіонуклідів в навколишнє середовище, а також опромінювання людей гамма нейтронним потоком і надходження радіоактивного пилу до органів дихання і травлення, забруднення ними шкіри і слизових оболонок .

Одиницею вимірювання радіоактивного забруднення є кюрі на 1 м^2 ($\text{Ки}/\text{м}^2$) або беккерель на 1 м^2 ($\text{Бк}/\text{м}^2$). При чому 1 беккерель дорівнює 1 розпаду ядра атома за 1 сек; 1 кюрі – $3,7 \cdot 10^{10}$ розпадів за 1 сек.

Характер і масштаби радіоактивного забруднення при аваріях на АЕС залежать від типу реактора, ступеню його руйнування, метеоумов, рельєфу місцевості і, головним чином, від характеру вибуху (тепловий чи ядерний) [8]. Тут можливі два варіанти аварії. Перший (типу ЧАЕС), коли відбуваються тепловий вибух із зруйнуванням атомного реактора. І другий, коли вибух відбувається внаслідок вибухової ядерної реакції. В цьому випадку зараження навколишнього середовища буде таким, як при наземному ядерному вибуху. При

аварії на АЕС з тепловим вибухом і зруйнуванням реактора відбувається вихід радіонуклідів у атмосферу, гідросферу і літосферу, що обумовлює радіаційне забруднення навколишнього середовища і опромінювання працюючого персоналу і населення. При тепловому вибуху на місцевості виникає зона радіаційного забруднення зі значними рівнями радіації. В ній можна виділити зону відчуження, зону обумовленого відселення, зону гарантованого відселення і зону радіологічного контролю.

Зона відчуження – це територія з якої проводиться евакуація населення негайно після аварії і на якій не здійснюється ніяка господарська діяльність.

Зона безумовного (або обов'язкового) відселення – це територія навколо АЕС, на якій щільність забруднення ґрунту довго живучими елементами цезію (поверхнева доаварійного рівня) дорівнює $15,0 \text{ Кі/км}^2$ і більше, або стронцію $3,0 \text{ Кі/км}^2$ і більше, плутонію $0,1 \text{ Кі/км}^2$ і більше, де розрахована ефективна доза опромінення населення з урахуванням коефіцієнта міграції радіонуклідів у рослини перебільшує 0,5 бер в рік (поверхнева доза, яка одержувалась в доаварійний період).

Зона гарантованого-добровільного відселення – це територія на якій щільність забруднення ґрунту радіонуклідами цезію від 5 до 15 Кі/км^2 , або стронцію $0,15\text{-}3,0 \text{ Кі/км}^2$, або плутонію $0,01\text{-}0,1 \text{ Кі/км}^2$ де ефективна доза опромінення з урахуванням коефіцієнта міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перебільшити 0,5 бер в рік.

Зона підвищеного радіоекологічного контролю – територія зі щільністю забруднення ґрунту радіонуклідами цезію від $1,0$ до 5 Кі/км^2 , або стронцію від $0,02$ до $0,5 \text{ Кі/км}^2$, або плутонію $0,005\text{-}0,01 \text{ Кі/км}^2$, де ефективна доза опромінювання населення з урахуванням міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити 0,5 бер в рік.

Другий варіант - аварія з повним зруйнуванням реактора і його ядерним вибухом може мати місце внаслідок стихійного лиха, падіння літаючого апарату на АЕС, дії вибуху звичайних або ядерних боєприпасів у воєнний час або диверсії. При цьому виділяють такі зони: зона надзвичайно небезпечного забруднення (зона Г), небезпечного забруднення (В), сильного забруднення (Б), помірного забруднення (А) і зону радіаційної небезпеки (М).

При вибуховій, вибухо-пожежній і пожежній небезпеці всі ВПНО діляться на категорії згідно ДБН В 1.1-7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Гідродинамічні небезпеки (ГДНО) – до потенційно техногенно небезпечних гідродинамічних споруд належать: природні греблі і гідродинамічні

спороди напірного фронту. Зруйнування гребель та ін. ГДНО може статися як внаслідок природних сил (землетруси, обвали, зсуви і т. ін.), так і переливу води через гребінь внаслідок великих повеней або при втраті ними стійкості, конструктивних дефектах, так і внаслідок воєнних дій на території України. При цьому виникає зона можливого катастрофічного затоплення (ЗКЗ).

Ділянка надзвичайно небезпечного затоплення – початкова ділянка зони катастрофічного затоплення, через яку протягом однієї години з моменту її утворення пройде хвиля прориву.

Військові дії на території України призвели до серйозних техногенних загроз та виникнення надзвичайних ситуацій, що пов'язані із пошкодженням об'єктів, загрозою для життя і здоров'я населення. В умовах відсутності контролю та можливостей ліквідації їх негативних наслідків, потенційно збільшуються масштаби негативного впливу і рівень екологічної безпеки територій і акваторій. Основні ризики для населення та довкілля, які можуть виникати від руйнування інфраструктури гідроенергетики України, в тому числі внаслідок воєнних дій та терористичних атак оприлюднила громадська організація «Національна екологічна рада України» [17].

При визначенні перспектив розміщення виробництв в окремих регіонах країни при післявоєнній її відбудові, необхідно враховувати ступінь насичення території ПНО, концентрацію їх в містах та населених пунктах, характер і величину техногенно-екологічної небезпеки даної території. При проектуванні нових виробництв необхідно розташовувати їх на таких відстанях, які виключають ініціювання аварій на сусідніх ПНО, визначення на проектній стадії оптимальних розмірів і виробничих потужностей підприємств, технологічних ліній і окремих установок.

Наразі існують загальні та конкретні вимоги до розвитку і розміщення потенційно небезпечних виробництв і об'єктів на стадії проектування та складанні стратегічних планів розвитку окремих регіонів [6,8,12].

Загальні вимоги розглядаються на попередніх етапах проектування, визначення економічної політики регіону (області). Конкретні вимоги - на подальших етапах проектування, розвитку і розміщення ПНВ; та враховують вимоги, що наводяться у будівельних нормах і правилах, інших регламентуючих документах.

До загальних вимог відносяться:

- заборона подальшого розвитку ПНВ у місцях з високою щільністю населення, агломераціях понад 500 тис. чол.;

- обов'язкове врахування при розміщенні і розвитку ПНВ у кожному регіоні властивих йому несприятливих природних процесів (землетрусів, селей, катастрофічних затоплень, ураганів);
- взаємо врахування суміжних об'єктів атомної енергетики (АЕС, АТЕЦ тощо) - що є особливо небезпечним класом ПНВ;
- при розміщенні нових об'єктів ПНВ у регіоні повинні враховуватись альтернативні варіанти розвитку цих виробництв, наявність сучасних технологій, що є менш безпечним і ведуть до зниження ризику в регіоні.
- Конкретні вимоги: враховують аспекти регіонального розвитку і розміщення ПНВ і складаються по кожному класу ПНВ.
 - а) розвиток об'єктів атомної енергетики в регіоні вимагає:
 - щільність населення, що проживає у зоні радіусом 25 км навколо АЕС (включаючи будівельників і експлуататорів атомної станції), на увесь період до закінчення експлуатації станції не повинна перевищити 100 чол. на 1 км². При цьому повинні бути передбачені шляхова сітка та транспортні засоби, що дозволяють забезпечити на випадок потреби евакуацію населення з вказаної зони протягом 4 годин.;
 - у випадку розміщення АЕС у прибережній смузі водних об'єктів загального користування, відстань від берегової лінії цих об'єктів до АЕС не повинна бути менше 1 км.;
 - заборону використання наливних водоймищ-охолоджувачів атомних станцій для водопостачання об'єктів, що не мають відношення до АЕС;
 - передбачити створення систем автоматизованого контролю за радіаційним станом території АЕС та в зоні нагляду цих станцій.
 - б) вимоги до розвитку і розміщення об'єктів гідродинамічної небезпеки:
 - при проектуванні і будівництві гідровузлів (об'єктів гідродинамічної небезпеки) у каскаді повинні бути передбачені заходи, що забезпечують стійкість споруд напірного фронту при проходженні хвилі у разі прориву розташованих вище гідровузлів, а також умов пропуску цієї хвилі через фронт споруд з урахуванням попередньої форсованої виробки водосховищ;
 - створ напірного фронту гідровузла повинен вибиратися з урахуванням мінімально можливих руйнувань і збитків у нижньому б'єфі від проривної хвилі у разі її зруйнування;
 - на існуючих проектованих гідровузлах повинні бути прилади, що забезпечують видачу сигналів про катастрофічне підтоплення рівня води в їх нижніх б'єфах, у разі прориву споруд напірного фронту, на відповідні пункти

керування для подальшої їх передачі у систему оповіщення про небезпеку затоплення.

- Конкретні вимоги до розвитку і розміщення об'єктів з СДОР, вибухота пожежонебезпечними речовинами.
- розміщення нових об'єктів у регіонах з високим рівнем концентрації потенційно небезпечних виробництв слід проводити при жорстких нормативах (ризик від цих об'єктів не повинен перевищувати ймовірність надзвичайної ситуації 10^{-8} у рік);
- розвиток та розміщення об'єктів даного класу слід вести з урахуванням зменшення ризику у разі надзвичайної ситуації (використання запірних та відключаючих пристроїв на магістралях та технологічних трубопроводах; розробка та впровадження засобів нейтралізації та знешкодження СДОР, ПНВ при їх розливах на підприємствах, впровадження заходів, які включають витік та розлив рідких агресивних речовин тощо);
- склади для збереження цих речовин не повинні мати у зонах можливого хімічного зараження (руйнувань) населення і промислових підприємств;
- ці ж склади розташовані біля річок на відстані 200 м і більше від максимального рівня зрізу води; повинні розміщуватися нижче (по течії річок) міських і сільських поселень, причалів, річкових вокзалів, стоянки флоку, гідроелектростанцій і технічних споруд, залізничних мостів і водопровідних станцій на віддалі не менше 100 м.

2.4. Вплив технологій на забруднення атмосферного повітря і здоров'я населення в умовах глобальних кліматичних змін.

Історія усвідомлення антропогенного впливу на фізичні, хімічні і термодинамічні властивості атмосфери почалась з виникненням і розвитком промислової революції (Англія 1800-ті роки.). В 1992 році Світовий банк опублікував схематичне уявлення про вплив факторів забруднення повітря, як функції часу у вигляді логарифмічної шкали збільшення валового національного продукту на душу населення (World Bank. World development report. Development and the environment. Oxford, UK Cambridge univ. Press 1992) [18].

Завдяки природоохоронному світовому законодавству, розвитку національних економік, на сьогодні актуальності набувають значення небезпеки С, що впливають на розвиток глобальних екологічних проблем. Ситуація в світі з глобальним масштабом антропогенного впливу на природу спонукає до аналізу

розмірів «екологічних відбитків» і пошуку таких технологій, при яких площа даних відбитків не буде перевищувати екологічну здатність до відновлення природних ресурсів. В усьому світі стала очевидною взаємозалежність між діяльністю соціально-економічних та екологічних систем суспільства.

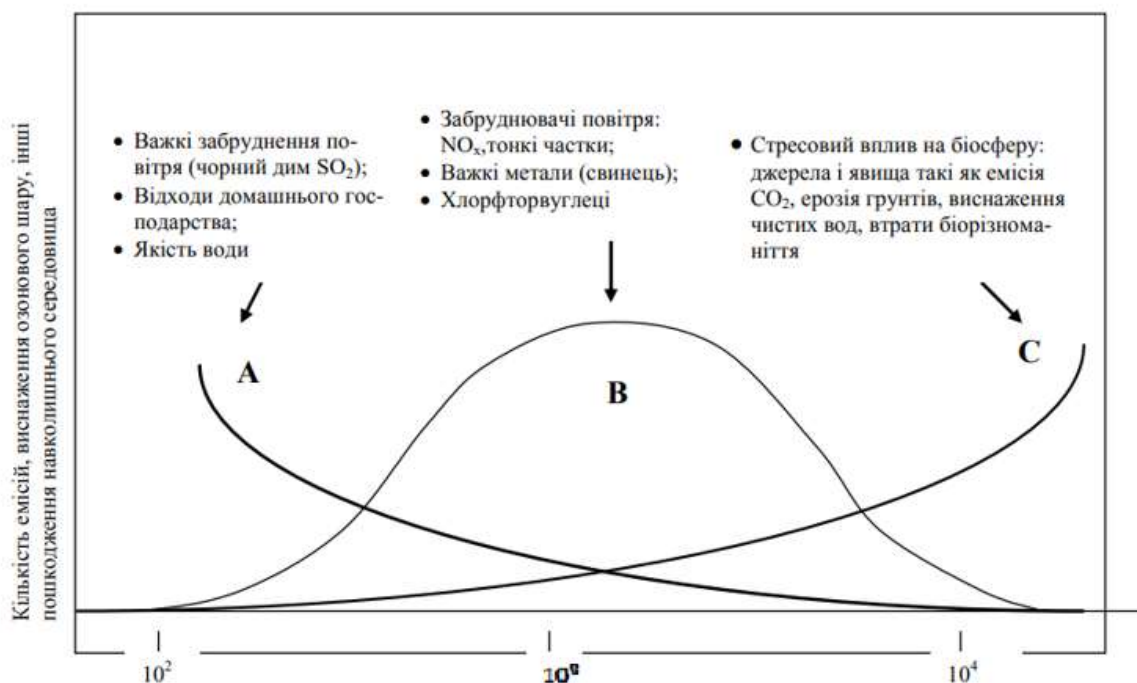


Рис.2.2. Три категорії небезпек впливу на атмосферу: А - ранні роки індустриальної революції в Європі; В-індустріальний розвиток в межах національних територій; С- категорія небезпек станом на кінець XX століття [18].

У 1990 році Програма Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища (ЮНЕП) запровадила термін «більш чисте виробництво» (англійською «Cleaner Production»), який тлумачиться як «постійне/безперервне застосування інтегрованої екологічної стратегії до процесів, продуктів та послуг з метою підвищення ефективності виробничих процесів і, водночас, зменшення ризиків для людини і довкілля». Міжнародні організації докладають чимало зусиль, для сприяння переходу економік країн до використання сталих промислових систем та «зеленої промисловості» відповідно до концепції ресурсоефективного та більш чистого виробництва. Впровадження «зеленої промисловості» вимагає залучення приватних «зелених» інвестицій у екологічно відповідальні проекти.

Новий рівень впливу міжнародних організацій на обмеження викидів в атмосферу здійснюється на основі європейського законодавчого регулювання. Серед актів – директиви ЄС (JPPC Directive on Air Pollution from Industrial Plants, Large Combustion Plants Directive, Directive on the control of major accident hazards

involve dangerous substances) і система Європейських стандартів ISO за управління навколишнім середовищем. В Україні екологічна безпека атмосферного повітря регламентована законом України «Про охорону атмосферного повітря», серією стандартів ДСТУ ISO 14000 з екологічного керування, санітарними нормами МОЗ України, наказами Мінприроди щодо технологічних нормативів викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Стандарт ДСТУ ISO 14040:2004 «Оцінювання життєвого циклу» передбачає об'єднування в систему та оцінювання входів, виходів та потенційних екологічних впливів продукту протягом його життєвого циклу від придбання сировини до остаточного видалення. Скиди і викиди протягом життєвого циклу на різних фазах аналізу надається певний індекс впливу на категорії навколишнього середовища, що мають глобальний характер. Такі категорії – це глобальне потепління, евтрофікація водних об'єктів, кислотність навколишнього середовища, витончення озонового шару, формування фотооксидантів, збільшення токсичності навколишнього середовища та ін. Значення індексів для різних речовин емісій та її віднесення до певних категорій сьогодні пропонуються в Швеції (Swedish Environmental Research Institute - IVL) та представлені в таблицях 2.1 і 2.2 [20]. Даний аналіз потребує додаткової оцінки щодо малих концентрацій і «нібито малих» кількостей емісій. Для цього необхідний коректний перехід від відносних (по CO₂) індексів (зміна значень від 1,0 для CO₂ до 708,58 для загального фосфору, а інші значення, наприклад 91,38 для SO₂ і 100,38 для NO) до абсолютних [19,20].

Зв'язок між речовинними забрудненнями атмосфери і їх впливом на здоров'я людини на сьогодні підтверджено зв'язком між даними моніторингових спостережень запиленого забруднення повітря міського середовища та поширенням захворюваності. Узгоджені з органами охорони здоров'я методики дозволили протягом тривалого періоду накопичувати результати досліджень токсичного, канцерогенного, мутагенного та тератогенного впливів по речовинам які нормовані гранично-допустимими концентраціями.

Таблиця 2.1. Значення потенціалу глобального потепління (ПГП) і показників руйнування озонового шару (ОРП) для деяких речовин в атмосфері

Сполука	ПГП	ОРП
CO ₂	1,0	0,0
C ₅ H ₁₂ (пентан)	11,0	0,0
Фторхлорвуглеводневі сполуки:	-	-
HFC 134a	1320,0	0,0
HFC 245fa	1020,0	0,0
HCFC 22	1810,0	0,055
HCFC 141b	713,0	0,12
HCFC 142b	2270,0	0,07

Таблиця 2.2. Деякі речовини, їх потенціал і час життя в атмосфері для періодів 20, 100 і 500 років [19, 20, 21]

Парниковий газ	Хімічна формула	Час існування (років)	ПГП за період		
			20 років	100 років	500 років
Діоксид вуглецю	CO ₂	змінне значення	1.0	1.0	1.0
Метан	CH ₄	12	72.0	25.0	7.5
Закис азоту	N ₂ O	114	284.0	298.0	133.0
HFC-25	CHF ₃	270	12000.0	14800.0	12200.0
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14	3830.0	1430.0	435.0
Гексафторидсірки	CF ₆	3200	16300.0	22800.0	32600.0
Тетрафторметан	CF ₄	50000	5210.0	7390.0	11200.0

Забруднення атмосфери і тенденції до зміни клімату створили сектор нових небезпек і ризиків. В додаток до цього, коливання кліматичних факторів: температури і опадів з певною циклічністю негативно впливає на виробництво продуктів харчування, системи водопостачання на інші галузі народного господарства. Спектр фізичних, екологічних і соціальних механізмів, які здатні пояснити зв'язок між екстремальними явищами клімату і хворобами представлено в роботах [22,23]. Серед них: патогенні бактерії і віруси (їх розмноження і розподілення), проникненню цих наддрібних частинок в організм в природних умовах неможливо запобігти.

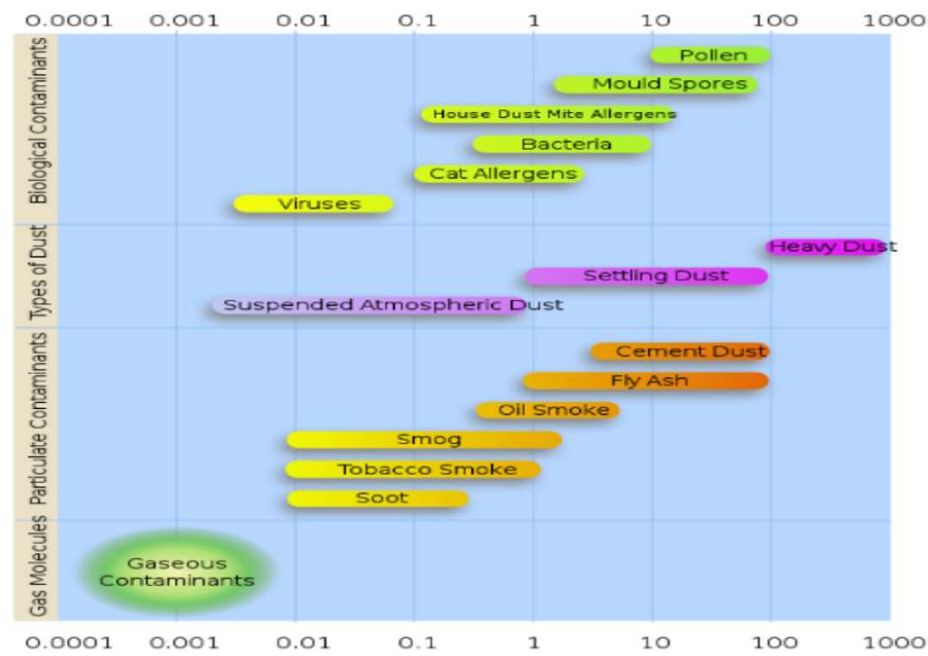


Рис.2.3. Шкала розмірів атмосферних твердих часток [23].

В залежності від форми, розміру та розчинності аерозолі здійснюють вплив на здоров'я населення, який в більшості на території населених міст носить негативний характер. Останніми дослідженнями закордонних та

вітчизняних авторів доведено, що рівень захворюваності COVID-19 знаходиться в прямій залежності з концентрацією аерозольних часток в атмосферному повітрі урбанізованих територій [24-26].

Таблиця 2.3. Поліноміальні та кореляційні залежності між приростом кількості випадків захворювання населення на Covid -19 містах України та індексом аерозольного забруднення твердими частками PM_{2,5}(AQIPM_{2,5}).

№ п/п	Місто	Linear regression equation $\log(\Delta N) = \log(AQSPM_{2,5})$	Correlation coefficient
1	Kiev	$y=0,422x+1,4538$	0,6558
2	Odessa	$y=0,973x+0,2342$	0,7339
3	Rivne	$y=-0,0004x^2+0,255x+26,149$	0,7304
4	Mykolayiv	$y=0,3762x+1,0257$	0,7614
5	Kharkiv	$y=2,0862x-2,782$	0,7214
6	Ivano-Frankivsk	$y=1,1645x-0,6674$	0,907
7	Kropyvnytskyi	$y=0,8837x-0,0026$	0,8138

Це також підтверджується діаграмою, яка представлена на рис.2.3 за джерелом [20], що показує типи та розподіл розмірів атмосферних твердих часток в мікрометрах, та яка демонструє той факт, що діапазон 0,001 до 0,01мкм містить категорію «віруси». Віруси можуть адсорбуватися шляхом коагуляції на твердих частинках і тривалість життя яких в атмосфері становить години, дні або тижні. Інактивація вірусу залежить від певних параметрів навколишнього середовища таких як висока температура, сонячне випромінювання (швидкість інактивації прискорюється), або висока відносна вологість (сприяє швидкості дифузії). Дані дослідження виявили зв'язок між поширенням вірусів і наявністю твердих часток в атмосфері. За словами вчених, поширення Covid-19 також залежить від вологості повітря, як на вулиці, так і в приміщенні. Тверді частинки діаметром менше 2,5 мкм в атмосфері міста є вагомим провісником кількості підтверджених випадків COVID-19.

Наявність взаємозв'язку між забрудненням атмосферного повітря аерозольними частками на урбанізованих територіях PM_{2,5} та кількістю захворівших на Covid -19 представлено в таблиці 3. Лінійні залежності в логірифмічних координатах між приростом кількості підтверджених випадків захворюваності та індексом аерозольного забруднення атмосферного повітря урбанізованих територій твердими частками PM_{2,5}(AQIPM_{2,5}) мали наступні коефіцієнти кореляції на прикладі великих міст України :м.Києва - 0,6558; м.Одеса - 0,7339; м.Рівне – 0,7304; м.Миколаїв – 0,7614; м. Харків - 0,7214; м. Івано-Франківська – 0,907; м.Кропивницький – 0,8138. Рівняння кореляційних

залежностей представлено в табл.3. Кількість інфікованих оцінювалося з урахуванням 14-денного інкубаційного періоду [26].

Таблиця 2.4. Інфекції водного і харчового походження, вплив погоди і клімату.

Групи патогенів	Патогенні види	Харчові патогени	Водні патогени	Непрямий вплив погоди	Прямий вплив погоди
Віруси	Ентеровіруси (такі, як віруси гепатиту А, коксаків В – вірус)	Риба шельфової зони	Ґрунтові води	Шторми підсилюють розповсюдження від джерел забруднення і фекальними стічними водами	Вживання при зменшенні температури і сонячного випромінювання в тому числі ультра фіолетового
Еубактерії (в тому числі ціанобактерії)	Віброїни (холера)	-	Рекреаційні води. Інфікування поранень	Підсилене розмножене зоопланктону	Солоність води і температура пов'язані з підвищенням рівня моря
Одноклітинні організми	Кишкові простіші (Cyclospora)	Фрукти та овочі	Рекреаційні води, питна вода	Шторми підсилюють розповсюдження від джерел забруднення фекальними і стічними водами	Температура пов'язана з визріванням і інфікуванням Cyclospora

Окремо слід зупинитись на впливі змін клімату на інфекційні захворювання. Приклади впливу умов навколишнього середовища на інфекції наведені в табл. 2.4 і 2.5 [19].

Загальновідомо, що вплив атмосферних аерозолів на стан здоров'я населення в районах з високою щільністю населення залежить від джерела викидів і процесів трансформації при певних метеорологічних умовах. Щоб отримати характеристику хімічного складу та динамічних змін аерозолів у великих мегаполісах важливо мати ґрунтовні дослідження стосовно антропогенних аерозолів та допоміжні результати щодо здоров'я населення урбанізованих територій [26]. До останнього часу вважалося, що забруднення повітря аерозолями в міській місцевості відбувається через міські викиди, у тому числі для умов Києва – від автотранспорту, який працює на бензині чи дизельному паливі. Але на початку XXI століття досягнення науки з вивчення фізики та хімії атмосферних процесів розширили уявлення про процеси, що відбуваються під час утворення забруднення аерозольних частинок PM_{2.5} в міському середовищі. Так, у працях [27-29] автори стверджують, що значний внесок у забруднення повітря у великих містах належить вторинним забруднювачам внаслідок фотохімічних перетворень. А передумовами для цих вторинних перетворень є також надзвичайні ситуації, які виникають у міській

місцевості та викликані природною зміною клімату (пожежі в екосистемах, горіння сільськогосподарських угідь, пилові бурі тощо).

Таблиця 2.5. Зміна в навколишньому середовищі, що викликані впливом господарської діяльності і інфекційні захворювання людини.

Зміни навколишнього середовища	Приклади захворювань	Шлях розвитку ефекту
1	2	3
Дамби, канали, іригаційні системи	Шистосомоз Малярія Гельмінтози Біда неміч	↑ Контакт людей з місцем мешкання равликів, моллюсків; ↑ розмноження москітів; ↑ контакт з личинками відповідно зволоження ґрунту; ↓ рух розмноження чорних мух;
Інтенсифікація сільського господарства	Малярія Гемарогічна психоманка Денге	Використання інсектицидів і збільшення резистентності векторів; ↑ численості гризунів, контакти; ↓ санітарія, гігієна; ↑ забруднення води;
Урбанізація, збільшення міського населення	Холера Гемарогічна психоманка Денге	Погіршення якості в водосховищах. Збільшення місць розмноження москітів, комарів.
Знеліснення, нові населенні місця	Лешманіоз Малярія	↑ Наближення вектору місцаних комах, їх місць розмноження до людей.
Насадження лісів Потепління океану Збільшення опадів	Лешманіоз Хвороба Лайма Легеневий синдром Хантавірус	↑ Контакт, розмноження векторів, в тому числі пісочних комах; ↑ кліщі-носії, їх кількість в оточенні; ↑ цвітіння токсичних водоростей; ↑ басейн розмноження москітів; ↑ хпичування, розселення, розмноження гризунів

Примітка: ↑ - збільшення; ↓ - зменшення.

Хоча довгострокові заходи щодо скорочення викидів від усіх парникових джерел є дуже ефективним способом зменшення випадків серйозного забруднення повітря, наразі не існує чіткого способу запобігання подіям, викликаним природними джерелами, які піддаються зміні клімату, таким як пожежі та спалахи пустельного пилу. Шляхи зменшення впливу аерозолів в повітрі на організм людини – це призначення більш тонкої очистки у виробничих процесах та технологій повітрообміну у сучасних будівлях та спорудах та перехід на «зелені технології» при післявоєнній відбудові України.

Розрахунок неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди можна

здійснювати за спеціальною Методикою, що затверджена Наказом Міністерства довкілля та природних ресурсів України 13 квітня 2022 року, № 175 [30].

2.5. Екологічний ризик для здоров'я людини від забрудненого атмосферного повітря

Характеристику зв'язку між показниками здоров'я населення та станом атмосферного повітря визначаємо за розрахунками екологічного ризику згідно діючих Методичні рекомендацій, затверджені наказом МОЗ України №184 від 13.04.2007р МОЗ [31].

Наразі у світі разом з впровадженням технологій замкнутого циклу в умовах Четвертої промислової революції, здійснюється поступовий перехід від «небезпека орієнтованого підходу» до «ризик орієнтованого підходу». Саме за «ризик орієнтованим підходом» акцент робиться на імовірності перебування людини на забрудненій території і ефекту впливу на людину від діяльності даного технологічного об'єкту, або внаслідок надзвичайної ситуації на певній території.

Для прийняття відповідних рішень проводиться аналіз ризику, включає такі три складові:

- оцінку ризику;
- управління ризиком;
- інформація про ризик;

Перша складова, що стосується оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів: ідентифікацію небезпеки; оцінку експозиції; характеристику небезпеки (оцінку залежності "доза-відповідь") і характеристику ризику.

Ідентифікація небезпеки пов'язана з відбором пріоритетних, індикаторних забруднюючих речовин та джерел їх виникнення, оцінка яких зможе досить повно охарактеризувати рівні ризику для здоров'я населення. Ці індикаторні хімічні речовини визначають на основі їх біологічної активності, фізико-хімічних властивостей, впливу на організм людини, шляхи надходження цих речовини в організм.

Оцінка експозиції - етап оцінки ризику, при якому встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму. Цей етап також передбачає оцінку ореолів розповсюдження хімічної речовини у навколишньому середовищі, вивчення її концентрацій, встановленні загальної тривалості впливу, оцінки чисельності населення, яке знаходиться під впливом шкідливого чинника.

На цьому етапі для досліджень використовують дані моніторингу з різних джерел для моделювання зон поширення та поведінки хімічних сполук в повітряному середовищі.

На стадії управління ризиком на основі порівняльних співвідношень встановлюється вагомість факторів ризику, їхнє ранжування і виявлення пріоритетів щодо найкращих природоохоронних, технологічних рішень з питань мінімізації величини ризику при реалізації різних варіантів управлінських рішень. Результати по даному етапу можуть бути використані при складанні стратегічних планів сталого розвитку мегаполісів України, а також використані при ідентифікації викидів парникових газів в межах урбанізованого середовища.

Інформування про ризик - процес розповсюдження результатів визначення ступеня ризику для здоров'я людини і рішень щодо його контролю. На основі даного етапу органи санепідслужби спільно з адміністративними органами розробляють комплекс профілактичних заходів і черговість їх впровадження.

В автори навчального посібника [32] рекомендують робити метод попереднього аналізу небезпек, який ґрунтується на послідовності таких операцій:

- визначається можлива небезпека;
- визначається сценарій виникнення небезпеки;
- визначаються наслідки кожного сценарію;
- визначаються імовірності кожного сценарію;
- наводиться якісна або кількісна, при наявності достатньої кількості даних, характеристика ризику.

На стадії вибору прийнятного рішення, здійснюється аналіз співвідношення витрат і ефективності зниження ризику для кожного з обраних природоохоронних варіантів [32].

Екологічний ризик від дії порогового забруднювача (неканцерогену) оцінюється шляхом визначення коефіцієнта небезпеки (HQ), який є відношенням визначеної дози (D) або концентрації (C) до їх референтних значень (R_{fC}):

$$HQ = D/R_{fD}, \text{ або } HQ = C/R_{fC} \quad (5)$$

У випадку впливу декількох забруднювачів, які впливають на один і той же орган, їх дія додається, і ризик визначається за індексом небезпеки (HI), який являє собою суму коефіцієнтів небезпек

$$HI = \sum HQ_i \quad (6)$$

Для характеристики впливу канцерогенного забруднювача, ризик проводять за розрахунками індивідуального та популяційного ризику впливу даної речовини. Згідно [31], індивідуальний канцерогенний ризик (CR) розраховується за формулою:

$$CR = LADC \cdot SF, \quad (7)$$

де LADD - середня добова доза протягом життя людини, мг/(кг * доба);

SF - фактор нахилу, (мг/(кг * доба) , який характеризує ступінь наростання канцерогенного ризику зі збільшенням дози канцерогену на 1 одиницю.

При застосуванні величини одиничного ризику розрахункова формула набуває вигляду [32]:

$$CR = LADC \cdot UR, \quad (8)$$

де LADC - середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції (мг/куб.м);

UR - одиничний ризик, (мг/куб.м), який розраховують із використанням величини SF, стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 куб.м):

$$UR_i \left(\text{м}^{-3} / \text{доб} \right) = \frac{SF_i (\text{мг} / \text{кг} \cdot \text{доб})^{-1} \times 1}{70 \text{ кг} \cdot 20 \left(\text{м}^{-3} / \text{доб} \right)}, \quad (9)$$

Популяційний ризик (PCR), що відображає додаткову (до фонові) кількість випадків новоутворень від забрудненого повітря протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактору розраховується за формулою [31]:

$$PCR = CR \cdot POP, \quad (10)$$

якщо CR - індивідуальний канцерогенний ризик;

POP - чисельність людей, які підпадають під вплив даного фактору, чол.

Величину популяційного річного ризику (PCR_a), що розраховується як кількість додаткових випадків раку протягом року знаходять за формулою:

$$PCR_a = \sum (C_i \cdot UR_i) \cdot \frac{POP}{70}, \quad (11)$$

якщо C_i - середня річна концентрація i -тої речовини; POP - чисельність населення, що зазнає впливу, чол. UR_i - одиничний ризик протягом життя (70 років).

В таблицях 2.6 і 2.7 наведені класифікації коефіцієнту небезпеки від неканцерогенних ефектів та рівнів канцерогенного ризику відповідно [32].

На рис.7 наведено результати визначення ризиків на здоров'я населення від неканцерогенного та канцерогенного впливу концентрацій формальдегіду, як вторинного забрудника від автомобільного транспорту біля основних шляхопроводів за максимальними місячними концентраціями для умов м. Києва. Темний колір на даній презентації характеризує більшу концентрацію цього токсичного канцерогену.

Таблиця 2.6. Рівні коефіцієнту небезпеки (HQ)

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають, як зневажливо малий	<1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися, як досить прийнятна	1
Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	>1

Таблиця 2.7. Класифікація рівнів канцерогенного ризику протягом життя під впливом забрудненого атмосферного повітря

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий (De Manifestis) – не прийнятний для виробничих умов і насення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику.	$> 10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питань про заходи з управління ризиком	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4} - 10^{-6}$
Мінімальний (De Minimis) бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$< 10^{-6}$

Середні величини канцерогенного ризику знаходяться в межах ($5,2E-05 \dots 1,5E-4$), неканцерогенних в межах ($1,72 - 5,17$), що потребує необхідні динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів на населення в межах міста. Максимальні значення як неканцерогенного, так і канцерогенного ризику спостерігалися в літні місяці біля Центрального Автовокзалу, станцій метро «Шулявка», «Либідська»,

«Дорогожичі», на перетині вулиць «Данили Шербаківського» та «Стеценка, районі Поштової площі» [33].

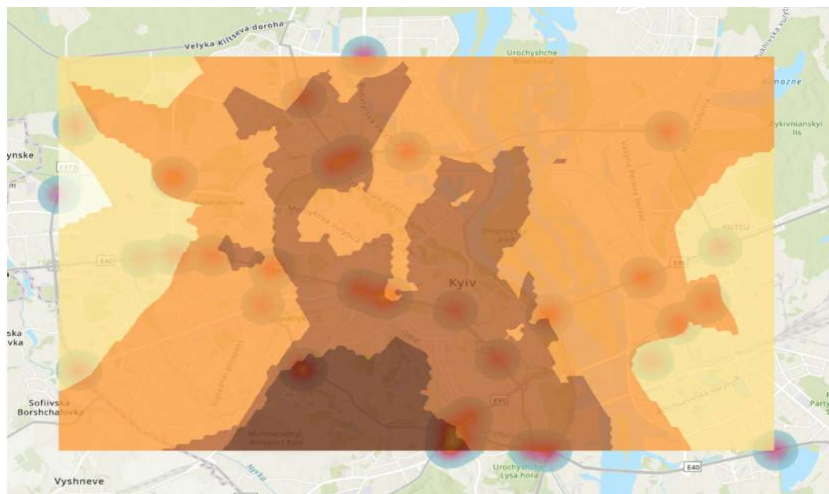


Рис.2.4. - Значення екологічних ризиків для здоров'я населення від концентрації формальдегіду на окремих шляхопроводах м. Києва за результатами моніторингових даних 2020 року [33].

Соціальний ризик від планованої діяльності визначається за формулою [34] як ризик для групи людей, на яку може вплинути впровадження об'єкта господарської діяльності:

$$R_s = CR_a \cdot \frac{N}{T} \cdot V_u \cdot N_p, \quad (11)$$

якщо R_s – соціальний ризик, чол./рік;

CR_a – канцерогенний ризик комбінованої дії декількох речовин, що забруднюють атмосферу, який визначається розрахунком, або приймається в формулі (11) як прийнятний, що дорівнює $CR_a = 1 \cdot 10^{-6}$, безрозмірний;

N – чисельність населення, що визначається: а) за даними мікрорайону розміщення об'єкта, якщо такі є у населеному пункті; б) за даними усього населеного пункту, якщо немає мікрорайонів, або об'єкт має містоутворююче значення; в) за даними населених пунктів, що знаходяться в зоні впливу об'єкта проектування, якщо він розташований за їх межами, чол.;

T – середня тривалість життя (визначається для даного регіону або приймається 70 років, чол./рік;

V_u – уразливість території від прояву забруднення атмосферного повітря, що визначається відношенням площі відводу під об'єкт господарської діяльності до площі об'єкта з санітарно-захисною зоною, долі одиниці;

N_p – коефіцієнт “соціальної напруги”, що визначається за формулою (12) для будівництва нового об'єкта; б) за формулою (13) для реконструкції об'єкта, якщо кількість робочих місць зменшується; в) за формулою (14) для реконструкції

об'єкта якщо кількість робочих місць збільшується; г) для реконструкції об'єкта, якщо кількість робочих місць не змінюється $N_p=1$.

$$N_p = \frac{N_{rm}}{N}; \quad (12)$$

$$N_p = 1 - \frac{N_{rm} - N_{rm}^{rek}}{N_{rm}}; \quad (13)$$

$$N_p = \frac{N_{rm}^{rek} - N_{rm}}{N_{rm}}, \quad (14)$$

якщо N_{rm} – кількість робочих місць (при реконструкції - попередня), чол.;

N_{rm}^{rek} – кількість робочих місць після реконструкції, чол.

Класифікація рівнів соціального ризику береться згідно нормативного документу [34] (табл. 2.8.).

Таблиця 2.8. Класифікація рівнів соціального ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Неприйнятний для професійних контингентів і населення	$> 10^{-3}$
Прийняття для професійних контингентів і неприйнятний для населення	$10^{-3} - 10^{-4}$
Умовно прийнятний	$10^{-4} - 10^{-6}$
Прийнятний	$< 10^{-6}$

2.6. Застосування методів матеріального балансу для моделювання та прогнозування безпеки технологічних процесів

Методи складання матеріальних, енергетичних, ексергетичних балансів та використання відповідних технологічних розрахунків є на сьогоднішній день, на думку багатьох дослідників, найбільш цінними з існуючих методів визначення масштабу проблеми забруднення [35, 36 та ін.]. Вони дозволяють скласти загальну картину забруднення та визначити можливі наслідки передбачуваних заходів з охорони навколишнього середовища. В основу будь-якого технологічного та/або технохімічного розрахунку покладено два основні закони: 1) закон збереження маси речовини та 2) закон збереження енергії. На основи цих законів базується будь-який матеріальний розрахунок для аналізу та оцінки виробничого процесу. За їх допомогою встановлюють питоме значення виходу продукції, витрат та втрат сировини, палива та інших матеріалів, коефіцієнтів корисної дії енергії, визначення розмірів апаратури, її потужності тощо. Спочатку складають матеріальний баланс, а потім – на його основі – енергетичний. Іноді показники цих балансів подаються в грошових еквівалентах і на їх основі з додаванням ряду інших показників можуть бути складені

економічні баланси виробництва. Для оцінки функціонування системи, незалежно від рівня її складності доцільно використовувати модель «чорного ящика» з вхідними та вихідними потоками речовини й енергії (рис.2.5.)

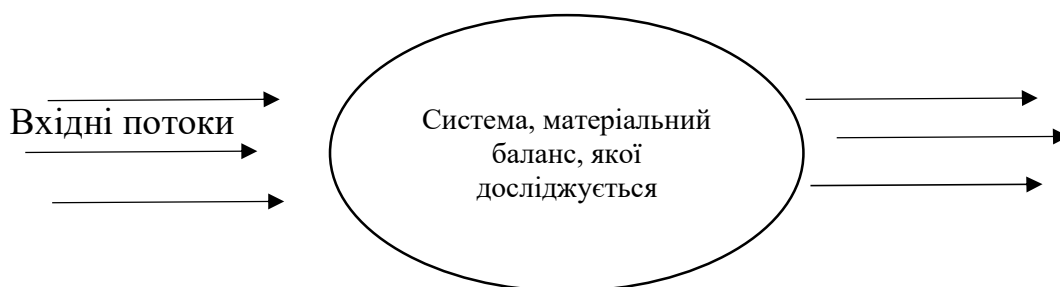


Рис.2.5. Модель «чорного ящика» системи

Якщо на об'єкті є відповідні джерела та вихід потоків речовини (М), теплових потоків(Q) та роботи(L), матеріальний баланс системи має вигляд:

$$\sum M' + M'_0 = \sum M'' \pm \Delta M, \quad (12)$$

де $\sum M'$ і $\sum M''$ – сумарні матеріальні потоки, які входять в об'єкт та виходять з нього;

M'_0 – потік речовини, яка поступає з навколишнього середовища в об'єкт; ΔM – зміна маси речовини в об'єкті.

Коли маємо справу на виробництві зі стаціонарним процесом, то вважаємо, що $\Delta M = 0$. Тоді матеріальний баланс об'єднаних потоків матиме вигляд:

$$\sum M' = \sum M'' \quad (13).$$

Енергетичний баланс системи можна представити у вигляді:

$$\sum Q' + \sum L' = \sum Q'' + \sum L'' \pm \Delta Q_0, \quad (14)$$

якщо Q' та Q'' – потоки тепла, які входять в об'єкт і виходять з нього; L' та L'' – робота, яка підводиться до об'єкта і отримується з нього; Q_0 – тепло, яке віддається в навколишнє середовище або отримується з навколишнього середовища.

Для потоків ексергії баланс, аналогічний балансу речовини або енергії, скласти неможливо, оскільки будь-який реальний процес незворотний і супроводжується втратами ексергії. Нерівність потоків ексергії має вигляд:

$$\sum E'm + \sum E'q + \sum E'e > \sum E''m + \sum E''q + \sum E''e, \quad (15)$$

або в загальному вигляді:

$$\sum E' > \sum E''. \quad (16)$$

Витрати ексергії внаслідок незворотності процесів, які проходять в об'єкті, які можна підрахувати з урахуванням зміни ентропії всіх речовин, які беруть участь у процесі ($\Sigma \Delta S$) за рівнянням:

$$\Sigma \Delta E = T_0 \Sigma \Delta S, \Sigma \Delta E = T_0 \Sigma \Delta S. \quad (17)$$

З урахуванням останнього зауваження, нерівність ексергії прийматиме вигляд:

$$\Sigma E' > \Sigma E'' + \Delta E \quad (18)$$

Співвідношення (18), зазвичай, називають ексергетичним балансом. Його можна представити у графічному вигляді діаграмою Грасмана (рис. 2.6), на якій ширина заштрихованої частини в умовному масштабі відповідає потокам енергії.

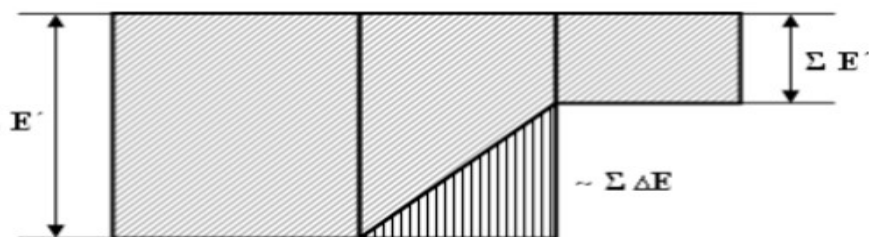


Рис.2.6. Ексергічна діаграма Грасмана

Системи, які розглядаються при складанні матеріальних балансів можуть бути прості (робоче середовище у замкнутому просторі) або складні (галузь промисловості), а також закриті (без обміну з навколишнім середовищем) та відкриті (які мають обмін з навколишнім середовищем). У промисловій практиці часто доводиться мати справу з обчисленнями кількісних співвідношень між компонентами початкових і кінцевих продуктів виробництва, основу якого лежать фізичні процеси без утворення нових компонентів, а лише зі зміною складу продуктів, що підлягають обробці або зберіганню за певних умов. Тому, складаючи матеріальний баланс даних процесів, враховують, що у прибутковій і видатковій його частинах беруть участь одні й самі наскрізні компоненти, але у різних кількісних співвідношеннях. Їх переміщення може бути відображено одиницями об'ємної витрати л/год, або одиницями масової витрати т/год, г/с, кг/молей/год [36,37,38].

Концентрація компонентів твердих сумішей, зазвичай, відображається у масових одиницях, а концентрація компонентів газових сумішей – в об'ємних. Процес вирішення практичних задач передбачає наступні етапи:

- 1) побудова діаграми або технологічної схеми до поставленої задачі з визначенням усіх відомих потоків та кількісних параметрів;
- 2) визначення сфери розв'язання задачі (наприклад, проміжок часу або маса продукту, що поступає);

3) визначення наскрізного компонента (елемент або частка, або речовина, які проходять крізь систему, не змінюючись. В якості наскрізного компоненту часто використовують повітря, воду або інертні тверді речовини;

4) визначення меж системи.

Грунтуючись на тому, що закон збереження маси працює як для всієї системи, так і на окремих її ділянках, вибирають таку ділянку, яку має тільки один невизначений потік.

Під час аналізу системи, в якій проходить одна або кілька хімічних реакцій, для кожної реакції записують окреме рівняння, а також розраховують масу кожного реагенту і продуктів її взаємодії за рівнянням хімічної реакції та пропорційне співвідношення всіх компонентів, які беруть участь у реакції.

Склад та аналіз системи матеріальних балансів основних компонентів матеріалів, води, забруднювальних речовин дозволяє оцінити не тільки фактичний вплив (контрольований і неконтрольований) на навколишнє середовище по виробництву в цілому, але й дає необхідну оцінку окремим джерелам впливу на середовище.

В якості прикладу на рис.2.7. наведено схему потоків у системі «виробництво-навколишнє середовище». За допомогою методів матеріальних балансів можна зробити попередню оцінку впливу на навколишнє середовище промислового підприємства, або окремого об'єкту.

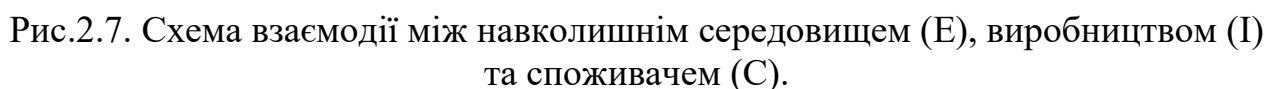
На схемі, що представлена на рис.2.7 виділено три основні види матеріальних потоків, які містять забруднювальні речовини: скиди (M_c), викиди (M_v) та невикористані відходи (M_o). Кожен з видів цих матеріальних потоків поділяють на контрольовані потоки (k) та неконтрольовані потоки (n).

Як додаткові типи матеріальних потоків використовують нормативи і ліміти: гранично допустимі викиди (ГДВ), скиди (ГДС), навантаження (ГДН), ліміти на скид та викид забруднювальних речовин і ліміти на розміщення відходів:

$$\begin{aligned} M_1 + M_2 &= M_3 + M_3' + M_4, \\ M_4 &= M_c + M_v + M_o, \\ M_c &= M_{ck} + M_{cn} \\ M_v &= M_{vk} + M_{vn}, \\ M_o &= M_{ok} + M_{on}. \end{aligned} \quad (19)$$

Позначення рівняння (18) представлені на схемі (рис.10).

Моделювання взаємодії в системі «навколишнє середовище – виробництво – споживач» на основі рівнянь матеріального балансу можна представити схемою (рис.2.7), що складена відповідно до [35].


$$\begin{cases} \frac{dM_i^E}{dt} = -\sum_j A_{ij}X_j + \sum_j B_{ij}X_j + \sum_j C_{ij}M_j^C, \\ \frac{dM_i^I}{dt} = \sum_j A_{ij}X_j - \sum_j B_{ij}X_j - \sum_j D_{ij}X_j + \sum_j E_{ij}C_j, \\ \frac{dM_i^C}{dt} = \sum_j D_{ij}X_j - \sum_j E_{ij}M_j^C - \sum_j C_{ij}M_j^C; \end{cases} \quad (20)$$

167

A_{ij} – маса матеріалу i -го типу, яку необхідно використати для виробництва продукції матеріалу j -го типу; B_{ij} – маса промислових відходів матеріалу i -го типу, які утворюються за одиницю часу з матеріалів j -го типу; C_{ij} – маса відходів i -го типу, що надходять від споживачів за одиницю часу з одиниці маси матеріалу j -го типу; D_{ij} – маса матеріалів i -го типу, що використовуються для виробництва одиниці продукції споживання j -го типу; E_{ij} – маса матеріалу i -го типу, яка повертається в виробничий цикл за одиницю часу і на яку припадає на одиницю часу матеріалу j -го типу.

У випадку рівноважного стану системи, крім не відбувається зміна маси матеріалів у кожному з трьох секторів, маємо систему рівнянь наступного вигляду:

$$\begin{cases} \sum_j A_{ij} M_j = \sum_j B_{ij} X_j = \sum_j C_{ij} M_j^C, \\ \sum_j A_{ij} X_j + \sum_j C_{ij} M_j^C = \sum_j B_{ij} X_j + \sum_j D_{ij} X_j, \\ \sum_j D_{ij} X_j = \sum_j E_{ij} M_j^C - \sum_j C_{ij} M_j^C; \end{cases} \quad (21)$$

Системи рівнянь (20) і (21) можна використовувати для будь-яких варіантів управлінських рішень, які мають на меті зменшення маси сировини, що використовується, зниження маси відходів, що утворюються, та поліпшення технологічного процесу виробництва.

2.7. Організація екологічно безпечного управління технологічними процесами з врахуванням життєвого циклу продукції.

Провідним документом у сфері охорони навколишнього середовища є – Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 р.» (Відомості Верховної Ради, 2019р.№16, с.70). Існуючі проблеми економічного розвитку держави, що супроводжувався протягом тривалого періоду та заснований на незбалансованій експлуатації природних ресурсів і низькою пріоритетністю питань захисту довкілля, обумовило зробити акцент в даному документі на таких основних питаннях:

- Міжнародне конкурентне середовище
- Глобалізація економіки
- Залежність від залучення міжнародних інвестицій.

У зв'язку з цим, пріоритетними напрямками природоохоронної політики країни на фоні її післявоєнної відбудови мають бути такі заходи, як: «впровадження інтегрованого екологічного управління, інтеграція екологічної політики до інших політик, обов'язкове врахування екологічної складової під час розроблення та затвердження документів державного планування та у процесі прийняття рішень про провадження господарської діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля, зокрема екологічна модернізація промислових

підприємств шляхом зниження ставки екологічного податку або у формі фіксованої річної суми компенсації (відшкодування податку), у поєднанні з поліпшенням екологічних характеристик продукції». Впровадження системи управління екологічними ризиками в усіх сферах національної економіки сприятиме запобіганню катастроф техногенного та екологічного характеру та інтеграції з законодавчими документами, які діють у країнах - членах Європейського Союзу.

Різноманітним методам оцінки та їх можливим інтерпретаціям у системі екологічного управління присвячена серія міжнародних стандартів ISO 14000 «Системи екологічного управління». Дана серія стандартів встановлює системний підхід до аналізу та покращення екологічних характеристик діяльності підприємства і використовуються для створення ефективної системи екологічного управління та розвитку ініціативного екологічного аудиту. Головна мета впровадження стандартів серії ISO 14000 - забезпечення єдиних рекомендацій для всіх країн світу на основі вже набутого найкращого міжнародного досвіду. Міжнародні стандарти ISO серії 14000 та відповідні національні стандарти, які впроваджуються в Україні, як ДСТУ ISO 14000 є базою для побудови системи управління навколишнім середовищем в організації.

Ключовим аспектом впровадження стандарту ДСТУ ISO 14001:2006 в організації - постійне вдосконалення (рис.2.8.).

Одна з ключових процедур аналізу виробничої діяльності та технологічних процесів в екологічному управлінні - оцінювання життєвого циклу продукції. Різні фази технологічного процесу супроводжуються небезпечними впливами на навколишнє середовище і використання оцінки життєвого циклу продукції допомагає визначати вплив технології на окремі категорії навколишнього середовища, і планувати екологічну політику в сировино-ресурсному процесі, в прийнятті рішень по розміщенню виробництва і в користування продукцією.

Життєвий цикл згідно стандартів ДСТУ ISO-14040 – 14043 складається з послідовностей позицій створення продукції: видобування сировини, виробництво матеріалів, продукту, використання або вторинне використання після рециклінгу, рециркулювання, переробка відходів.



Рис.2.8. Модель системи управління навколишнім середовищем (системи екологічного керування).



Рис.2.8. Комунальні побутові відходи, їх спалювання – частина оцінювання життєвого циклу [39].

Приклад аналізу впливів на різні категорії навколишнього середовища на окремому етапі життєвого циклу – спалюванні комунальних побутових відходів наведено в даному розділі по матеріалам дослідження Королівського технологічного університету, м. Стокгольм [15,39]. На рис.2.8. наведено технологічна схема потоків сміттєспалюючого заводу, як послідовність етапів життєвого циклу поводження з комунальними побутовими відходами.

Склад комунально-побутових відходів (орієнтовно): папір, картон – 35%; харчові відходи – 25%; метали ламінатів – 3%; текстиль, гума, шкіра – 12%; скло, пластик та інше – 25%.

Хімічний склад відходів (вагові %): волога (H_2O) – 25,2%; вуглець (C) – 25,6%; водень (H) – 3,4%; кисень (O) – 20,3%; азот (N)-0,5%;хлор(Cl)-0,45%;сірка(S)-0,15%; інертні мінеральні речовини 24,4%; ртуть 2-4г/1000 кг відходів.

Схема технологічного процесу спалювання побутових відходів представлена на рис.2.9.

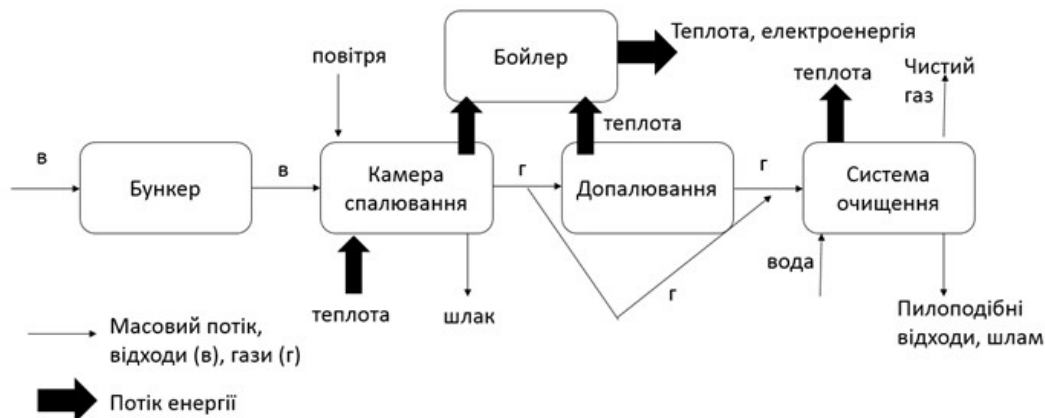


Рис. 2.9. Схема технологічного процесу спалювання побутових відходів

Балансові показники спалювання різних продуктів з виходом основних забруднювачів наведені на рис.2.10 при таких даних [39]:

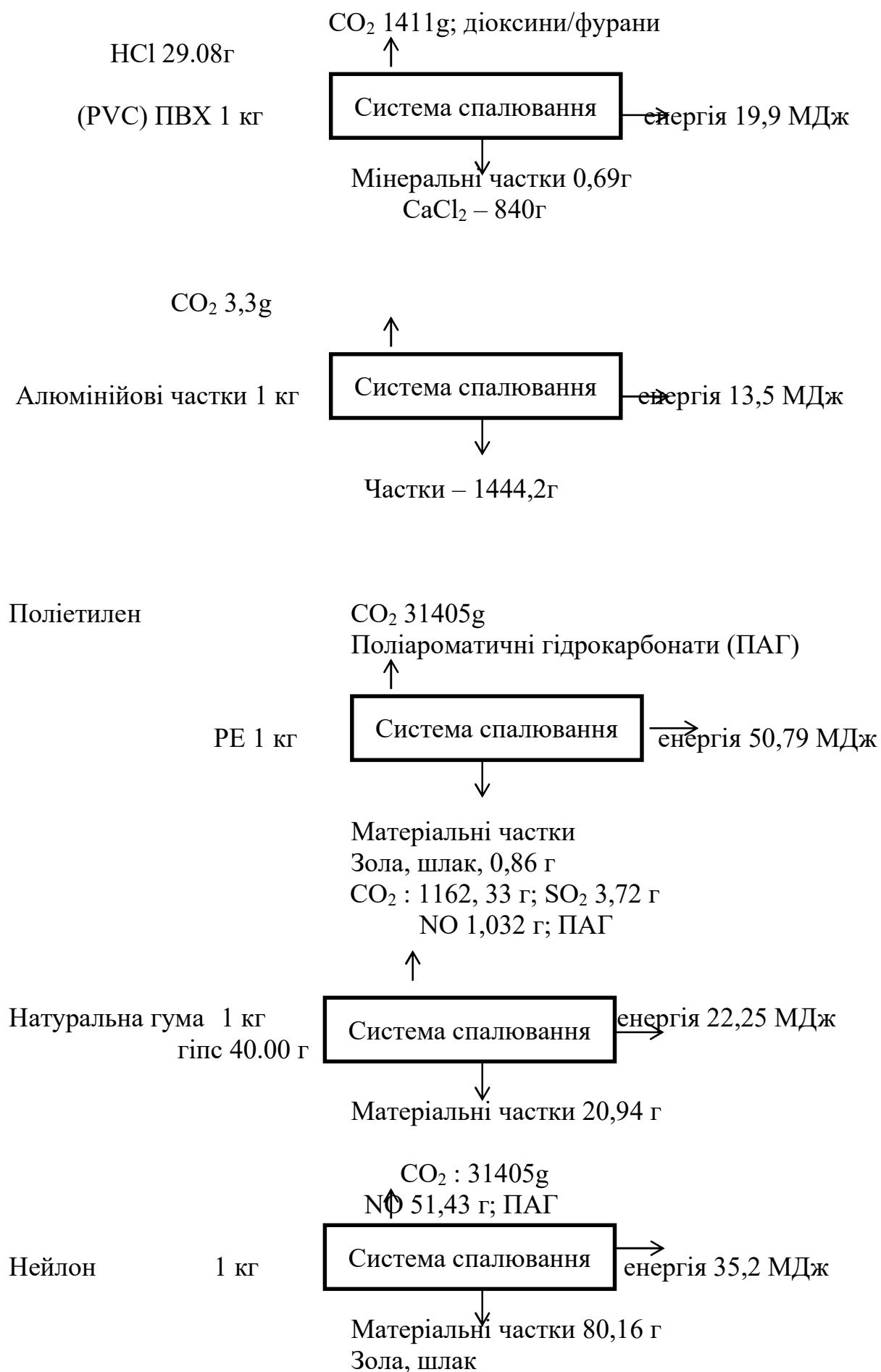
- 1) харчові відходи: компоненти – круп'яні – 5%; хліб – 20%; овочі – 20%; фрукти – 20%; м'ясні вироби – 10%; молочні – 10%; кістки, шкіра та інше 15% вагових відсотків;
- 2) полівінілхлориди (ПВХ): чистий ПВХ – 99,7; пластифікатор – $(CH_3C_6H_4)_3PO_4 < 0,1$; затверджувач – $(Si(CH_3)_2O)_4 < 0,1$; термостабілізатор – $C_4H_9CH(C_2H_5)COZnOH < 0,1$
- 3) алюмінійові банки: Al 99,48; Al_2O_3 0,015; Si < 0,3; Cu < 0,1; Zn < 0,1.

Загальний індекс впливу на навколишнє середовище знаходимо на підставі впливів окремих компонентів, дані по яких зведено в таблиці 2.9 [15].

Індекс впливу компонента на різні категорії навколишнього середовища за системою інституту (SwedishIVL) представлено в таблиці 9 [15,39]. Загальний індекс впливу на навколишнє середовище обчислюють за формулою:

$$ZI = \sum (\text{індекс комп})_i \cdot m_i \quad (22)$$

Використання ресурсів або емісію класифікують за такими категоріями впливу на навколишнє середовище: глобальне потепління, стоншення озонового шару, підвищення кислотності, утворення фотооксидантів, підвищення токсичності навколишнього середовища, накопичення кінцевих відходів.



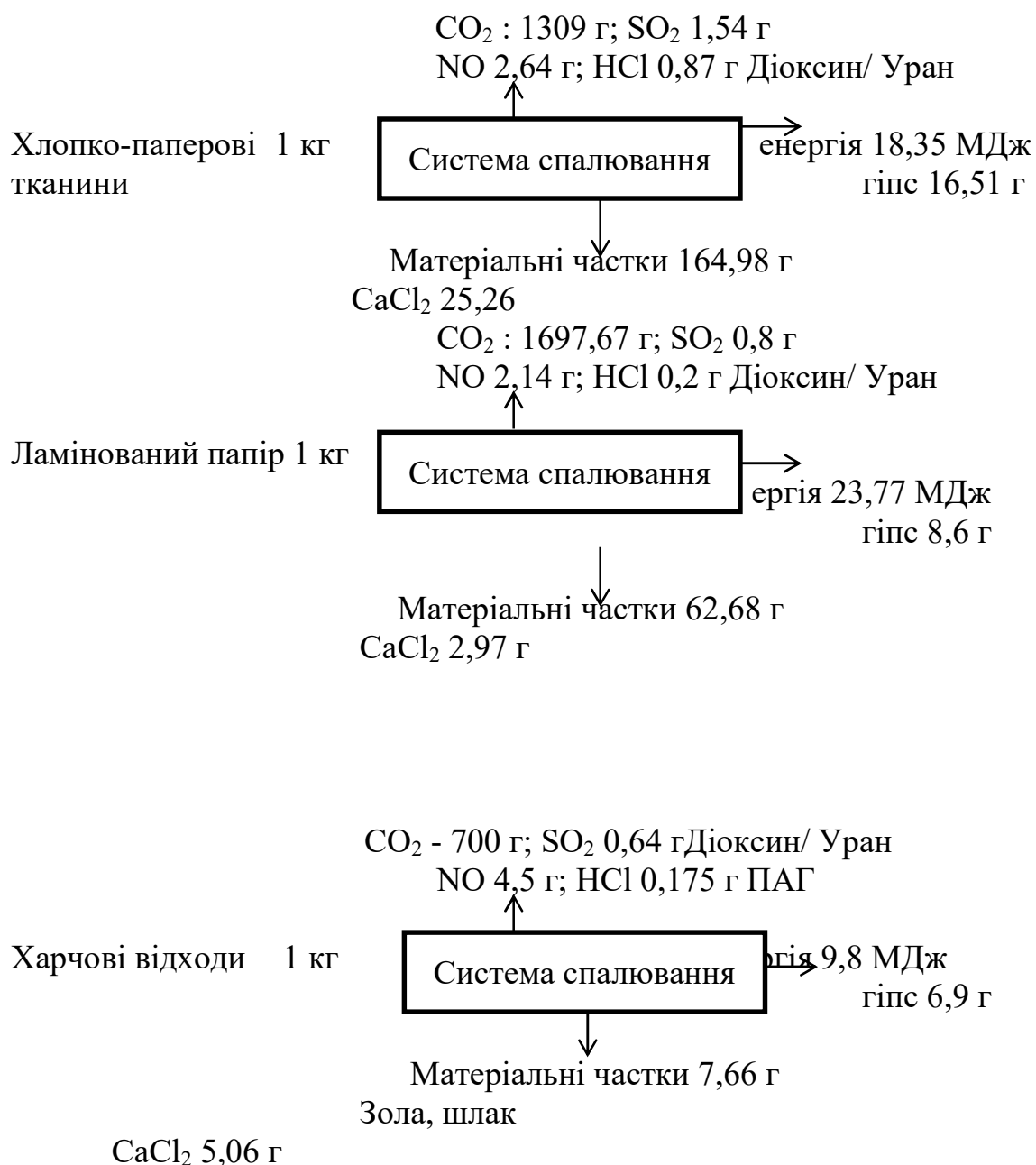


Рис.2.10. Балансові показники спалювання різних продуктів [15,39]

Система управління життєвого циклу існує з метою безперервного удосконалення, тому практика управління ланцюгом постачання починається з входу до продукційної системи. Сучасною тенденцією в системах управління організації є «матрична» - розширення включення в систему її управління постачальників і клієнтів, а також інших зацікавлених сторін в ланцюзі продукту в межах життєвого циклу продукту.

Оцінка життєвого циклу продукції є динамічним процесом для організацій, які можуть здійснювати поетапне впровадження конкретних можливостей зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, а з часом отримувати більш значні результати.

Таблиця 2.9. Зведена таблиця на 1 кг відходів по окремих компонентах.

Компоненти	CO ₂	NO ₂	SO ₂	HCl	Мат. част.	CaCl ₂	гіпс	енергія МДж
Харчові відходи	700	4,5	0,64	0,175	7,66	5,06	6,9	9,8
Полівініл-хлориди	1411	-	-	29,08	0,69	840	-	19,9
Поліетилен	3140	0,09	-	-	0,86	-	-	50,8
Натуральна гума	1162	1,03	3,72	-	20,94	-	40,0	22,26
Нейлон	2259	51,43	-	-	80,16	-	-	35,25
Ламінований папір	1697	2,14	0,8	0,1	62,68	2,97	8,6	23,77
Текстиль	1309	2,64	1,54	0,87	164,98	25,26	16,5	18,35
Алюмінієві бляшанки	3,3	-	-	-	1444,21	-	-	13,5
Бляшанки	11,82	-	-	-	1134,9	-	-	2,99
Фарби	715	21,3	14,28	-	742,67	-	153,5	3,25

Таблиця 2.10. Індекс тривалого впливу компонента на 1 г емісії забруднюючої речовини

Компоненти	Короткостроковий вплив		Довгостроковий вплив	
	Абсолютний	В одиницях CO ₂	Абсолютний	В одиницях CO ₂
CO ₂	0,011	1,0	0,036	1,0
NO	3,947	355,19	3,66	100,38
SO ₂	2,421	217,92	3,33	91,33
HCl	2,123	191,05	0,091	2,5
Загальний N	7,177	645,95	3,57	98,07
Загальний P	71,778	6460,03	25,86	708,58
Зола/шлак	0,036	3,21	0,042	1,14
Небезпечні відходи	2,020	181,82	2,02	55,35

2.8 Техногенний ризик. Оцінка збитку від надзвичайних ситуацій

Аварії, природні та техногенні катастрофи, як правило, мають наслідки різного характеру. По цій причині існує потреба в єдиному кількісному підході до методів аналізу та оцінки екологічного ризику. Єдина міра збитків (вартісна) призводить до інтегрального поняття по всіх показниках неблагоприємної події.

Надзвичайні ситуації природного характеру виникають внаслідок природних надзвичайних явищ різного характеру (геологічні, гідрологічні, метеорологічні тощо). Техногенні надзвичайні ситуації проявляються у вигляді аварій на хімічно, радіаційно та біологічно небезпечних виробництвах, на залізничному, автомобільному, повітряному і водному транспорті, на газо-, нафто-, електро-, тепло-, водо- і каналізаційних мережах, на гідротехнічних спорудах при руйнації напірного фронту, на будівельних об'єктах внаслідок господарської діяльності, природних надзвичайних ситуацій, або воєнних дій. Останнім часом, враховуючи наявність взаємозв'язку між природними та техногенними надзвичайними ситуаціями, оцінку ризику потребують природно-техногенні надзвичайні ситуації.

Слід відмітити, той факт, що чисельні аварії та катастрофи останніх десятиліть довели, що концепція «нульового ризику» неадекватна законам техносфери, а «нульова загроза» існує лише в системах, які не мають запасів енергії та хімічно та біологічно активних компонентів. На даний час концепція «прийнятного ризику» є домінуючою в сфері промислової безпеки.

Соціальні ситуації є результатом взаємовпливу економічних, політичних, психологічних, інформаційних та інших факторів і передумов. Особливу небезпеку на довкілля, людей і об'єкти техносфери складають військові ситуації, які пов'язані з використанням збройного протистояння під час воєнних дій.

Єдину міру збитків наслідків надзвичайної ситуації приводять до одного базису, зазвичай, цінового. «Інтегральний ризик» можна визначити як інтеграл (або суму) по всіх наслідках неблагоприємної події.

І хоча такі оцінки мають відносний характер, вони дозволяють порівняти ризик від нових, технічних систем (технологій або конструкторських рішень) з ризиком від існуючих систем, або ризиком від надзвичайних ситуацій різного виду.

Поняття ризику визначається як імовірність неблагоприємного прояву події (аварії, катастрофи і т. ін.) яка помножена на очікуваний збиток в результаті цієї події [4,5,6]:

$$R=PZ, \quad \text{або} \quad R = \sum P_i Z_i \quad (1)$$

або, де P – вірогідність неблагоприємної аварії, або події, Z – збиток, який очікується від цієї події, i – кількість неблагоприємних подій з різними вірогіднісними та відповідними збитками на певній території.

Вираз для екологічного ризику(1) можна записати у вигляді:

$$R = \int F(z)p(z)dz \quad (2)$$

де $F(z)$ – вагова функція збитків, за допомогою якої наслідки різної природи приводяться до єдиної (вартісної) оцінки збитку; $p(z)$ - щільність розподілу вірогідної величини z , в тому числі - векторної.

При оцінці комплексного ризику для населення від надзвичайних ситуацій як природного, так і техногенного походження ризик, як математичне очікування втрат людей $M[N]$ в межах деякої території:

$$R = M[N] = P \int \int_{S_r} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \psi(x, y) f(x, y, \Phi) d\Phi, dx, dy \quad (3)$$

де P – вірогідність надзвичайної ситуації або аварії, в результаті якої виникає уражаючий фактор, який характеризує параметри Φ (наприклад, інтенсивність землетрусу, токсодоза, надмірний тиск на фронті хвилі тощо), S_r - область інтегрування (наприклад територія міста), $\Phi_{\min}$, $\Phi_{\max}$ - відповідно мінімальні та максимальні можливі значення параметру уражаючого фактору, $P(\Phi)$ - вірогідність ураження людей в залежності від Φ як параметру (дуже часто задається у вигляді функції нормального розподілу від побит-функції параметру Φ , $\psi(x, y)$ - щільність населення у межах місцевості, що розглядається, $f(x, y, \Phi)$ - щільність розподілу інтенсивного параметру Φ в межах ділянки з координатами (x, y) .

В загальному вигляді при врахуванні фактору часу, ризик у відповідності з приведеними рівняннями є функціоналом, який залежить від реалізації випадкового процесу, при описанні розвитку небезпечної події.

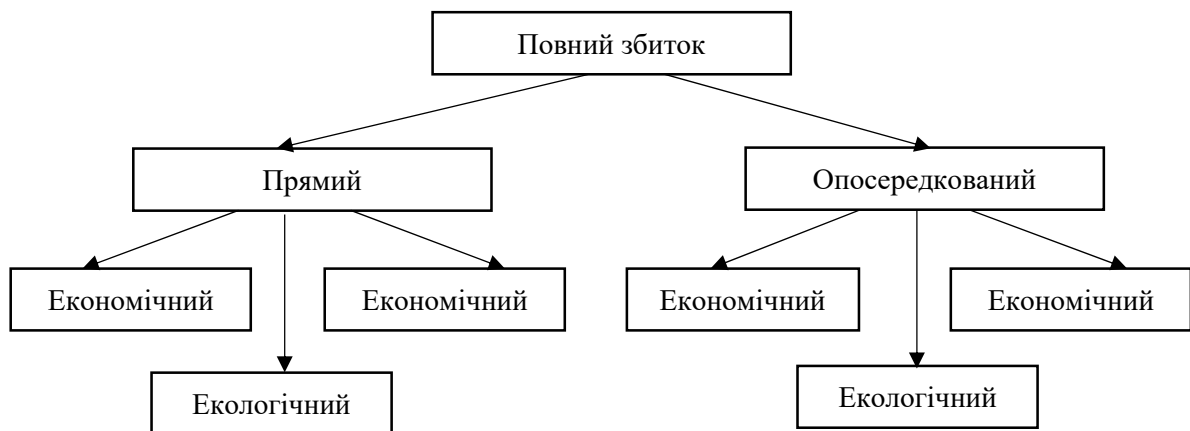


Рис.3.1. Структура повного збитку від аварій на технічних об'єктах.

При визначення збитку від аварії або надзвичайної події враховують поняттям прямого та опосередкованого збитків. Наслідки від надзвичайних ситуацій та аварій в загальному вигляді можна розділити на 3 групи збитків: нанесення збитку життю і здоров'ю населення; економічні збитки: порушення споруд і конструкцій внаслідок виходу з експлуатації та порушення виробництва; збиток та неприємні наслідки для навколишнього



Рис.3.2. Основні складові економічного збитку від надзвичайної ситуації.

середовища [5,6].

Структура повного збитку від надзвичайної ситуації на технічному об'єкті згідно даних [6,11] представлена на рис.3.1. На рис.3.2 і рис.3.3 представлено прямі і опосередковані збитки внаслідок аварії або надзвичайної ситуації з урахуванням всіх структур економіки, які потрапили в зону впливу аварії або катастрофи, відповідно.

Опосередкований збиток включає збитки, які мають місце за зоною прямого впливу аварії або надзвичайної ситуації [6,11].

Прямий економічний пов'язаний безпосередньо з пошкодженням або втратою основних та зворотних фондів та включає витрати на обмеження розвитку надзвичайних ситуацій; зазвичай в грошовому еквіваленті.



Рис.3.3. Основні складові опосередкованого збитку від надзвичайної ситуації [6,11].

Методика розрахунку збитку від надзвичайних ситуацій складається з двох розділів: витрати на можливе попередження аварії (повні чи часткові) і витрати на ліквідацію її наслідків. Сума всіх витрат і складає повний розмір заданого економічного збитку при виконанні певних вимог [11-13]:

Першою вимогою, яка висувається до методу визначення економічного збитку від надзвичайних ситуацій є необхідність врахування забруднення навколишнього середовища та його вплив на здоров'я людини.

Друга вимога – метод розрахунку економічного збитку повинен базуватись на показниках, які характеризують як сам об'єкт підвищеної небезпеки, так і пов'язані з наслідками аварії економічних показників зовнішнього середовища.

Зміна критеріїв стійкості функціонування об'єкта підвищеної небезпеки – раціоналізація технології і організації виробництва, перебудова виробництва.

Третя вимога – необхідність ведення обліку на виробництві витрат, пов'язаних з надійністю його функціонування. Це затрати по сировині, проміжному і кінцевому продукту, а також його доставка до споживача.

Збиток, що спричинений надзвичайною ситуацією, є одним з найважливіших показників ступеня надійності підприємства.

Витрати на компенсацію наслідків надзвичайних ситуацій включають. роботи по відновленню природної рівноваги, такі як: рекультивация земель, очистка водойм та ін. джерел, відновлення тваринного і рослинного фондів. Згідно кваліфікаційним характеристикам, відмічаються 4 рівні надзвичайних ситуацій: загальнодержавний, регіональний, місцевий, об'єктний.

Визначення типу надзвичайної ситуації рекомендується проводити на основі Постанови КМУ від 24.03.2004р. № 368 зі змінами від 29.05.2013р.

В залежностях від типу техногенної надзвичайної ситуації і визначають складові збитку.

Нижче наведемо найбільш розповсюджених складових повного збитку техногенних аварій і катастроф [11]:

Збиток від транспортних аварій складається з:

–прямих збитків (від пошкодження і руйнування матеріальних об'єктів і майна, а саме: транспортних засобів, доріг, споруд і будівель, комунікацій, які потрапили в зону надзвичайної ситуації;

- збиток від втрати життя і здоров'я людей;
- збиток від забруднення землі і ґрунту;
- збиток від забруднення поверхневих і підземних вод;
- збиток від забруднення атмосферного повітря;

- інших збитків (збитки тваринному і рослинному світу, територіальним об'єктам історії, культури ті ін.)

Перша складова присутня завжди, друга – якщо постраждали люди. Інші складові розраховуються тоді, коли в результаті аварії відбувся викид отруйних чи забруднюючих речовин в надзвичайній ситуації.

Збиток від пожеж і вибухів на виробничих об'єктах, транспорті, комунікаціях, соціально-культурних і житлових об'єктах складається з:

- прямих збитків від порушення і руйнування матеріальних об'єктів і майна;
- збитків від втрати життя і здоров'я населення;
- збиток від забруднення атмосферного повітря.
- інших збитків (збитки тваринному і рослинному світу, територіальним об'єктам історії, культури ті ін.)

Перша складова присутня завжди, друга – якщо постраждали люди. Інші складові розраховуються тоді, коли в результаті аварії відбувся викид отруйних чи забруднюючих речовин в надзвичайній ситуації.

Збиток від пожеж і вибухів на виробничих об'єктах, транспорті, комунікаціях, соціально-культурних і житлових об'єктах складається з:

- прямих збитків від порушення і руйнування матеріальних об'єктів і майна;
- збитків від втрати життя і здоров'я населення;
- збиток від забруднення атмосферного повітря.

Перша складова присутня завжди, друга – якщо при аварії постраждали люди, третя залежить від типу і масштабу аварії.

Збиток від аварії з викидом (загрозою викиду) отруйних шкідливих речовин або радіоактивного зараження розраховують за формулою (4) по всіх компонентах:

$$Y = A_{\phi} + V_{\phi} + Z_{\phi} + (H_r + M_r + P_{c/g} + P_{l/g} + P_{p/g} + P_{рек} + РПЗФ), \quad (4)$$

Якщо A_{ϕ} – збиток від забруднення атмосферного повітря; V_{ϕ} – збиток від забруднення поверхневих і підземних вод; Z_{ϕ} – збиток від забруднення земельних ресурсів; H_r – збиток від втрати життя та здоров'я; M_r – збиток від руйнації і пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції; $P_{c/g}$ – збиток від втрат і зниження якості с/г угідь; $P_{l/g}$ – збиток від втрат продуктів і об'єктів лісового господарства; $P_{p/g}$ – збиток від втрат в рибному господарстві; $P_{рек}$ – збиток від знищення і погіршення якості рекреаційних ресурсів; РПЗФ – збиток природно-заповідному фонду.

Збиток від раптової руйнації споруд має дві складові:

- прямі витрати від порушення і руйнування матеріальних об'єктів і майна;
- збиток від втрати життя і здоров'я людей.

Збиток від аварій на електроенергетичних системах:

- збиток, який утворюється внаслідок падіння виробництва продукції в разі відсутності електропостачання;
- прямих збитків від пошкодження матеріальних об'єктів і майна, внаслідок аварійних ситуацій, які пов'язані з відсутністю електропостачання (якщо наявні такі аварійні ситуації);
- прямих збитків від втрат життя і здоров'я людей в результаті виникнення аварійних ситуацій внаслідок відключення електроенергії, або в результаті неможливості надання медичної допомоги внаслідок відсутності електроенергії;
- безпосереднього збитку від пошкодження електроенергетичних споруд і ліній електропередач.

На комунальних системах життєзабезпечення збиток складається з:

- прямих витрат, пов'язаних з пошкодженням і руйнуванням матеріальних об'єктів і споруд;
- збиток від втрати життя і здоров'я людей;
- збиток від забруднення поверхневих і підземних вод;
- збиток від забруднення землі і ґрунту.

Третя та четверта складові виникають тоді, коли відбувається аварія на каналізаційних системах з масовим викидом забруднюючих речовин.

Збиток від аварій на очисних спорудах складається з :

- збиток від забруднення поверхневих і підземних вод;
- прямого збитку, пов'язаного з порушенням і руйнуванням матеріальних об'єктів і майна;
- збиток від втрати життя і здоров'я людей;
- збиток від забруднення землі і ґрунту.
- знищення і погіршення якості рекреаційних ресурсів;
- збиток від забруднення атмосферного повітря;
- збиток від втрат в рибному господарстві;
- збиток від втрат в сільському господарстві;
- збиток від недовиробництва продукції через розірваність технологічних циклів.

Якщо по масштабу територіального охоплення і можливих наслідків надзвичайну ситуацію розглядають як регіональну або загальнодержавну, всі вище перераховані види збитку розраховуються обов'язково.

Збиток від надзвичайної ситуації внаслідок воєнних дій розраховують за формулою (4) по всіх компонентах:

Якщо відбулася надзвичайна ситуація природного походження (землетруси, селі, лавини, зсуви), то основними видами збитків є:

- прямий збиток від пошкодження та руйнування матеріальних об'єктів і майна;
- збиток від втрати життя і здоров'я людей;
- збиток від випадіння с/г земель з обороту чи погіршення їх якості;
- збиток від втрат в лісовому господарстві;
- збиток від втрат в природно-заповідному фонді.

У випадку гідрологічних природних явищ (паводку, підтоплення):

- прямий збиток від пошкодження та руйнування матеріальних об'єктів і майна;
- збиток від втрати життя і здоров'я людей;
- збиток від випадіння с/г земель з обороту чи погіршення їх якості;
- збиток від втрат в лісовому господарстві;
- збиток від втрат в природно-заповідному фонді;
- збиток від втрат рекреаційних ресурсів;
- збиток від забруднення поверхневих і підземних вод.

При метеорологічних явищах (сильний мороз, спека, туман, засуха, заморозки і т.д.):

- прямі витрати від метеорологічних явищ, в т.ч. усереднені витрати;
- збиток від втрат в лісовому господарстві;
- збиток від втрати життя і здоров'я людей;
- збиток від погіршення якості с/г продукції.

Таким чином для оцінки кожного виду і типу надзвичайної ситуації в залежності від його територіального рівня згідно класифікації можна виділити свій характерний набір основних видів збитків.

При управлінні та оцінці техногенної безпеки території, акваторії, або технологічного процесу розрізняють наступні види ризиків:

Індивідуальний ризик – ризик, якому підлягає індивідуум в результаті впливу досліджуваних факторів небезпеки;

Колективний, потенційний територіальний ризик – просторовий розподіл частоти реалізації негативного впливу визначеного рівня;

Соціальний ризик – залежність частоти подій, в яких постраждало на тому чи іншому рівні число людей більше визначеного;

Колективний ризик – очікувана кількість смертельно травмованих в результаті можливих аварій за визначений час.

У випадку, якщо впливи на технологічну систему (екзогенні та ендогенні) можуть призвести до надзвичайної ситуації, повну картину фізичних процесів, що призводять елементи і саму систему до критичного стану, можливо прослідкувати за допомогою дерева відмов та дерева подій [14,15,16]. На відміну від дерева відмов мають більш повне фізичне наповнення. Методологія дерева подій дає можливість описувати сценарії аварій з різними наслідками від різних початкових подій, визначати взіємонаслідки відмови системи з наслідкам аварії, скоротити першочерговий набір потенційних аварій та обмежити його лише логічно значимими та ідентифікувати верхні події для аналіз дерева відмов. “Дерево подій” починається з вихідної події, якою є будь-яка, здатна призвести до відмови якої-небудь системи чи компонента. У “дереві подій” вихідні події пов'язані з усіма іншими можливими подіями – гілками, а кожен сценарій є можливим шляхом розвитку аварії, що складається з набору таких розгалужень. За допомогою даного аналізу можна визначити шляхи розвитку аварії, які роблять найбільший внесок у ризик через їх високу ймовірність або потенційний збиток. Приклади техногенних небезпек та методи їх оцінки приведені в роботі [4].

Запитання для самоконтролю

1. Які інструменти відносяться до методів контролю за екологічною безпекою території?
2. Взаємодія небезпечних природних явищ і причин їх виникнення з техногенним навантаженням території.
3. Визначення екологічного ризику території. З чого він складається?
4. Прямий і опосередкований економічний збиток внаслідок надзвичайної ситуації.
5. Рівні екологічної небезпеки. Визначення екологічної небезпеки.
6. Як розраховується екологічний ризик забрудненої території в загальному вигляді?
7. Вимоги до розміщення потенційно небезпечних об'єктів в населених пунктах.
8. Як впливають технологій виробничих процесів на забруднення атмосферного повітря і здоров'я населення в умовах глобальних кліматичних змін.
9. Екологічний ризик для здоров'я людини від забрудненого атмосферного повітря. Соціальний ризик від планованої діяльності

10. Наведіть приклади управління технологічними процесами з врахуванням життєвого циклу продукції.
11. Які задачі забруднення навколишнього середовища можна розв'язувати за допомогою методу матеріального балансу?
12. Як оцінити вплив на навколишнє середовище промислового підприємства за допомогою методу матеріального балансу?
13. Як Ви розумієте «контрольовані» і «неконтрольовані» потоки, які містять речовини, що забруднюють навколишнє середовище?
14. Наведіть схему взаємодії між навколишнім середовищем, виробництвом та сферою споживання, за допомогою якої можна розрахувати забруднення навколишнього середовища від конкретного виробництва.
15. Чи можна за допомогою складання методу матеріального балансу поліпшити управлінські рішення, що приведе до скорочення відходів виробництва? Чи можливо те ж саме, але для зменшення маси сировини?

Список використаних джерел до другого розділу

1. Верховна рада України. Закон України «Про національну безпеку України» / Відомості Верховної Ради (ВВР)/, 2018, № 31, ст.241
2. Стратегія національної безпеки України. Указ Президента України № 392/2020 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.president.gov.ua/documents/3922020-35037> (Дата звернення 15.04.2023). (Дата звернення 14.04.2024)
3. Хилько М. І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник / – К., 2017. – 267с.
4. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. - К.: НІСД, 2001, - 312 с.
5. Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлев Є.О.; Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі / Ін-т пробл. нац. безпеки РНБОУ – К.: 2008 – 160с.
6. Волошкіна О.С. Екологічна безпека: конспект лекцій /– К.: КНУБА, 2011. – 60 с.
7. Биченок М.М., Трофимчук О.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. – К.: РНБОУ, 2002. – 153 с.
8. Іванюта С.П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків: монографія. Київ: НІСД, 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://discovery.kpi.ua/Record/000337565> (Дата звернення 17.05.2023)

9. Закон України «Про основні засади державної екологічної політики України на період до 2030 року (Відомості Верховної ради, 2019, №16, ст.70) захисту – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (Дата звернення 14.04.2023).
10. Управління ризиками та Єдина система цивільного захисту – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://r2p.org.ua/upravlinnya-ryzykamytayedyshcz-longrid/> (Дата звернення 14.04.2023).
11. Луцко В.С. Економічні важелі забезпечення екологічної безпеки України. - К.: НАНУ, РВПС, 2000. - 127 с.
12. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій: [у 5 т.] / Під заг. ред. В.В. Могильниченка // Всеукраїнський НДІ цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Київ : МНС України. Т. 1: Техногенна і природна небезпека. 2007. 636 с.
13. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій: [у 5 т.] / під заг. ред. В.В. Могильниченка // Всеукраїнський НДІ цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Київ: МНС України. Т. 2: Управління в надзвичайних ситуаціях. 2007. 368 с.
14. Аналіз безпеки складних систем за допомогою методів “дерево подій” і “дерево відмов” Електронний ресурс: – https://pidru4niki.com/72458/ekologiya/analiz_bezpeki_skladnih_sistem_dopomogoyu_metodiv_derevo_podiy_derevo_vidmov (дата звернення 28.04.2023).
15. Бєлов С.В., Сівков В.П., Ільницька А.В., Морозова Л.Л. та ін Безпека життєдіяльності. Підручник, 2005 – 382с.
16. Розрахунки процесів і реакторів в курсі загальної хімічної технології.- Український державний університет.- Дніпропетровськ, 2004- 104с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/08/e0178d301be2a24a7df6317813527288.pdf> (Дата звернення 05.05.2023).
17. Війна підвищує ризик від надзвичайних ситуацій. Екологія. Право. Людина. Верховенство захисту довкілля. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://epl.org.ua/announces/vijna-pidvyshhuye-ryzyky-nadzvychajnyh-sytuatsij-nages/> (дата звернення 12.05.2023).
18. Волошкіна О.С., Трофімович В.В., Екологічна безпека: конспект лекцій Удод В.М. – К.: КНУБА, 2011. –44 с.

19. Волошкіна О.С., Трофімович В.В. Організація та управління в природоохоронній діяльності: конспект лекцій – К. : КНУБА, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://unfccc.int/ghg/items/3825.php> (Дата звернення 12.05.2023).
20. Потенціал глобального потепління (Другий звіт МГЕЗК про оцінку) United Nations. Climate Change Електронний ресурс: <http://unfccc.int/ghg/items/3825.php> (Дата звернення 17.05.2023).
21. Industrial Pollution Control and Risk Management. Overview. Integrated Pollution Prevention and Control Directive (96/91/EEC) (the IPPC Directive) Directive or Air Pollution from Industrial Plants (84/360/EEC). Large Combustion Plants Directive (88/609/EEC). Directive on the control of major accident hazards involve dangerous substances (96/82/ES) (the seveso Directive). Electronic resource – <http://surl.li/tvrsh> (accessed 19.05.2023).
22. Частишки – Particulates. Electronic resource: https://uk.wikiquibe.net/wiki/particulates#cite_note-57 (accessed 20.05.2023).
23. Conticini, E., Frediani, B., & Caro, D. (2020). Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environmental Pollution*, 261, June 2020, 114465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>.
24. Studies linking air pollution to the severity of COVID-19. Electronic resource – <https://olik-gp.livejournal.com/73217.html> (accessed 20.05.2023).
25. Волошкіна О.С., Шаблій Т.П., Трофімович В.В., Єфіменко В.М., Гончаренко А.В., Жукова О.Г. Вплив глобальних кліматичних змін на забруднення повітря урбанізованих територій та розповсюдження захворюваності населення на Covid-19. Екологічна безпека та природокористування: зб. Наук. Праць. М-во освіти і науки України, Київ, нац. Ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. Ін форм. простору. – К., 2021. – Вип. 39. – С.5-15
26. Demerjian, K. L. and Mohnen, V. A.: Synopsis of the temporal variation of particulate matter composition and size, *J. AirWaste Manage*, 58, C.216–233.
27. Moravwska Lidia, Zhu Tong, Nairui Liu ect. The state of science on sever air pollution episodes: Quantitative and qualitative analysis./*Environmental International*, Volume 156, November 2021, 106732,- <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106732>.
28. Eyisi Rita, Esonye Chizoo, Ume Sunday Cyril. Sustaining COVID-19 pandemic lockdown era air pollution impact through utilization of more renewable energy resources/ *Helion*, Available online 30 June 2021, e07455, <http://doi.org/10.1016/j.helion.2021.e07455>.

29. Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або підчас дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди. Затверджено Наказом Міністерства довкілля та природних ресурсів України 13 квітня 2022 року, № 175. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z043> (Дата звернення 13.05.2023).
30. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Методичні рекомендації, затверджені наказом МОЗ України №184 від 13.04.2007р.
31. Орел С.М., Мальований М.С., Орел Д.С. Оцінка екологічного ризику. Вплив на здоров'я людини: навчальний посібник. Орел - Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 232 с.
32. Сіпако/ Ростислав Васильович. Удосконалення управління екологічним ризиком від забруднення атмосферного повітря на автошляхопроводах територій (на прикладі м. Києва) : автореф. дис. канд. техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека». М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т будівництва і архітектури. – Київ, 2021. – 21 с.
33. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (овнс) ДБН А.2.2-1:2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/06/dbn-a.2.2-1_2021.pdf (Дата звернення 13.05.2023).
34. Волошкіна О.С., Трофімович В.В. Березницька Ю.О. Екологічна безпека: конспект лекцій – К.: КНУБА, 2014. – 44 с.
35. Material Balances for Chemical Reacting Systems. Ramon L. Cerro. Department of Chemical Engineering University of Alabama at Huntsville Brian G. Higgins and Stephen Whitaker Department of Chemical Engineering and Material Science University of California at Davis. Electronic resource – <http://surl.li/tvrqg> (accessed 20.04.2023).
36. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності . Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України I-IV рівнів кредитзації. Київ «Каравела» 2001 – 257с.
37. Stephen Whitaker, Material balances for chemical engineers Electronic resource – <http://surl.li/tvrpe> (accessed 25.05 2023).
38. How include MSW Incineration in Life Cycle Assessment. Examenarbete Christiane Buchgeister. FH Heilbronn Department of Physical Engineering. 29 juli 1993 Miljoskydd och arbetsvetenskap. Electronic resource: https://www.researchgate.net/publication/317793409_Life_cycle_assessment_for_MSW_incinerators (accessed 30.05.2023).

3. ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

3.1. Сучасний стан та перспективи розвитку енергетики в світі та Україні.

Протягом усієї своєї історії людство безперервно стикається з проблемами питомого енергоспоживання. Для вирішення цих проблем завжди освоювалися нові види енергоресурсів з вищою енергомісткістю та продуктивністю їх видобутку. Кожен такий енергоперехід супроводжувався енергетичними кризами. Прикладом цього може бути нинішній четвертий енергоперехід. Такий шлях розвитку світової енергетики в результаті призвів до виснаження невідновлюваних копалин енергоресурсів і, як наслідок, до екологічної кризи та посилення екологічних вимог до існуючих та нових енергосистем.

Рівень викидів і відходів при виробництві електроенергії досягнув рівнів, здатних руйнівню впливати на цілі екосистеми і змінити характеристики земних геосфер. Прикладом цього є проблема кліматичного нагрівання в глобальній системі «поверхня, що підстилає – атмосфера Земля». У цій ситуації кількісне збільшення енергетичних потужностей з вже досягнутими виробничими показниками при спалюванні органічного палива та використання ядерної енергії стає екологічно небезпечним і економічно недоцільним.

Однак на сьогодні реальної альтернативи вуглеводневому та ядерному паливу для виробництва електро- та теплоенергії поки що немає. Протиріччя науково-технічного прогресу та збереження рівноважного стану навколишнього середовища можна вирішити лише частково шляхом підвищення ефективності та чистоти виробництва електроенергії та створенням нових енергозберігаючих технологій. Але для цього необхідні величезні фінансові ресурси, що призведе до підвищення вартості електроенергії внаслідок подорожчання коштів та продуктів виробництва. Тому на сьогодні обрано шлях інтенсивного впровадження в практику нетрадиційних відновлюваних джерел енергії (НВДЕ), який ліг в основу нинішнього четвертого енергопереходу, мета якого – досягнення нульового рівня викидів кліматично небезпечних забруднювачів, вироблених світовим паливним енергокомплексом.

Важливо зауважити, що головною рисою перших двох десятиліть нинішнього століття у розвитку світової енергетики стала стабілізація та деяке зниження питомого споживання енергії у світі на кожного жителя Землі. Причиною цього стала економія енергоресурсів у розвинених країнах,

впровадження енергозберігаючих технологій та збільшення кількості енергетичних установок малої потужності на основі нетрадиційних відновлюваних джерел енергоресурсів (НВДЕ) – сонця, вітру, геотермальної енергії, припливів та ін. Однак важливо розуміти те, що ця примусова економія викликана не браком ресурсів, а збільшеним рівнем видобувних, спалюючих і переробних технологій. Крім того, у нафтогазовому світовому секторі відбулася низка проривних і революційних технологічних змін, які значно змінили вигляд усієї світової галузі.

Усе сказане означає, що людство йде шляхом підвищення коефіцієнта корисного використання (ККВ) вже освоєваних енергоресурсів керуючись підвищенням питомої потенційної потужності установок, що витягують і виробляють енергію з довкілля, тобто шляхом збільшення обсягів видобутку енергоресурсів без (або за) незначної зміни трудовитрат. Тому НВДЕ, як енергозберігаючі технології, для великої енергетики не можуть бути неперспективними, хоча б навіть через фундаментальний статечний закон розвитку будь-яких технологічних систем. До того ж усі НВДЕ мають властивість щодо низького концентрування енергії, а економія копалин енергоресурсів за допомогою НВДЕ підпорядковуватиметься закону насичення - заощадити більше, ніж вироблено первинних паливно-енергетичних ресурсів. Це означає, що у перспективі прогрес енергетики зможе обійтися без потужного освоєння ядерно-енергетичних ресурсів.

На сьогодні загальносвітові енергетичні потреби становлять близько 11 млрд. тон умовного палива щорічно, при тому, що в останні десятиліття частка електроенергії у світовому енерговиробництві вийшла на стабільний рівень у межах 23-26%. Споживання первинних ПЕР у світовій електроенергетиці становить близько 2,7 млрд. тон у. т. - їх 11% - нафту, 29% - газ і 60% - вугілля.

Доведених запасів вугілля може вистачити трохи більше, ніж на 200 років. А нафта та газ можуть закінчитися набагато раніше – приблизно за 50 років. Оцінки запасів традиційного палива $12,8 \cdot 10^{12}$ т у. т., що приблизно у 10 разів більше доведених в основному для вугілля. Всі інші ресурси поки що не є визначальними, незважаючи на їхній основний внесок у розвиток окремих регіонів.

Світові запаси газу можуть закінчитися раніше за інші ресурси і його частка у виробництві теплової та електричної енергії може бути зменшена на користь вугільної та ядерної складових. Але екологічні показники вугілля змушують згортати його видобуток на користь декарбонізації енергетики. А традиційні великі енерго-теплові втрати на АЕС, величезна капіталомісткість ядерних новобудов, загроза нових ядерно-екологічних аварій і катастроф, відсутність технологій екологічно безпечної утилізації та переробки радіоактивних відходів

викликають потужний соціальний та цивілізаційний опір розвитку ядерної енергетики на традиційній технологічній основі.

На сьогодні 451 ЯЕРБ із сумарною встановленою потужністю 371 ГВт працюють у 31 країні. За даними МАГАТЕ світове споживання урану у 2002 р. склало 67 тис. тон, а видобуток – 36 тис. тон. Решту урану було отримано з вторинних джерел.

Таким чином, енергетичне майбутнє неможливе без суттєвого технологічного оновлення та розвитку нинішньої ядерної енергетики та світового науково-технічного та технологічного прогресу.

За останні 150 років світова енергетика пройшла три етапи свого розвитку. Тривалість першого, другого і третього етапів становила 70, 50 і 30 років, відповідно. Протягом кожного етапу зростали ціни на паливо і уповільнювалися темпи зростання енергоспоживання в 4.8, 4.2 і 1.6 рази. А в кінці кожного етапу виникали кризи енергоспоживання. На сьогодні світова енергетика знаходиться на новому черговому, четвертому історичному перехідному етапі своєї еволюції. Стратегічною, довгостроковою метою нинішнього енергетичного переходу є відмова від спалювання вугілля та інших не відновлюваних енергетичних ресурсів. За прогнозами нинішній енергетичний перехід повинен закінчитися стабілізацією, або відносно незначним помірним зростанням світового енергоспоживання. Новим небезпечним потужним фактором глобального впливу на світову енергетику стала російська агресія і війна проти України, що стала повноним тригером трансформації світових економік, ринків викопних енергоресурсів та критичної нестабільності регіональної і глобальної енергобезпеки. На думку міністра оборони США Л.Остіна, російське вторгнення в Україну може спонукати автократів по всьому світу до гонки в розробках ядерної зброї, що потенційно може призвести до небезпечної ери ядерного розповсюдження, отримання ядерної зброї дасть їм власні індульгенції для агресії. І це може розкрутити небезпечну спіраль ядерного розповсюдження.

Для світової ядерної енергетики нинішній глобальний енергетичний перехід став найважчим випробувальним етапом за всю її історію. Його причиною стали сучасні демографічні процеси. Починаючи з 2011 р., в світовій ядерній енергетиці продовжуються проектні терміни експлуатації старих ядерних енергетичних блоків (ЯЕРБ), модернізуються старі та будуються нові ЯЕРБ. Але проблеми технологічної, експлуатаційної та ядерно-екологічної безпеки сучасного розвитку світової ядерної енергетики залишаються багато в чому не вивченими.

Найбільшу загрозу для майбутнього існування світового ЯЕК несуть людський фактор та запроекtnі ядерні аварії і катастрофи, які завжди були

наслідком непередбачених вкрай малоймовірних комбінацій вихідних аварійних подій. Для ліквідації наслідків цих аварій персонал не мав відповідної підготовки та обладнання. В наступні 20-30 років вклад ядерної енергетики в загальну світову електрогенерацію, більше як 10%, зможуть зберегти тільки Північна Америка, Європа, країни колишнього СРСР та розвинені країни Азії, але при можливому зменшенні цього показника до 6-4%. Світова ядерна енергетика продовжує існувати і розвиватися при наявності чималого списку невирішених проблем її ядерно-екологічної безпеки разом з відсутністю технологічно гарантованих надійних і безпечних ядерних енергетичних технологій серед усього пулу існуючих та розроблюваних нових проектів, що залишаються невирішеними і на сьогодні, та в перспективі на десятиліття. МАГАТЕ та провідні експерти світу, виходячи з нинішньої ситуації, що склалася в світовій ядерній енергетиці, акцентують на необхідності створення її абсолютної ядерно-екологічної безпеки.

В даний час близько 90% палива, що використовується в Україні на ТЕЦ і ТЕС –вугілля та газ. З метою декарбонізації, Україна має збільшити біоенергетичні можливості сільськогосподарського сектору, використання біомаси, сектору відходів. Розвиток в даному напрямку має пришвидчитися завдяки виконанню двох Директив ЄС: Директива 2010/75/ЄС про великі спалювальні установки та Директива 2015/2193/ЄС про середні спалювальні установки. Це дозволить знизити рівень викидів забруднюючих речовин та в довгостроковій перспективі знизити конкурентоспроможність вугільних об'єктів електро- та теплогенерації в порівнянні з об'єктами відновлюваної енергетики. Для досягнення даних амбітних цілей, що передбачають зниження викидів ПГ, в енергетичному секторі має збільшитись частка відновлюваних джерел енергії (за прогнозами до 6 ТВт·год у 2030 р. згідно Аналітичного огляду другого національно визначеного внеску України до Паризької угоди, квітень, 2021). Викиди парникових газів зросли в усіх секторах порівняно з аналогічним періодом 2021 року, за винятком домогосподарств, які залишились на колишньому рівні – 245 млн тонн CO₂-еквіваленту. Найбільше зростання було зафіксовано у транспортній галузі – на 21%, гірничодобувній промисловості – на 15% і будівництві – на 11%.

В будівельному секторі для зменшення викидів ПГ та витрат на енергетичні послуги, потрібно здійснити щонайменше чотири основних заходи:

- (1) провести широкомасштабну термомодернізацію будівель,
- (2) замінити низькоефективні котли на вискоелефективні,
- (3) замінити викопні джерела енергії на відновлювані при індивідуальному теплозабезпеченні

- (4) запровадити широкомасштабне будівництво нових будівель з близьким до нуля рівнем енергоспоживання

Перехід на відновлювальні джерела енергії, електричний громадський транспорт та будівлі з нульовим споживанням енергії, а також відмова від подальших інвестицій у викопні види палива мають стати основними принципами післявоєнної відбудови країни.

В Україні на даний час діють кілька Стратегій, планів та концепцій розвитку енергетичного сектору, а саме:

- Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року;
- Енергетична стратегія України до 2035 року;
- План дій щодо реалізації етапу «Реформа енергетичного сектору (2020)» в рамках Енергетичної стратегії України до 2035 року;
- Національний план дій з енергетичної ефективності до 2020 року та проект такого плану до 2030 року;
- Концепція державної політики з теплопостачання до 2035 року.

Відповідно до результатів багаточисельних досліджень, у 2030 році в структурі виробництва електроенергії переважатиме ядерна енергетика. (При середньому коефіцієнті використання встановленої потужності 75% вона має забезпечити 90 ТВт·год. Відновлювані джерела енергії (в т.ч. великі ГЕС та ГАЕС) забезпечать близько 60 ТВт·год, існуючі вугільні електростанції – 25 ТВт год, існуюча та нова газова генерація і промислові автовиробники забезпечать решту. Але тільки заміна викопних джерел відновлюваними може призвести до скорочення загальних викидів ПГ у 2030 році за прогнозними оцінками до рівня 41% від 1990 року.

3.2. Вплив систем охолодження АЕС на навколишнє середовище та оптимізація їх роботи в умовах глобальних кліматичних змін.

За даними Світової метеорологічної організації, п'ятирічний період 2015–2019 рр. став найтеплішим за будь-який еквівалентний період у світовому масштабі, зі зростанням на 1,1°C глобальної температури за до індустріальний рівень та зростанням на 0,2°C порівняно з попереднім п'ятирічним періодом. Дані прогнозу Українського гідрометеорологічного інституту, які базуються на регіональних моделях змін клімату, свідчать про підвищення середньорічної температури повітря на території України до 2050 р. порівняно з 1991 – 2010 рр. ще на 1,37°C, а до 2100 р. – на 3,15°C. Прогнозується при цьому відносно незначне зростання опадів [1-3,10].

Вплив зміни клімату на водойми – охолоджувачі виражається в зниженні їх загальної ефективності охолодження через підвищення середньорічних температур, а також в підвищенні температурних показників у воді та зниженні рівня дзеркала води у посушливі місяці року. В якості альтернативи МАГАТЕ пропонує повторно використовувати технологічну воду (замкнуті системи водообігу) або більш дорогі технології сухого охолодження. Що стосується ураганів, повеней і засух, тут вплив може бути куди більш значним, а методи захисту від них відчутно більш дорогими. Також, за висновком МАГАТЕ, вплив зміни клімату на атомну енергетику зводиться до деякої втрати термічної ефективності, а також до нагрівання і висихання водойм-охолоджувачів. Тому очікувано, що в майбутньому розвитку галузі переважатимуть технології альтернативних варіантів систем охолодження. Наприклад, на АЕС Пало-Верде в Аризоні, найбільшій генеруючій станції в США, для охолодження використовуються перероблені стічні муніципальні води.

Оскільки підвищення температури охолоджувальної води призводить до порушення роботи АЕС та ризику виникнення надзвичайної ситуації (як це сталося при аварії на Фукусімі), необхідні варіанти адаптації в умовах змін клімату задля надійності систем охолодження та відповідні стратегії управління охолодженням активної зони та захисної оболонки у реакторів різних конструкцій. Так, системи охолодження можуть вийти з ладу внаслідок ядерної аварії через проблеми з засміченням побічними продуктами деградації матеріалів та компонентів обладнання. На надійність роботи систем охолодження впливає також ерозія та корозія трубопроводів, інші чутливі компоненти реакторів

Екологічний аудит, який періодично проводиться на існуючих вітчизняних АЕС визначає також слабкі сторони роботи систем охолодження і їх вплив на навколишнє середовище.

Згідно з даними екологічного аудиту Південно-української атомної станції (ПАЕС) біля дві третини теплової енергії, що виробляється в реакторах скидається через системи охолодження в навколишнє середовище. Проектом ПАЕС не передбачено постійну продувку водойми-охолоджувача, а періодична проводилася шляхом скидання поверхневих вод з Ташлицької водойми в р. Південний Буг, а в 2007 році - в Олександрівське водосховище.

Проектні тепловиділення реакторного відділення одного енергоблоку ПАЕС, що надходять на систему охолодження складають:

мінімальні $-2,9 \times 10^6 \text{Вт}$,

•максимальні $-23,4 \times 10^6 \text{Вт}$,

•середні робочі $-17,4 \times 10^6 \text{Вт}$

Кількість та потужність працюючих енергоблоків ПАЕС і є основним чинником, що визначає тепловий режим Ташлицького водоймища-охолоджувача. За охолоджувальної спроможності Ташлицького водосховища, теплове навантаження на водойму можливе в холодний період від трьох працюючих енергоблоків, в теплий період двох, а в спекотні місяці потужність АЕС складає від 1500МВт до 1800 МВт (жарка декада 10% забезпеченості). І хоча екологічний аудит ПАЕС, що проходив в 2012 році довів, що «теплове забруднення» р.Південний Буг відчувається на відстані до 500м і не впливає суттєво на екологічний стан річки, на наш погляд, аналізуючі еколого-економічну оцінку ризиків роботи водойм для охолодження атомних станцій, слід враховувати підвищення температурних показників внаслідок глобальних кліматичних змін.

Рівненська атомна електростанція (РАЕС) з енергетичним водо-водяним реактором типу ВВЕР-440 (В-213) використовує воду для охолодження з річки Стир, але внаслідок спеки та зневоднення річки останніми роками, водозабір на атомній станції зменшився до мінімально допустимого рівня. Певним акумулятором води для р.Стир - Хрінницьке водосховище, створене в 1959 році. Внаслідок розташування водосховища по течії на півсотні кілометрів вище Луцька, доплив води від нього до забору РАЕС складає 10–14 днів. Тільки у одному з самих спекотних років [6].

Влітку 2015 року, як одному з самих спекотних років за всю історію спостережень, рівень води на Хрінницькому водосховищі впав до мінімальних позначок внаслідок аномальної спеки. Півроку Хрінницька ГЕС працювала на півпотужності – з двох турбін вмикали лише одну. Фахівці-енергетики вважають за необхідне зведення гідротехнічної споруди поблизу водозабору станції для створення необхідного запасу води та усунення екологічного ризику надзвичайної ситуації на енергетичному об'єкті.

Проблеми, які пов'язані з використанням ставка-охолоджувача (Нетішинське водосховище) на Хмельницькій АЕС виникли ще в 2005 році через відмову роботи насосної станції та загрозу зупинки першого енергоблоку. Внаслідок підвищення температури в ставк-охолоджувачі почали масово розмножуватися моллюск дрейссена, що створило біологічні перешкоди для експлуатації ХАЕС. Проблему регуляції чисельності моллюсків у водоймі намагалися вирішити діляючи біологічної меліорації, які відтворюють і заселяють ставок рибами - меліораторами, які споживають небажаних гідробіонтів у їжу. Наявність риби у водоймі є технологічною необхідністю, оскільки вода для охолодження теплообмінного обладнання повинна мати визначені характеристики, як хімічні так і фізичні, а оптимальний стан води здатні підтримувати лише природні біомеліоратори.

Закриття ЧАЕС залишило невирішеною низку проблем, у тому числі і тих, що були при експлуатації водойми-охолоджувача, який під час роботи ЧАЕС виконував безліч функцій: з нього здійснювалося підживлення охолоджувальних систем, постачалася вода для подальшого хімічного очищення, заповнювалися циркуляційні системи та його навіть використовували для розведення риби [11-13]. Утримання в експлуатаційному стані цієї водойми є економічно не доцільно та вимагає спеціальних запобіжних заходів у зв'язку з наявністю в воді донних відкладень з високим вмістом радіонуклідів аварійного походження. Найбільш прийнятним на сьогоднішній день фахівці вважають варіант поступового керованого пониження рівня з одночасним проведенням реабілітаційних заходів (екранування забрудненого шару чистим ґрунтом, або видалення шару, або засадження рослинністю, вида проведення лення надлишкової біомаси тощо).

Екологічні проблеми систем охолодження на Запорізькій АЕС пов'язані перед усім, що територія станції тривалий час окупована російськими загарбниками, що створює ризик розвитку надзвичайної ситуації та радіоактивного забруднення значних територій.

На сьогоднішній день існують чисельні моделі взаємозв'язку між використанням води на охолодження та виробництвом електроенергії, але більшість з них відрізняється необхідністю великого обсягу натурних або розрахункових статистичних даних. Нещодавно була розроблена загальна модель системного рівня (S-GEM) для використання води на електростанціях різного типу. Представлена авторами модель S-GEM може бути застосована як до викопних, так і для атомних, геотермальних та сонячних термальних установок з використанням парових або комбінованих циклів. Основу вхідних параметрів в моделі було обрано так, щоб кожен параметр мав чітке фізичне значення, яке можна пов'язати з умовами експлуатації установки та показниками ефективності.

Серія досліджень, опублікованих NETL, була присвячена детальним моделям процесу найсучасніших електростанцій для порівняння різних аспектів продуктивності станцій, у тому числі використання води. Нещодавні роботи Zhai застосовують ІЕСМ для оцінки впливу уловлювання вуглецю на використання води. Однак через велику деталізацію цих моделей важко застосовувати їх для створення оцінок використання води регіональними електростанціями або для оцінки потенційних наслідків від впровадження нових технологій.

Розглянемо більш детально загальну модель системного рівня (S-GEM) з метою її можливого застосування для задач взаємозв'язку між забором води та інтенсивністю водоспоживання в одиницях Л/МВт-год. Ці інтенсивності представляють відношення об'єму води, що забирається або споживається, до чистої виробленої електричної енергії [4].

Теплове навантаження системи охолодження можна представити діаграмою Санкі, а саме:

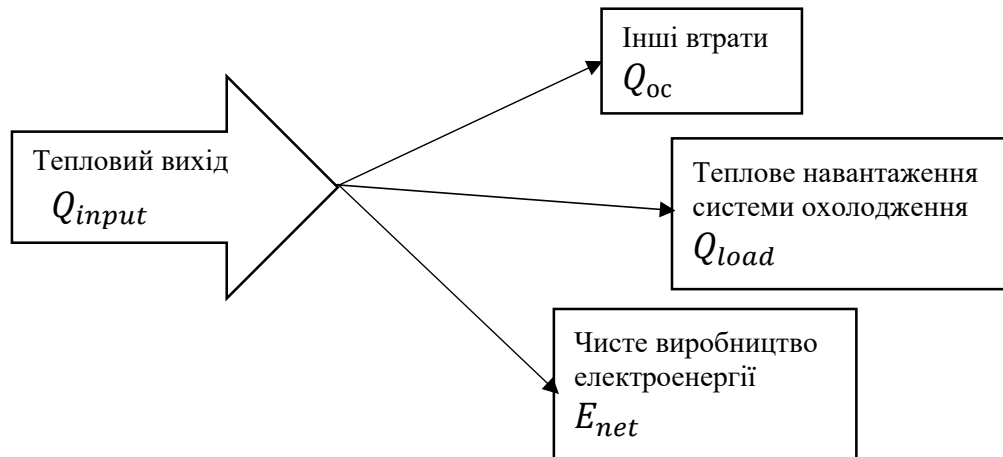


Рис.3.1. Потік тепла через типову електростанцію з паровим або комбінованим циклом [4].

Ефективність системи згідно рис.3.1. можна визначити за формулою

$$\eta_{net} \equiv \frac{\dot{E}_{net}}{\dot{Q}_{input}} \quad (1)$$

якщо $\dot{E}_{net}$ – чистий коефіцієнт виробництва електроенергії, а $\dot{Q}_{input}$ – швидкість теплового введення в установку, в одиницях МВт.

Даний коефіцієнт може використаний як джерело ефективності атомної електростанції.

Безрозмірний коефіцієнт k_{os} , що представляє частку тепла, що втрачається поглиначами, крім системи охолодження, визначається як

$$k_{os} = \frac{\dot{Q}_{os}}{\dot{Q}_{input}} \quad (2)$$

якщо $\dot{Q}_{os}$ – швидкість теплових втрат внаслідок випаровування в атмосферу та інших поглиначів, в одиницях МВт.

Енергетичний баланс призводить до наступного виразу для теплового навантаження на систему охолодження $\dot{Q}_{load}$:

$$\dot{Q}_{load} = \dot{Q}_{input} (1 - \eta_{net} - k_{os}) \quad (3)$$

Випаровування в системі охолодження в моделі системного рівня S-GEM часто включається в аналіз споживання води.

Швидкість потоку одноразової охолоджувальної води через конденсатор, $\dot{W}_{\text{конд}}$ [кг/с], можна виразити як:

$$\dot{W}_{\text{cond}} = \frac{Q_{\text{load}}}{c_{p,w} \Delta T_{\text{cond}}} \quad (4)$$

якщо ΔT_{cond} – різниця температур на вході/виході охолоджувальної води, а $c_{p,w}$ – питома теплоємність води [МДж/кг·К].

Приймаючи га увагу рівняння (3) і (4), маємо:

$$\dot{W}_{\text{cond}} = \dot{Q}_{\text{input}} (1 - \eta_{\text{net}} - k_{\text{os}}) \left(\frac{1}{c_{p,w} \Delta T_{\text{cond}}} \right) \quad (5)$$

Розділивши на чисте виробництво електроенергії $\dot{E}_{\text{net}}$ і густину води ρ_w , помноживши на 3600 для перетворення між секундами та годинами, а додавання коефіцієнта інтенсивності процесу без охолодження I_{proc} дає:

$$I_{wo} = 3600 \frac{(1 - \eta_{\text{net}} - k_{\text{os}})}{\eta_{\text{net}}} \frac{1}{\rho_w c_{p,w} \Delta T_{\text{cond}}} + I_{\text{proc}} \quad (6)$$

Щоб отримати вираз для споживання, введено коефіцієнт випаровування» k_{de} , який представляє частку скинутої води, що зазнає примусового випаровування. Значення k_{de} зазвичай становить близько 1% [4]. Маємо:

$$I_{co} = 3600 \frac{(1 - \eta_{\text{net}} - k_{\text{os}})}{\eta_{\text{net}}} \frac{k_{\text{de}}}{\rho_w c_{p,w} \Delta T_{\text{cond}}} + I_{\text{proc}} \quad (7)$$

Таким чином, застосовуючи даний підхід та отримане рівняння, можемо отримати коефіцієнт споживання свіжої води в системі. Даний підхід можна застосовувати при оцінці та прогнозуванні водного балансу в технологічній системі реакторів, а також для відкритих водойм-охолодження.

3.3. Порівняльний аналіз впливу роботи теплових електростанцій (ТЕС) та АЕС на навколишнє середовище

Як основні критерії для такого аналізу можуть служити характеристики неуправляваних пило-газових викидів в атмосферу, твердих відходів, теплових викидів, електромагнітних полів ЛЕП, шумових впливів, підвищення регіонального та глобального радіаційного фону, зміна місцевості, механічні та інші порушення ґрунтів, не виправдане вилучення та критичне забруднення відходами великих родючих територій, зміна альbedo та термічного режиму навколишнього середовища.

Важливо звернути увагу на вельми незначне збільшення коефіцієнта корисної дії (ККД) енергоустановок при величезному збільшенні обсягів палива, що спалюється. Така диспропорція спричиняє глобальні екологічні трансформації. Отже, з екологічної точки зору необхідно подальше пріоритетне збільшення ефективності використання енергії.

Під впливом антропогенного фактора відбуваються характерні зміни навколишнього середовища:

- 1) скорочення площі з природними екосистемами із середньосвітовою швидкістю 0,5 % щорічно;
- 2) світове опустелювання земель вже призвело до втрати 4,5 млрд. га (35% суші);
- 3) скорочення біорізноманіття – за останні 100 років зникли понад 25 тис. видів вищих рослин та понад 1 тис. видів хребетних;
- 4) посилення атмосферного забруднення парниковими газами - діоксид вуглецю, оксид азоту, метан, фреони, водяна пара.

При цьому світовий паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) постачає 70-75% хімічних промислових забруднювачів та 70% теплового забруднення атмосфери. У загальному забрудненні атмосфери відходами ТЕС викиди пилу становлять 20%, діоксидів сірки – 50%, оксидів азоту – 30%. А всі ТЕЦ викидають 60% оксидів азоту, 45% - оксидів сірки та 38% - золи.

Надходження в довкілля металів із зольними викидами ТЕС у багато разів перевищує їх світове промислове виробництво: миш'як – у 6 разів, германій – у 2550 разів, вісмут – у 3 рази, берилій – у 80 разів, скандій – у 600 разів, кобальт – у 12 разів, галій – у 5000 разів, уран – у 70 разів. Водночас викиди вугільного урану з вугільними золами кам'яного та бурого вугілля у світі становлять близько 200 тис. т. на рік. При цьому вплив ТЕС на радіаційне тло значно перевищує внесок працюючих АЕС у безаварійному режимі. Головним чином АЕС викидають інертні радіоактивні гази (ІРГ) у кількості 20 Ки/добу, або 1 % від норм ГДК.

Викиди CO_2 під час роботи ТЕС, як і викиди АЕС, не вважаються токсичними і становлять близько 10% його природного виділення. Найбільш токсичним є сірчистий ангідрид SO_2 , що становить 99% всіх, що накопичуються в Світовому океані, сірчистих викидів від ТЕС. Окиси азоту NO_2 руйнують озоносферу - одна тонна NO_2 руйнує 1000 тон озону. Нарешті, в результаті порушення режимів спалювання відбувається неповне згоряння палив з утворенням канцерогенних (бензопірен) поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

При штатній роботі АЕС річна середня колективна доза на 1 ГВт(ел) становить 0,02% середнього рівня природного фону. Вона складається з

надходжень прямо з копальні - 20 ТБк Кр222; з переробного заводу – 0,9 ТБк; з хвостосховища – 1 ТБк (терабеккерель). З іншого боку, цих стадіях виділяється 0,0016 ТБк ізотопів U, Th, Ka, РЬ, Ро. У повітря викидається 105 ТБк радіоактивних інертних газів, $3 \cdot 10^3$ ТБк продуктів активації, 550 ТБк тритію, 0,74 ТБк С14, 0,46 ТБк І131 і 0,056 ТБк продуктів поділу U238 у вигляді радіоактивних аерозолів, Хе135 (96%). Крім того, є рідкі радіоактивні відходи із сумарною активністю 5,7 ТБк. Ці додаткові джерела призводять до сумарної колективної еквівалентної дози на населення світу близько 570 людино-бер/ГВт(ел), що менше за 0,005% від рівня природного радіоактивного фону.

Отже, якщо не враховувати теплового забруднення довкілля та величезного споживання прісної води, самі АЕС у проектних експлуатаційних режимах їх роботи виглядають найбільш екологічними серед усіх енергоджерел світового енергетичного комплексу (ПЕК) через їх відповідність критеріям екологічності та вищого коефіцієнта перетворення тепла на електричну енергію, порівняно з середнім коефіцієнтом для всього ПЕК.

Однак будівництво нових АЕС стикається із протидією різних факторів. Вже в перші роки свого становлення ядерна енергетика США зазнала на собі багато ударів з боку громадськості та екологів, які зруйнували її екологічний ореол.

Основу сучасної ядерної енергетики становлять реактори типу ВВЕР, PWR, BWR на теплових нейтронах, у яких можна спалювати лише 1-2% природного урану. У США, Франції, Великобританії та інших країнах були побудовані експериментальні реактори на швидких нейтронах. Проте досі ще не створено надійних безпечних технологій швидких реакторів із закритим ядерним паливним циклом придатних для їх впровадження в промисловість.

Рівні викидів та скидів радіоактивних речовин на АЕС України у навколишнє середовище за даними НАЕК "Енергоатом": газо-аерозольні викиди інертних радіоактивних газів, радіонуклідів йоду, довго існуючих нуклідів та водні скиди радіонуклідів цезію-137, кобальту-60, тритію. у першому півріччі 2018 року не перевищували 1,5% допустимих рівнів погоджених з Міністерством охорони здоров'я України. А середня індивідуальна річна доза опромінення персоналу АЕС, який обслуговує ядерні установки (категорія А), за даними НАЕК "Енергоатом" також в кілька разів нижча за ліміт. Наприклад, за 2017 рік доза опромінення не перевищила 1 мЗв. Це 5% від ліміту річної дози опромінення персоналу категорії А - від 20 мЗв. У першій половині 2018 р., опромінення персоналу було в межах 0,5 мЗв. У 2017 р., реальні рівні викидів та скидів радіоактивних речовин українських АЕС не перевищували 1% допустимих значень. Допустимі рівні розраховано так, щоб радіонукліди, які можуть потрапити з АЕС у довкілля, були б меншими встановлених норм 40 мЗв

від газо-аерозольних радіоактивних речовин та 10 мЗв від радіоактивних речовин, що виносяться у довкілля з водними скидами.

Розвиток ядерної енергетики також потужним чином стримується потенційною можливістю важких запроектованих аварій із руйнівним розплавленням активної зони реактора, з величезними ядерно-екологічними наслідками та економічними збитками. Залишаються також не вирішені складні проблеми тривалого зберігання та переробки відходів у вигляді відпрацьованого/опроміненого ядерного палива. Наприклад, згідно з нормативами Управління захисту навколишнього середовища США, зберігання відходів повинно тривати не менше 10 тисяч років, щоб уникнути в майбутньому екологічних і економічних труднощів. Все це призвело до того, що в різних країнах Європи відбувається повне закриття АЕС із застарілим обладнанням. А заміна вилучених потужностей здійснюється викопними ресурсами та НВДЕ. Це означає, що у зв'язку з обмеженням паливних ресурсів, а також через бажання кращої якості життя, екологічні вимоги до процесів промислового вироблення електро- та теплоенергії стали найбільш жорсткими факторами. Але разом з цим на сьогодні ще не існує необхідних обґрунтувань того, щоб розглядати сучасну ядерну енергетику як базову.

Результати пошуку шляхів подолання нинішньої глобальної кризи ядерної енергетики, чинники якої стали очевидними, показують, що на цю роль можуть претендувати: 1) технології на основі ядерної енергії поділу важких елементів, 2) термоядерна енергетика і 3) сонячна енергія. Але для масштабного промислового використання сонячної енергії потрібні досить потужні акумулятори енергії і поки що немає ефективних ідей для вирішення цієї проблеми в принципі. А, створити безпечний замкнутий ЯПЦ на основі швидких реакторів, ймовірно буде можливим в останні десятиліття нинішнього століття.

Непарні ізотопи урану і плутонію U-233, U-235, Pu-239 і Pu-241 діляться нейтронами будь-якої енергії, а парні U-238, Pu-240 мають енергетичний поріг, слабо діляться в спектрі нейтронів поділу і зовсім не діляться, якщо нейтрони уповільнені. І критичну масу можуть утворити лише непарні ізотопи. Але в активні зони реакторів будуються, як правило, із суміші парних та непарних ізотопів урану, причому U-235 лише кілька відсотків. У такому суміші U-238, навіть не поділяючись, виконує свою позитивну функцію. Підхоплюючи нейтрони, U-238 перетворюється на Pu-239, який потім через два β -розпади за 2,5 дні перетворюється на дуже активно ділиться Pu-239 і на згорілі атоми U-235 виробляють інші атоми Pu-239.

Важлива характеристика будь-якого реактора - це коефіцієнт відтворення (КВ), що визначається ставленням числа утворених активних атомів до зниклих. У реакторах на теплових нейтронах $K_B \approx 0,5$ і горить фактично тільки U-235. У

швидких реакторах (БР) $K_B > 1,0$ і в них відбувається не тільки виділення енергії, а й збільшення (розмноження) кількості атомів, що активно діляться. Іншими словами, відбувається залучення U-238 у процес розподілу через плутоній. Ця обставина має важливе значення.

Серед аргументів противників сучасної ядерної енергетики є те, що за інтенсивного розвитку ядерної енергетики вона вичерпає свій паливний ресурс у вигляді U-235 у найближчі кілька десятиліть. Але цей елемент повністю втратить чинність, якщо в роботу включаються швидкі реактори-розмножувачі, а також більш економні, наприклад, з великим вигорянням палива до ~50%, порівняно з сьогодишнім ~2% і перспективні реактори майбутнього, тобто реактори покоління GV.

На жаль в ядерній енергетиці відсутні показники покращення ядерно-екологічної безпеки в результаті модернізації сучасних ЯЕРУ та АЕС як і показники якості самої модернізації. При цьому будь-яка модернізація систем на об'єктах ядерної енергетики по своїй суті є для них своєрідним капітальним ремонтом. Проте, як відомо з тривалого практичного досвіду, якість таких ремонтів визначається показниками якості технічного післяремонтного/після модернізаційного обслуговування ЯЕРУ, яка часто вимагає кращого.

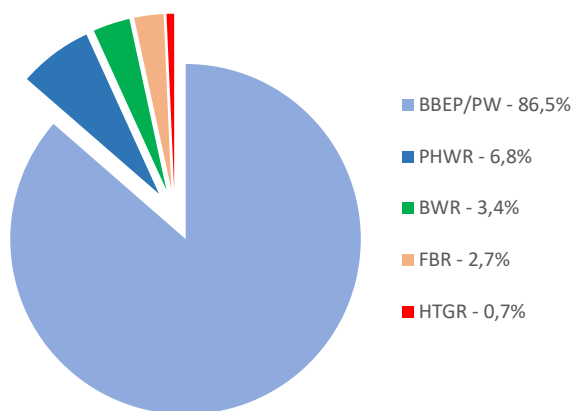


Рис.3.2. Типи ядерних реакторів в нових ЯЕРБ введенних в експлуатацію та в тих, що будуються.

У 2007-2021 рр., за даними PRIS, було побудовано, здано в експлуатацію та знаходяться в процесі будівництва 148 нових ЯЕРБ з реакторами типу BBEP/PWR - 128 шт (86%), PHWR - 10 шт (6,7%), BWR - 5 шт (3,4%), FBR - 4 шт (2,7%), HTGR - 1 шт (0,67%). Отже, оновлення реакторного парку світової ядерної енергетики замість реакторів типу BBEP старих конструкцій, що належать до покоління II, відбувається за рахунок будівництва ЯЕРУ на базі тих же реакторів BBEP, але вже з оновленою периферією, що включає і пасивні системи аварійного охолодження, під назвою покоління III до яких належать і

інноваційні реактори AP-1000 американської компанії Вестінгауз. Саме на базі останніх планується розвиток української ядерної енергетики [1].

3.4. Енергетика України в економічному розвитку країни

Енергетика України відіграє провідну роль в економічному розвитку країни та її економіки. Внаслідок воєнних дій значно постраждала економіка України і, зокрема, енергетичний сектор. Країна виявилася залежною від імпорту всіх видів енергоресурсів, оскільки до імпорту природного газу і нафтопродуктів додався імпорт вугілля і періодичний імпорт електричної енергії. Енергоблоки пиловугільних ТЕС, що залишилися без донбаського антрациту, знизили навантаження, а в ряді випадків навіть були зупинені. Відомо, що для теплових станцій транспортувати вугілля на відстань, що перевищує 400 км, економічно не вигідно, тому закупівля вугілля в інших країнах пов'язана з великими додатковими витратами.

Станом на лютий 2022 року українська енергетична галузь була однією з найпотужніших в Європі, і залишається такою зараз, незважаючи на значні пошкодження в результаті російського вторгнення. Зокрема, Україна входить у топ-10 країн Європи за встановленою потужністю електрогенерації, у топ-3 видобувників газу, має найбільші підземні газові сховища в Європі. Розгалужені та надійні системи транспортування газу, нафти, нафтопродуктів та передачі електроенергії пов'язують між собою сусідні з Україною країни ЄС та Молдову. Україна має одну з найвищих часток вуглецево-нейтральної генерації в Європі. Близько 70% електроенергії виробляється за рахунок атомної, гідро і відновлюваної генерації. Порівняно із 2014 роком, Україна позбавилася залежності від російського газу, однак зберігала часткову або повну залежність від імпорту у більшості видів палива. До початку повномасштабного вторгнення у лютому 2022 року Україна забезпечувала себе власними ресурсами у вугіллі на 75%. Імпорт решти обсягів відбувався на конкурентних умовах у диверсифікованого кола постачальників. Станом на початок вторгнення найбільша залежність українського енергетичного ринку зберігалася від імпорту російських та білоруських нафтопродуктів. На ці дві країни припадали найбільші обсяги імпорту, а власними ресурсами Україна забезпечувала свої потреби лише на 30%. На початок червня 2022 року НАЕК «Енергоатом», національна компанія, яка займається атомною генерацією в Україні, підписала угоди про постачання ядерного палива для усіх атомних електростанцій країни з

американською компанією Westinghouse Electric Company. Раніше паливо для українських АЕС поставлялося з Росії.

Незадовго до вторгнення Україна та Молдова від'єдналися від енергосистем Росії та Білорусі. За кілька тижнів українська та молдовська енергосистеми синхронізувалися з мережами Євросоюзу, а з кінця червня 2022 року Україна розпочала комерційну торгівлю електроенергією з ЄС.

Війна має суттєвий негативний вплив на роботу української енергетичної галузі. Через своє економічне, гуманітарне і геополітичне значення об'єкти енергетичної інфраструктури є особливо частими цілями російської агресії. Тим не менш, українська енергосистема демонструє високу стійкість, а енергетики – надзвичайну професійність у забезпеченні стабільної роботи галузі навіть в умовах війни.

Розвиток суспільства на засадах стійкого розвитку тісно пов'язаний з використанням і пошуком нових джерел енергії. Поряд з традиційними видами в останні десятиріччя дедалі більше використовується енергія ядерного поділу, на чому базується робота АЕС. На даний час, у деяких країнах, виробляється більше половини електроенергії на АЕС. Будуються і вводяться в експлуатацію нові АЕС. Однак, за неповними даними у світі зареєстровано більше 100 радіаційних аварій, в тому числі в США, Англії, Японії та Україні. У зв'язку з цими аваріями виникає потреба в комплексній оцінці цього джерела енергії, його впливу на навколишнє середовище, здоров'я людини, рослинний і тваринний світ.

У загальному споживанні електричної енергії частка електрики з АЕС становить близько 50%. Проте, у загальному постачанні енергетичних ресурсів на атомну енергетику припадає всього близько 20%.

Рішення про продовження терміну експлуатації старих радянських реакторів приймають на основі звітів експлуатуючої компанії – НАЕК “Енергоатом”, і результатів державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки.

У вартість електроенергії, виробленої АЕС, повною мірою не закладено витрати на зняття з експлуатації реакторів та поводження з радіоактивними відходами. Зняття з експлуатації АЕС коштує дорого та триває більше 10 років.

Дослідження показали, що навіть при нормальній роботі АЕС, викиди радіонуклідів через вентиляційні труби призводять до зростання числа ракових захворювань навколо АЕС. Так діти, молодші 5 років, які проживають на відстані менше 5 км від атомних станцій, хворіють на рак частіше в 1,7 разів.

3.5. Енергетична ефективність. Відновлювана енергія.

Енергоефективність – це використання меншої кількості енергії для досягнення того ж результату, «кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході». Варто розуміти різницю між енергоефективністю та енергозбереженням. Якщо ви вимкнете світло, то заощадите енергію, проте почитати книгу вам не вдасться – це енергозбереження. Якщо ж замінити лампу розжарювання на світлодіодну, то вам вдасться і почитати, і використати для цього менше енергії – енергоефективність.

Енергія в Україні виробляється переважно із викопного палива. Половину електроенергії до повномасштабного вторгнення росії постачали атомні електростанції, які в процесі роботи утворюють тони радіоактивних відходів. Ще третина та більша частина тепла для опалення – результат спалювання викопного палива, що забруднює атмосферне повітря та підсилює глобальні кліматичні зміни. Тож, чим менше енергії ми споживаємо, тим менше шкоди довкіллю завдаємо і тим легше буде поступово заміщувати брудне паливо більш чистими та безпечними відновлюваними джерелами енергії (сонце, вітер, біомаса тощо).

Енергоефективність – це одна із основ енергетичної політики ЄС, адже там активно націлені на зменшення свого впливу на довкілля та клімат. І Україна як майбутня членка Євросоюзу має грати за тими ж правилами, що й інші країни – тобто так само прагнути найвищих стандартів ефективності.

Енергія – в нашому випадку тепло й електрика – оточує нас усюди, тому й потенціал для розвитку енергоефективності можна знайти на кожному кроці: починаючи із звичок в побуті і завершуючи перебудовою усієї енергосистеми країни.

На особистому рівні кожен з нас може знайти простір для енергоефективності. Найпростіше це побачити на прикладі побутової техніки – уся вона має маркування класу енергоефективності. Чим він вищий – тим менше енергії той чи інший пристрій споживає для виконання тієї самої роботи, що й інший прилад із нижчим класом. Та навіть зі старою технікою можна поводитися ефективніше: наприклад, розморожувати холодильник за потреби, нагрівати лише необхідну кількість води в чайнику чи повністю наповнювати пральну машинку, коли перете одяг.

Крім цього, є ще й заходи із термомодернізації – різні способи покращити своє житло так, щоб воно краще зберігало тепло взимку чи прохолоду влітку. Це заміна вікон на більш ошадні, утеплення вхідних дверей, встановлення

спеціальних систем вентиляції, утеплювання фасаду будинку, заміна систем опалення на таку, що дозволить регулювати температуру.

В рамках Європейського зеленого курсу (ЄЗК) ЄС ставить ціль досягти повної декарбонізації (тобто зменшення викидів парникових газів до об'ємів, які повністю поглинаються з атмосфери екосистемами або іншими методами) сектору будівель до 2050 року. Україна, як потенційна членкиня, має формувати свої цілі відповідно до європейських. Для підвищення енергоефективності ще 2010 року в ЄС погодилися активно впроваджувати практику будівництва Near-Zero Energy buildings (NZEB, будинків із майже нульовим споживанням енергії). Ці споруди мають відповідати найвищим стандартам енергоефективності – від ефективного освітлення і домашніх пристроїв до розумних термостатів і щільних вікон, тобто потребувати мінімуму енергії. Крім того, більша частина цієї енергії має вироблятися з відновлюваних джерел, найкраще – з установлених на самих будівлях чи поблизу. Згідно з Директивою ЄС про енергоефективність будівель, після 2018 року за таким підходом мають будуватися всі громадські, а після 2020-го – і решта будівель. Також країни ЄС повинні розробляти довгострокові плани того, як збільшуватимуть частку NZEB на своїй території, та презентувати їх Єврокомісії. 2021-го в ЄС вирішили переглянути директиву та розвинути концепцію NZEB до Zero Emissions Buildings (ZEB, будинків із нульовими викидами). Такі будинки так само мають потребувати мінімуму енергії, але вже вся вона мусить вироблятися з ВДЕ. Тобто ZEB повинні забезпечувати свої потреби в енергії, не спричиняючи викидів парникових газів. Ці будівлі можуть стати обов'язковими з початку 2027 року для громадського і з 2030-го для абсолютно всього нового будівництва в ЄС. Так, йдеться про суттєві інвестиції, але в середньому вони дадуть можливість зекономити близько 50% енерговитрат у довгостроковій перспективі.

У проєкті Національного плану відновлення України, який розробляв український уряд спільно із сотнями експертів, вже закладено модернізацію житла. Там є проєкти і з енергоефективної відбудови житла, і з упровадження теплових насосів, і навіть пілотне будівництво NZEB. Однак Національний план України розглядає питання ефективності будівництва у двох п'ятирічних часових рамках, в яких планується впровадити відповідні рішення: 2020–2025 роки – розробка законодавчої бази, 2027-й – перехід на обов'язкову відповідність стандартам NZEB. І на сьогодні основна проблема полягає в тому, що для будівель NZEB відсутні технічні норми та вимоги.

Поки немає сталого визначення терміну “альтернативна енергетика”. Дехто вважає, що це джерела, які не несуть шкоди навколишньому середовищу. Та, зважаючи на думку деяких експертів, гідроелектростанції, ядерні об'єкти та навіть “чисте вугілля” теж можна віднести до цього класу. Все тому, що викиди

CO₂ і мінімальними та не залишають значного сліду. Та загроза не лише за діоксидом вуглецю, а і за іншими оксидами (CO, SO₂, NO та інші), тому тут маємо двояке питання. Більше прихильності за іншим: дане поняття розглядають, як саме нетрадиційні джерела. А сюди можна віднести і енергії сонця, вітру, геотермальну енергію, енергію біомаси.

Зазвичай, всі джерела енергії поділяють на два типи: традиційні та альтернативні. До першого відносять корисні копалини (газ, нафта, вугілля), до другого - все, альтернативне їм (сонце, вода, вітер).

Ключова відмінність - це відновлюваність у природі. Традиційні джерела вичерпні, відповідно, рано чи пізно цей ресурс стане недоступним, альтернативні ж є умовно нескінченними.

З кожним роком людям необхідна більша кількість електроенергії, тим самим підвищується рівень забруднення водою, повітря, утворюються нові озонові діри. Все це є наслідком, здебільшого, теплових електростанцій. 50% світової електроенергії припадає саме на ТЕС. Вони надзвичайно забруднюють водою, що служать для них охолоджувачами, а також створюють токсичне і радіаційне забруднення. Відповідно, підвищується захворюваність та з'являються нові, нікому невідомі, інфекції, вимирають рідкісні види тварин, вирують стихійні лиха.

В останні десятиліття в усьому світі, зокрема і в Україні, відбувається "екологізація" більшості виробничих процесів. Пов'язаний такий тренд з суттєвою деградацією стану навколишнього середовища. Виходом з екологічної кризи є перехід на альтернативну енергетику, адже процес виробництва "зеленої енергії" мінімізує негативний вплив на довкілля. Саме тому такої популярності набувають поновлювані енергетичні та теплові джерела. Весь світ повільно, але впевнено стає екосвідомим – жителі десятків країн ретельно сортують сміття, відмовляються від пластику і поліетилену та переходять на відновлювані джерела електроенергії. Найвпливовіші світові держави вкладають мільйони доларів у будівництво надсучасних станцій для отримання так званої зеленої енергетики – вітрової, сонячної, біологічної, гідрологічної, геотермальної.

В Україні ця проблема також є досить гострою. Через різні причини реальний процес розгляду та роботи над вирішенням вищезгаданої кризової ситуації в нашій державі розпочався лише на початок XXI століття. На сьогодні в Україні ухвалено Національну екологічну концепцію, яка передбачає використання енергії сонця, вітру, води, біогазів тощо для виробництва тепло- та електроенергії. Станом на 2020 рік в Україні 7,3% електроенергії виробляється за допомогою альтернативних джерел. В останні роки в нашій державі відбувається процес активного розвитку альтернативної енергетики, зокрема сонячної.

Сонячна енергетика- перетворення сонячної радіації на теплову та електричну енергію, в залежності від типу установки. Сюди відносяться сонячні електростанції та геліосистеми. Вони є безпечними для навколишнього середовища та можуть використовуватись ще впродовж досить тривалого часу. Питання полягає в розвитку технологій перетворення та накопичення цього ресурсу.

Сонячна енергетика - це один із найперспективніших альтернативних методів отримання електричної енергії. По-перше, джерела випромінювання (термоядерні реакції на Сонці) є невичерпними. По-друге, сонячні панелі характеризуються довговічністю, міцністю та безпечністю для довкілля (рис.3.3).



Рис.3.3 Сонячні панелі.

З-поміж іншого можна виділити наступні переваги сонячної енергетики:

- відсутність викидів газів у навколишнє середовище;
- дешевизна отриманої електроенергії (мається на увазі сам процес генерації електричної енергії; основні витрати пов'язані з купівлею та обслуговуванням панелей);
- відсутність шумового забруднення;
- надійність та довговічність сонячних панелей.

Попри всі переваги, сонячна енергетика має певні недоліки. Зокрема, розміщення СЕС промислового типу потребує великих земельних площ. Крім цього, для переважної більшості держав, зокрема для України, суттєвою проблемою є утилізація використаних панелей.

Внаслідок бойових дій на території України гостро стоїть питання визначення розмірів шкоди, завданої землям, ґрунтам унаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час воєнного стану від пошкоджених площ сонячних панелей. Відповідна Методика була затверджена наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України за № 167 від 04.04.2022 року [14].

Один з основних напрямів перетворення сонячної енергії в електричну реалізується у напівпровідникових фотоелементах (ФЕ) першого і другого покоління. Перше покоління має ефективність нижче 20% та засноване на кристалічному кремнію (Si); друге покоління ФЕ – це аморфні тонкоплівкові сонячні елементи великої площі з величиною ефективності 5-8%.

Завдяки заохоченню виробників в останні роки вдалося досягти певних позитивних результатів у розвитку вітчизняної сонячної енергетики. Однак, початок повномасштабної війни на території нашої держави поклав край розвитку галузі. Річ у тому, що понад половини потужностей сонячної енергетики знаходиться в південній та південно-східній частині України, де зараз відбуваються активні бойові дії. Саме тому держава має розробити стратегії відновлення та подальшого розвитку цього сектору ВДЕ, як найбільш перспективного та такого, що за останні роки набрав колосальних обертів.

Цікавий факт: Енергії Сонця могло б вистачити для безперебійного електропостачання усієї планети.

Вітрова енергетика - галузь, яка спеціалізується на використанні кінетичної енергії вітру для утворення будь-якого іншого типу енергії, необхідної для людства. Вітер є видозміненою формою сонячної енергії, тому також відноситься до альтернативної відновлювальної енергетики. Та вітроенергетика поступається сонячній як у ефективності, так у популярності серед населення. Все тому, що, здебільшого, вітрові ресурси знаходяться у віддалених від споживачів місцях.



Рис .3.4. Вітряки

Незважаючи на усі переваги та недоліки, вітрова енергетика у найближчому майбутньому стане реальною альтернативою небезпечним атомним виробництвам. Україна також робить вагомий внесок у покращення екологічної ситуації на планеті. Ми прагнемо енергетичної незалежності та маємо великий природно-кліматичний потенціал для реалізації перспективних вітроенергетичних проєктів. На території нашої держави працюють 7 потужних

вітрових електростанцій (ВЕС): Ботієвська, Берегова, Дмитрівська, Старий Самбір 1 і 2, Приморська, Тузлівська.

Подібні вітрові парки мають розташовуватися на певній відстані від населених пунктів. На півдні України вони постачають електрику на бази відпочинку, у дитячі і туристичні табори. Головні переваги вітрової енергетики: безпечність і екологічність (немає шкідливих викидів в атмосферу), а також невичерпність (на відміну від нафти, газу або вугілля). Та її виробники повсякчас стикаються і з певними труднощами. Природна стихія непередбачувана, тому варто заpastися резервним джерелом живлення. До того ж, відповідне обладнання достатньо дороге, що може стати на заваді при відкритті подібного бізнесу.

На сьогоднішній день в країні є певні проблеми та перспективи при післявоєнній відбудові в питанні управління відходами від комплектуючих частин вітрових агрегатів. Так, сталь і залізо можуть бути направлені в повторне перероблення з подальшим використанням; але при певній частоті перероблення знижується якість сталі, а видалення домішок вимагає додаткових фінансових витрат. При демонтажі вітрових турбін близько 10% сталі (або заліза) залишається закопаним у замлю, або вивозиться на звалище разом з бетоном. Бетон після демонтажу повністю вивозиться на звалище, окремі фундаменти залишаються у землі. Композиційні матеріали у складі вітрових установок складаються з вугле- і стеклопластику; вони складно піддаються переробці з відокремленням армуючих волокон і полімерних смол, тому їх переважно захоронюють, хоча на сьогоднішній день є окремі екологічні варіанти поводження з цими відходами. Мідь (окрім підземних кабелей) і алюміній ідуть у повторне перероблення. Що стосується міді, то її повторне перероблення вимагає на 85% менше електроенергії, ніж первинне виробництво; для алюмінія ця цифра становить 95%. Пластик, що застосовується у вітрових установках (кабелях, лопатях турбін) вимагає повторного перероблення не більше двох разів з подальшою утилізацією [15].

Цікавий факт: Один вітряк при правильному розташуванні та встановленні здатен живити 1400 будинків.

Гідроенергетика- використання потенціальної та кінетичної енергії води з метою перетворення її в електричну. На сьогодні вона є найбільш освоєною серед інших нетрадиційних джерел. Потенціал малих рік, притоків, систем водопостачання дають енергонезалежність деяким віддаленим районам та населеним пунктам. Серед переваг: невеликі термін будівництва та об'єм інвестицій, надійність та доступність.

Гідроелектростанція (ГЕС) – це електростанція, що завдяки напору води, який надходить на лопаті гідротурбіни і таким чином приводить в дію

генератори, виробляє електроенергію. Для роботи гідроелектростанції потрібен перепад висоти русла річки. Щоб його створити, будують греблю, що також слугує водосховищем та дає змогу працювати ГЕС у будь-який час. В результаті вода падає з висоти, потрапляє на лопаті турбіни і змушує їх крутитися, а ті, у свою чергу, змушують обертатися вал генератора і виробляти електроенергію. Також для створення потрібного тиску води застосовується деривація – відведення води від русла річки каналом або системою водоводів до гідротехнічних споруд. Інколи використовується одночасно і гребля, і деривація.



Рис.3.5.Діпровська ГЕС

Переваги роботи ГЕС є наступні: дешева електроенергія, робота не супроводжується шкідливими викидами в атмосферу, використання відновлювальної енергії, після включення станції швидка видача робочої потужності. Але головною перевагою ГЕС визнана відсутність витрат на «пальне», адже для виробництва електроенергії тут використовуються відновлювальні джерела енергії – вода. Також гідроелектростанції мають довгий термін «використання»: деякі можуть працювати і до 100 років. В результаті, кінцева вартість одержуваної електроенергії значно нижча, ніж в інших видів електростанцій.

Недоліки – затоплення орних земель, будівництво проводиться де великі запаси енергії води, скорочені і не регульовані попуски води з водосховищ, що призводить до забруднення річок, зміни інфраструктури, вплив на біорізноманіття (змінюється місця нересту риб, гніздування птахів і т. д.) Гідроенергетика – єдина «зелена» галузь енергетики, що може зібрати надлишок енергії та зберегти його до того моменту, коли в мережі буде дефіцит. Крім того, гідроелектростанції, на відміну від сонце- та вітро-, не залежать від погодних

умов напряду і можуть генерувати електроенергію в будь-який час. Для цього використовуються гідроакумуючі станції (ГАЕС).

«Гідроакумуюча електростанція надає важливі послуги енергосистемі та робить значний внесок у розбудову екологічно чистих енергетичних систем загалом, діючи як «планетарний акумулятор», – зазначив Роджер Джилл. – Вона здатна працювати гнучко, щоб компенсувати мінливість вітро- та сонячної генерації як у короткій, так і в середньостроковій перспективі»

В залежності від стану виробництва електроенергії у енергосистемі може виступати як терміновим споживачем електроенергії так і терміновим генератором. Оптимальна кількість гідроакумуючих станцій робить енергосистему стійкою та стабільною до магістральних аварій та непередбачених пікових споживань, раптових аварій на інших генеруючих об'єктах. Під час нічного провалу енергоспоживання ГАЕС отримує з енергомережі дешеву електроенергію і витрачає її на перекачування води у верхній б'єф (насосний режим, див. гідроаккумулятор). Під час ранкового та вечірнього піків енергоспоживання ГАЕС скидає воду з верхнього б'єфу в нижній, виробляє дорогу пікову електроенергію, яку віддає в енергомережу (генераторний режим). В Україні експлуатуються три ГАЕС, четверта, Канівська ГАЕС-знаходиться у стані консервації будівництва [16].

Гідроенергетика відіграє винятково важливу роль у функціонуванні української енергосистеми, оскільки ГЕС і ГАЕС є фактично єдиним джерелом її пікових потужностей, крім того, гідроакумуючі електростанції роблять неабиякий внесок у згладжування нічних «провалів» споживання електричної енергії. Найбільшою генеруючою компанією з гідроресурсів в Україні є ПрАТ «Укргідроенерго». До складу компанії входять дев'ять станцій на річках Дніпро – Київська ГЕС (440 МВт), Канівська ГЕС (500 МВт), Кременчуцька ГЕС (687,4 МВт), Середньодніпровська ГЕС (388 МВт), Дніпровська ГЕС (1 563,1 МВт), Каховська ГЕС, яка була зруйнована російськими загарбниками і яка виробляла в до її руйнування 343,2 МВт, Київська гідроакумуюча електростанція (ГАЕС) (213,8 МВт) і Дністер – Дністровська ГЕС (702 МВт) та Дністровська ГАЕС (1 296 МВт), перша (972 МВт) і друга (324 МВт) черги якої введені в експлуатацію, третя (972 МВт) – планується. Також в складі ОЕС України працює Ташлицька ГАЕС (302 МВт, оператор – ДП «НАЕК «Енергоатом»), спорудження якої триває (у 2022 році очікується завершення будівництва 2-ої черги у складі 3-го гідроагрегату потужністю 151 МВт, а загальна проєктна потужність станції передбачається на рівні 906 МВт), і яка є однією зі складових Південноукраїнського енергокомплексу. Інші ГЕС, що працюють в складі ОЕС України, мають загальну встановлену потужність 193 МВт.

Об'єктами відновлювальної енергетики вважаються малі гідроелектростанції (МГЕС). Мала гідроенергетика порівняно з іншими

галузями відновлюваної енергетики характеризується певними наступними особливостями, зокрема, технічного, економічного, екологічного та соціального характеру кожна з яких має свій вплив на інвестиційну привабливість проектів з впровадження малих ГЕС, а саме:

- жорстка прив'язаність малих ГЕС до водних об'єктів, якої не мають сонячні та вітряні електростанції;
- кожна річка України має водоохоронну зону, на території якої відповідний закон забороняє будь-яку господарську діяльність;
- річки і прилеглі до них території дуже часто є рекреаційними зонами, які також захищені відповідним законом від здійснення там будь-якої господарської діяльності;
- дуже часто річки протікають територіями національних природних парків, де законодавство також не дозволяє займатися гідроенергетикою;
- з економічних міркувань спорудження малої ГЕС часто потребує підняття рівня води на певній ділянці річки на один, два або навіть більше метрів, що може спричинювати підвищення рівня ґрунтових водних горизонтів і, внаслідок цього, призводити до повного чи часткового затоплення населених пунктів; це вимагає переселення людей чи надання їм відповідних компенсацій, що може суттєво підвищити капітальні витрати на проект;
- зростають ризики затоплення територій іншого господарського призначення – присадибних ділянок, сільгоспугідь, пасовищ, сіножатей та ін. під час весняних водопіль і літніх паводків з причини зменшення тієї частини площі поперечного перерізу русла річки, що не заповнена водою;
- можливі екологічні загрози, особливо в гірській місцевості, де під час спорудження малих ГЕС дуже часто з економічних міркувань застосовують трубну деривацію і це загрожує частковим або повним спустошенням великої ділянки (до декількох кілометрів) основного русла річки, і, відповідно, важкими екологічними і соціальними наслідками: зникненням звичної для тієї чи іншої місцевості річкової флори і фауни, зменшенням туристичної привабливості місцевості, зникненням звичних місць водопою та купання свійських тварин і птиці тощо.

На проекти у сфері малої гідроенергетики впливають геологія, гідрологія й геодезія місцевості, величина напору води на гідроспорудах ГЕС, наявність та особливості розташування населених пунктів, сільгоспугідь та багато інших чинників. З іншого боку, проекти у сфері сонячної і вітряної енергетики є дуже подібними між собою. Їх відмінність викликана в основному лише впровадженням нових технологій, якщо такі появляються на ринку.

Цікавий факт: Вода є одним із перших генераторів електроенергії.

Біопаливо - органічне паливо, що отримують із відходів рослин, тварин або сільського господарства чи промислового виробництва. Відновлюваний ресурс, який є абсолютно безпечним для навколишнього середовища. Сюди відносять продукти деревооброблюваного виробництва, спиртові суміші, ефіри, біодизелі та різноманітні газові поєднання. Вважається, що за біопаливом майбутнє. По-перше, це більш чистий вид палива, на відміну від бензину, й він виробляє менше викидів при спалюванні, а значить, менше забруднює атмосферу. По-друге, біопаливо виготовляють із поновлюваних ресурсів, тоді як бензин – із сирової нафти, запаси якої не є нескінченними.

Біоетанол, також відомий як етанол або біодизель, є тим, який найчастіше видобувається та використовується серед них. Його можна використовувати як альтернативне паливо для вашого автомобіля та змішувати з бензином. Біопаливо рослинне має менші викиди вуглецю, є відновлюваним і його можна вирощувати всюди порівняно з горючими корисними копалинами.

На відміну від викопних видів палива, таких як нафта, вугілля та природний газ, біопаливо розглядається як джерело відновлюваної енергії через легкість, з якою можна постачати таку сировину.

У світлі зростання цін на нафту та зростаючої стурбованості щодо ролі викопного палива в глобальному потеплінні, біопаливо часто рекламується як зручний і безпечний для довкілля замінник нафти та інших видів викопного палива.

Згідно з дослідженнями, біопаливо може скоротити викиди парникових газів на до 65%. Під час спалювання викопного палива в атмосферу виділяється багато вуглекислого газу, який є парниковим газом.

Основна перевага біопалива, окрім того факту, що воно допомагає зменшити забруднення, полягає в тому, що воно не лише відновлюване, але й уповільнює зміну клімату. Хоча основним недоліком є те, що вони заохочують збір одного врожаю та ресурсів, що збільшує неправильне використання продуктів харчування.

Вважається, що переваги біопалива полягають у наступному:

- ефективне паливо, витрати-вигоди;
- довговічність двигуна транспортних засобів;
- скорочення викидів парникових газів;
- економічна безпека та меншення залежності від імпортої нафти ;
- рівні забруднення нижчі Green Energy;
- створення більше робочих місць.

Всі джерела енергії в даний час мають свої недоліки, і біопаливо не є винятком. Хоча ми все ще прагнемо до зеленої та стійкої енергії, біопаливо, як і інші джерела енергії, має свої недоліки, і вони полягають у наступному:

- -надмірно високі виробничі витрати;
- немає сівобороту культур;
- використання добрив;
- нестача продовольства;
- промислове забруднення;
- використання водних ресурсів;
- майбутнє зростання цін.

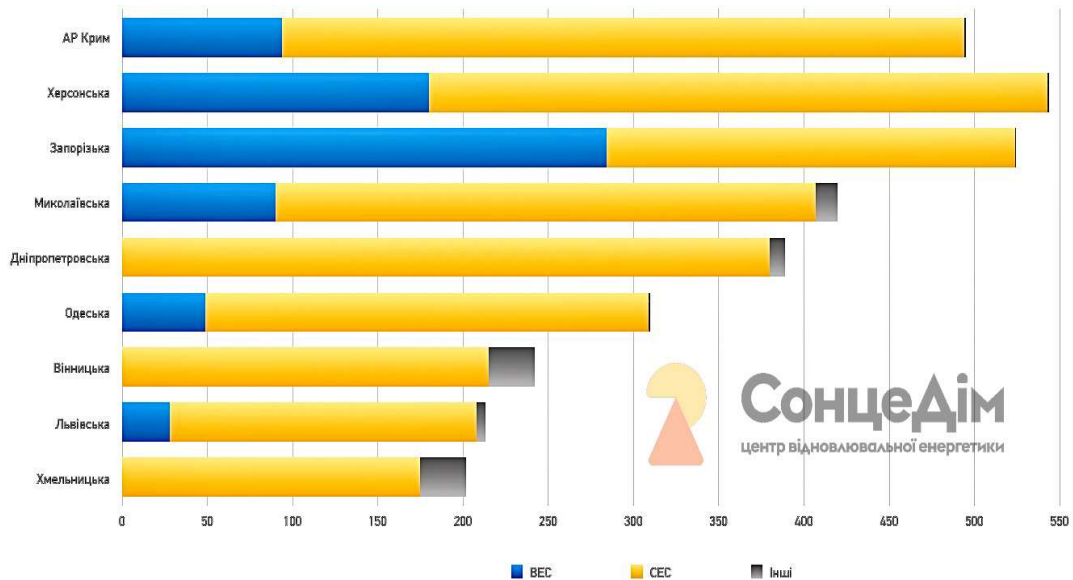


Рис.3.6. ТОП-10 областей по встановленню ВДЕ, МВт

Безперечним лідером серед інших альтернативних джерел в Україні є сонячна енергетика. Якщо станом на кінець 2019 року загальна потужність ВДЕ становить 3634,4 МВт, то 72,65% - СЕС, а це 2640,4 МВт. Друге місце зі значним відривом посідають вітрові установки - 21,37% (776,6 МВт), далі біомаса та біогаз - 3,24% (117,7 МВт). Найменш популярними є малі гідроелектростанції, їх частка становить 2,75% (99,8 МВт).

На рис. представлено розподіл по областям України [].

Найбільшу кількість потужностей в довоєнний час ввела в експлуатацію Херсонська область - 543,6 МВт, далі Запорізька - 524,5 МВт. Слідом (не враховуючи окуповану АР Крим) йде Миколаївська область із показником у 419,8 МВт, тоді Дніпропетровська - 389 МВт. Варто зауважити, що Дніпропетровська область надає перевагу сонячній енергетиці та входить у трійку лідерів по кількості сонячних установок. Одеська область використовує 309,8 МВт відновлювальної енергії, Вінницька - 242,2 МВт. Львівська та Хмельницька області посідають останні позиції із 213,3 МВт та 201,9 МВт відповідно.

3.6. Малі модульні реактори - майбутнє атомної енергетики

Нині весь технологічний світ шукає рішень для подолання проблем людства. Вагома увага привернена до розвитку нових технологій, які здатні оптимізувати, убезпечувати і налагоджувати життя на планеті. Високорозвинені країни витрачають шалені кошти на дослідження та новітні розробки, зокрема, нещодавно Сполучені Штати Америки заявили про наміри відновити фінансування міжнародних програм, спрямованих на розвиток цивільних ядерних технологій [1-3].

Розробники нових реакторних технологій переконані, що майбутнє атомної енергетики за малими модульними реакторами (ММР), адже вони мають низку переваг над своїми попередниками – енергоблоками великої потужності. Наразі у світі на різних етапах розвитку знаходиться понад 50 проєктів реакторів малої потужності.

Згідно з визначенням Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), до малих реакторів належать реактори, які мають потужність до 300 МВт і складаються з модулів, які перед поставкою та монтажем на майданчику виготовляються на заводі-виробника. Концепція ММР і їх застосування у виробництві електроенергії багато років залишалися предметом обговорення вчених, представників влади та фахівців в галузі ядерної енергетики. На відміну від абсолютно переважної кількості світового парку ядерних енергетичних реакторів типу ВВЕР, американська технологія AP-1000 є реакторною технологією Покоління III+.

На сьогодні в світі існує лінійка модернізованих традиційних ядерних енергетичних технологій та відповідних проєктів, які отримали назву «Покоління типу III+». Ці проєкти мають підвищений рівень надійності та безпеки, яка є пріоритетом, зокрема в Україні, і тому можуть розглядатися для їх застосування в ядерній енергетиці країни. ММР мають наступні нові особливості в частині енергетичної безпеки, а саме:

1). Малі модульні реактори є більш безпечними, у тому числі, за рахунок пасивних систем безпеки. Це означає, що навіть, коли людина не зможе бути присутньою на блочному щиті управління реактором, не матиме змоги здійснювати нагляд та контроль за станом енергоблока, системи безпеки самостійно, без участі людини, переведуть реактор у безпечний стан. Подібні системи безпеки знижують ризики виникнення важких ядерних аварій. Це повністю комп'ютеризований процес проєктування і планування будівництва з координацією різних видів діяльності при спорудженні енергоблоків AP-1000.

2). Використання модульних конструкцій при спорудженні АЕС. Конструктивно кожний блок AP-1000 складається з 50 великих і 250 малих модулів. Стандартні малі модулі розміром 3,7х3,7х24,4 м і вагою 80 т можна перевозити залізницею або транспортувати їх літаком типу «Мрія», який здатний доставити в Україну практично всі модулі AP-1000 [9].

3). Використання виготовлених у заводських умовах відносно малогабаритних модулів при спорудженні АЕС дозволяє:

- зменшити об'єми трудовитрат на будівельно-промисловому майданчику АЕС;
- підвищити якість та контроль якості при виготовленні модулів в заводських умовах;
- реалізувати паралельне проведення багатьох робіт, які традиційно виконуються послідовно, і таким чином скоротити терміни спорудження АЕС.

4). Впровадження реакторів МР-160 т в українській ядерній енергетиці має забезпечити:

- підвищення економічності виробництва електроенергії за рахунок зниження капітальних і експлуатаційних витрат;
- скорочення термінів будівництва;
- можливість більш швидкого повернення інвестицій, в порівнянні зі створенням енергоблоків великої потужності, і гарантію високої надійності і безпеки;
- можливість наближення джерела енергії до споживачів, включаючи енергозабезпечення віддалених і специфічних територій зі складним географічним розташуванням та, що дуже важливо для української енергетики;
- можливість роботи енергоблоків в маневреному режимі видачі електричної енергії.

Реальність впровадження ММР наближають ті фактори, що стали останнім часом очевидними в світовій енергетиці: підвищення попиту на електроенергію, необхідну для економічного зростання, а також зростаючий запит на енергетичну безпеку і низьковуглецеву енергетику в умовах боротьби зі зміною клімату. ММР мають ряд переваг у порівнянні з традиційними атомними електростанціями (АЕС): вони можуть зайняти частку у диверсифікованому енергобалансі, працювати за відсутності підключення до енергомереж, а також використовуватися з метою вироблення тепла для технологічних потреб, опріснення води та виробництва водню.

Американська технологія AP-1000 компанії Вестінгауз є єдиною з реакторних технологій Покоління III+, яка ліцензована комісією з ядерного регулювання в США. В офіційних джерелах зазначається, що впровадження в Україні апробованої реакторної установки AP-1000 Покоління III+ на базі

провідного світового ядерного реактора потужністю до 1100 МВт із системами пасивної безпеки та унікальними особливостями в частині інноваційності і стандартизації дасть змогу скоротити терміни і вартість будівництва, забезпечити найвищий рівень технологічної та екологічної безпеки АЕС і стати новим важливим елементом майбутньої безвуглецевої енергетики. Чотири блоки AP-1000, що вже побудовані і працюють у Китаї, показали рекордні експлуатаційні властивості, а саме: скорочені терміни планово-попереджувальних ремонтів та процесів перезавантаження ядерного палива, покращення коефіцієнта встановленої потужності. Іще чотири таких реактори будуються в США. Тому для України є реальна практична можливість вивчити та використати досвід будівництва реакторів AP-1000, досвід їх введення в експлуатацію та досвід їх експлуатації [9].

Детальний технологічний аналіз ядерних енергетичних реакторних технологій типу ВВЕР, які знаходяться на сьогодні в експлуатації і складають понад 80% реакторного парку планети, призводить до наступних висновків щодо ядерної і, відповідно, екологічної безпеки:

1). У всіх діючих реакторів є серйозні недоліки в галузі ядерної та екологічної безпеки, які не можна усунути шляхом модернізації їх захисних та протиаварійних систем.

2). Велика аварія на найпоширенішому в світі легководному ядерному реакторі типу ВВЕР може призвести до радіоактивного викиду, еквівалентного декільком Чорнобилям і Фукусімам.

3). Уроки усіх без виключення ядерних катастроф на ядерних об'єктах свідчать про небезпечність людського фактору й відсутності необхідного рівня ядерної культури.

4). Робота ядерних реакторів в подовженому режимі експлуатації призводить до додаткового старіння їх важливих елементів і, як наслідок, може збільшити ймовірність проектних і запроектних аварій. При цьому механізми старіння реакторних матеріалів в умовах високих радіаційних, термічних та баричних навантажень вивчені недостатньо і їх важко прогнозувати. Однак багато країн планують продовжити встановлені проектом терміни експлуатації своїх ядерних енергетичних реакторів.

5). Модернізація діючих у світі ядерних енергетичних реакторів здійснюється в напрямку збільшення тиску в реакторі, підвищення робочої температури і збільшення відсотка вигорання палива. Наслідком такої модернізації є прискорене старіння металу і подальше зниження надійності і безпеки. Але стандарти для ядерних підприємств не завжди враховують такі нові умови роботи.

6). Існує небезпека зовнішніх впливів екстремальних природних явищ – землетрусів, повеней, смерчів, змін глобального клімату та геокосмічних явищ [6].

В якості прикладу наведемо проєкт Корейського науково-дослідного інституту з атомної енергії (KAERI) SMR SMART –легководний «модульний вдосконалений реактор з інтегрованою системою», призначений для вироблення електроенергії, а також для опріснення морської води. Конструкція реактора спроектована так, що разом з активною зоною, в єдиному корпусі знаходяться компенсатор об'єму, парогенератори і головні циркуляційні насоси (ГЦН) [6,9]. У проєкті передбачається вісім парогенераторів зі спірально закрученими теплообмінними трубками, через які проходить перегріта пара. Перекачування теплоносія забезпечують чотири герметичні ГЦН.

Задля досягнення кліматичних цілей низка країн розглядає концепцію поєднання відновлюваної та атомної енергетики як основи для сталого майбутнього енергетичних систем. Атомну енергетику, разом з відновлюваними джерелами енергії, було визначено ключовою у боротьбі зі змінами клімату, а Єврокомісія підтримала пропозицію до так званого Додаткового кліматичного делегованого акту з оподаткування та включила атомну енергетику до списку екологічно сумісних видів діяльності для інвесторів.

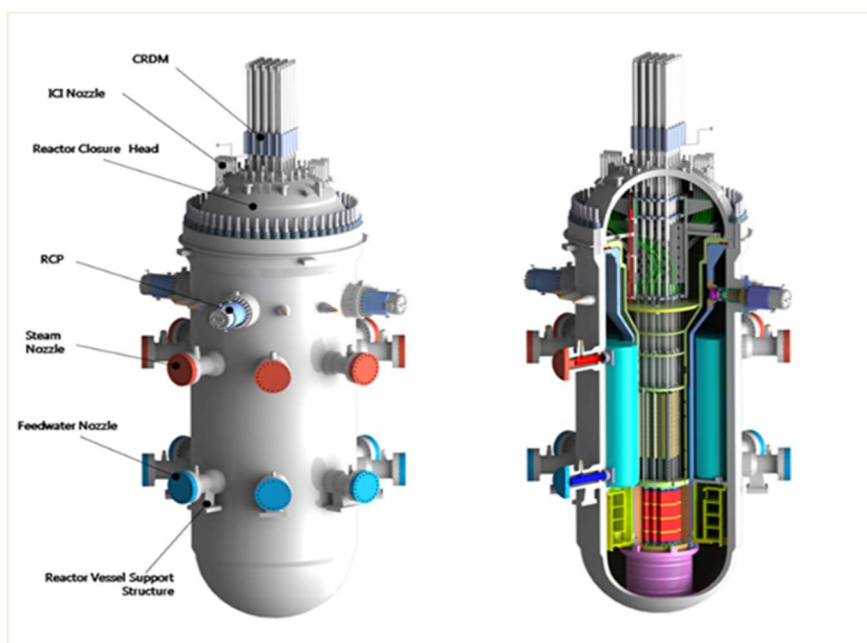


Рис.3.7. SMR SMART[9].

Подібна електростанція здатна виробляти 100МВт електроенергії, що достатньо, щоби забезпечити потреби міста з чисельністю населення 100 тисяч і опріснення 40000 тонн морської води, теплова потужність становить 330 МВт.

Окрім зазначених переваг, ММР проти АЕС великої потужності виробляють меншу кількість відпрацьованого ядерного палива та радіоактивних відходів, оскільки використовують значно меншу кількість палива.

3.7. Енергетична стратегія України.

Енергетичні політики більшості країн світу на даний час кардинально змінюються в сторону лібералізації ринків, застаріла модель функціонування наливно-енергетичного комплексу (ПЕК) оновлюється та вдосконалюється. Великі виробники, викопне паливо, неефективні мережі, слабка конкуренція на ринках – всі ці елементи системи поступово відходять у минуле. Все більше Надається перевага енергії з відновлювальних джерел. Також набувають все більшої актуальності заходи щодо адаптації до кліматичних змін. Ці фактори поставили перед Україною потребу у формуванні нової політики держави. Саме тому 18 серпня 2017 року Кабінет Міністрів України ухвалив документ – Енергетичну стратегію України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», який окреслює стратегічні орієнтири розвитку ПЕК України на період до 2035 року [35]. Згідно з цим документом, у 2035 році Україна повинна мати такі показники в енергоміксі: атомна енергетика – 50%; ВДЕ – 20%; гідроенергетика – до 7%; ТЕС/ТЕЦ – 32%.

Енергетична стратегія України на період до 2035 року передбачає необхідність вибору реакторних технологій для будівництва нових атомних енергоблоків на заміщення потужностей АЕС, які будуть виводитися з експлуатації []. Наразі Держатомрегулювання активно вивчає досвід регулюючих органів інших країн, в першу чергу США, щодо ліцензування малих модульних реакторів та регулюючого супроводу їх будівництва. Оскільки ММР є маневровим, низьковуглецевим видом генерації, в умовах боротьби зі зміною клімату, то може по-праву стояти поряд із іншими джерелами відновлювальної енергії. Так, принаймні, позиціонують технології модульних реакторів у світі.

Поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) у ММР залежить від конструкції конкретного реактора, а також від існуючої у країні практики поводження з відпрацьованим паливом, якщо малі модульні реактори будуть працювати на тому ж паливі, що і традиційні атомні електростанції, з їх відпрацьованим паливом можна поводитися так само, як і з відпрацьованим паливом великих реакторів. Що стосується ММР, де в основі, наприклад, високотемпературні газоохолоджувальні реактори, в яких використовується паливо, упаковане в графітові призматичні блоки або графітові кулі, то навіть

для них деякі країни з атомними електростанціями вже мають рішення, що дозволяють зберігати відпрацьоване паливо і поводитися з ним. Для цього може використовуватися вже існуюча інфраструктура, або ж пристосувати її до нових потоків радіоактивних відходів неважко.

Деякі конструкції ММР дозволяють скоротити обсяги робіт, пов'язаних з поводженням з ВЯП. Побудовані відповідним чином електростанції вимагають меншої частоти перевантаження – кожні 3-7 років, у порівнянні з 1-2 роками для традиційних електростанцій, а деякі спроектовані таким чином, що можуть працювати без перевантаження до 30 років. Однак навіть у таких випадках залишиться деяка кількість відпрацьованого палива, яке необхідно буде належним чином утилізувати.

Наразі інженери та конструктори мають унікальну можливість зайнятися пошуком рішень для поліпшення поводження з відпрацьованим паливом та радіоактивними відходами ММР на ранніх етапах розробки. Адже такий підхід допоможе усунути невизначеності, пов'язані з кінцевою стадією паливного циклу та знизити витрати.

Середня вартість будівництва сучасного атомного блоку потужністю 1 ГВт – приблизно 8-10 мільярдів доларів США, при термінах підготовки, проектування і будівництва близько 10 років.

Сьогодні багато експертів вважають перспективним будівництво малих модульних атомних реакторів потужністю від 50 до 300 МВт, які обіцяють стати надійнішими, дешевшими і ефективнішими з точки зору розвитку систем розподіленої генерації. Проте ці технології ще потребують підтвердження їх дієздатності широкою практикою експлуатації, та вирішення проблем екологічно безпечного захоронення ВЯП.

Енергетична безпека відіграє важливу роль у забезпеченні економічного функціонування і зростання держави. Вона також є невіддільною складовою якості життя громадян і одним із важливих критеріїв для повернення додому тимчасово переміщених осіб. Крім того, у процесі відновлення України енергетика має стати однією з ключових галузей, яка забезпечуватиме експортні надходження і підтримуватиме фінансову стійкість держави. Розумний підхід до модернізації українського енергетичного сектору дозволить Україні зробити вагомий вклад у забезпечення стратегічної автономності ЄС і зменшити залежність блоку від зовнішніх енергоресурсів. Такий взаємовигідний підхід пришвидшить інтеграцію України до ЄС.

Подальша технологічна еволюція світової ядерної енергетики повинна прогнозуватися з урахуванням можливих технологічних проривів в світовій ядерній енергетиці. Але поки що реалізуються тільки певні зусилля, направлені на підвищення ефективності діючих АЕС шляхом їх модернізації і

удосконалення периферійних систем нових ядерних енергетичних реакторних блоків (ЯЕРБ) та АЕС.

Таким чином, для сталого розвитку суспільства в майбутньому потрібна енергетика з практично необмеженим ресурсом, з еталонною ядерно-екологічною безпекою та екологічно чистим ядерним паливним циклом. Найкраще таким вимогам багато в чому відповідає термоядерна енергетика.

Необхідне сучасне оновлення глобальної ядерної енергетики, що викликане старінням світового парку ЯЕРБ та необхідністю в короткі терміни їх масового виведення з експлуатації здійснюється в умовах чергового четвертого глобального енергетичного перехідного етапу, сутність якого визначається демографічними процесами, успішним швидким розвитком відновлювальної енергетики, інноваційним розвитком та технологічним переоснащенням, в тому числі проривними технологіями, нафто-газової енергетики.

Запитання до самоконтролю

1. Чим характерний сьогоднішній четвертий енергоперехід?
2. Як впливає на водойми–охолоджувачі зміна клімату «глобальне потепління»?
3. До яких екологічних проблем приводить тривале зберігання та переробка відходів у вигляді відпрацьованого/опроміненого ядерного палива?
4. Розкрийте поняття «енергоефективність».
5. Декарбонізація: сучасний стан та перспективи застосування в Україні?
6. Типи джерел енергії та ключові відмінності між ними?
7. Нетрадиційні відновлювані джерела енергії, коротка характеристика.
8. Сонячна енергетика - сучасний стан, особливості та перспективи.
9. Вітрової енергетики - сучасний стан, особливості та перспективи.
10. Гідроенергетика- сучасний стан, особливості та перспективи.
11. Що таке біопаливо та які джерела його отримання?
12. Про особливості малих модульних реакторів та перспективи їх застосування?
13. Що містить в собі енергетична стратегія України?

Список використаних джерел до третього розділу

1. Кордуба І.Б. Ядерно-екологічна безпека світової ядерної енергетики на етапі четвертого глобального енергетичного переходу. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування № 26, С.7-14
2. Кордуба І.Б., Патлашенко Ж.І. Перспективи технологічного поліпшення ядерно-екологічної безпеки та ефективності ядерної енергетики. Екологічні науки. 2023. № 1(46). С. 75-79.
3. Кордуба І.Б., Патлашенко Ж.І. Технетико-екологічний аналіз стану та перспективи світової енергетики. Екологічні науки. 2023. № 1(47). С. 7-16.

4. Voloshkina, O., Korduba, I., Zhukova, O. Determination of the Efficiency of Cooling Systems of Nuclear Power Plants of Ukraine in the Conditions of Global Climate Changes. //Ecological Engineering and Environmental Technology, 2023, 24(5), страницы 170–176. <http://www.ecoeet.com/The-DETERMINATION-OF-THE-EFFICIENCY-OF-COOLING-SYSTEMS-OF-NUCLEAR-POWER-PLANTS-OF,165900,0,2.html>
5. Рівненський АЕС не вистачає води для охолодження реакторів. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecoclubrivne.org/raes/> (Дата звернення 12.02.2023).
6. V.Vashchenko, I.Korduba, O. Zhukova Technological and operating features of the AR-1000 reactors generation III+ and small modular reactors MR-160 Екологічна безпека та природокористування. – № 40, С. 149-156
- 7.А.А. Kakaev, V.D. Rusov, V.A. Tarasov, M.V. Eingorn, S.A. Chernenchenko, V.M. Vashchenko, M.E. Beglaryan. Ultraslow wave nuclear burning of uranium-plutonium fissile medium on epithermal neutrons. Progress in Nuclear Energy. 2015. 83, 105). P. 105-122.
8. Кордуба І.Б. Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” . Аналіз ядерно-екологічної безпеки ядерних енергетичних установок з ввер-1000/340 та ар-1000 «Ricerche scientifiche e metodi della loro realizzazione: esperienza mondiale e realta omestiche», 29 вересня 2023 року у м.Болонья, ІТАЛІЯ
10. Аналітичний огляд другого національно визначеного внеску України до Паризької угоди, Київ, 2021, 186с.
11. Проблематика ставка-охолоджувача хмельницької АЕС. Архів оригіналу за 5 січня 2016. Київ, 2023, 356с.
12. Як буде вирішуватися проблема ставка-охолоджувача ЧАЕС?– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20090506121454/http://www.chornobyl.net/ua/index.php?newsid=1233332241> (Дата звернення 12.02.2023)
13. Проект виведення з експлуатації водойми-охолоджувача Чорнобильської АЕС. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://chnpp.gov.ua/ua/185-2011-11-16-11-58-26/zaversheni-proekty/106-2011-06-23-13-31-55106> (Дата звернення 12.02.2023)
14. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України за № 167 від 04.04.2022року про Затвердження Методики визначення розмірів шкоди, завданої землям, ґрунтам унаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час воєнного стану.
15. Повханич А.Ю. Вітроенергетика, як ключовий елнмент енергетичної стратгії
16. Альтернативні джерела енергії. Agrobsogas.com.ua

4. «ЗЕЛЕНІ КОНСТРУКЦІЇ» – ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. «Зелені конструкції» як ефективні технології для управління екологічною безпекою урбоценозів

4.1.1. Сучасний стан використання енергоефективних технологій в урбоценозах

Постійне зростання міського населення призвело до ряду серйозних соціальних, економічних й екологічних проблем. Через щільності міської забудови практично не залишилося місця для зелених насаджень, парків, скверів. Скорочуються не тільки міські рекреаційні зони, але й заміські зелені насадження, які виконують роль зелених міських поясів. Такі зелені пояси є джерелом кисню, зоною збереження біорізноманіття фіто- і зооценозів, міграційними шляхами для біоти з міського середовища в природне і навпаки. Крім того, вони підтримують кліматичний баланс міської системи, захищаючи її від вітру, перепаду температури, підтоплення, зсувів і повеней.

У даний час міська система розповзається горизонтально і вертикально, що різко знижує привабливість ландшафту місцевості. Становище ускладнюється економічними причинами: вартість землі в центрі міст дуже велика. Тому вигідніше віддавати її під забудову, а не створювати зони рекреації. Через відсутність зелених зон у центральних районах, спостерігається ефект «теплового острова» центрів міст, коли різниця температур між центральними міськими та заміськими районами становить близько 4...7 °С.

До чинників, які змінюють мікроклімат урбоценозів також відносяться: забруднення атмосферного повітря (зміна його складу, що виражається в збільшенні вмісту твердих зважених часток і сторонніх газоподібних домішок); зміна теплообміну за рахунок закритості горизонту, теплофізичних властивостей міських поверхонь (теплоємність, відбивна здатність домішок); штучне утворення потоків теплоти при опаленні, роботі автотранспорту, на промислових підприємствах. Економічні та екологічні проблеми міст призводять до соціальних, коли збільшується рівень хронічних захворювань, погіршується психоемоційний стан людини, знижується рівень народжуваності. Тому у сучасних містах потрібно застосовувати сучасні енергоефективні технології – «зелені конструкції», які здатні вирішувати екологічні, економічні та соціальні проблеми. У даній роботі «зеленими конструкціями» названі архітектурно-будівельні елементи, поєднані з живими рослинами: покрівельне озеленення,

фасадні зелені блоки, вертикальне озеленення, екопарковки, «зелені схили», дощові сади тощо.

4.1.2. Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» в екологізації сучасних міст

Екологізація міст відбувається за двома напрямками: інженерно-технічним (розробка та використання різних технологій та матеріалів для підвищення енергоефективності будівель) та архітектурно-ландшафтним (використання «зелених конструкцій» як геопластичних елементів). На сьогодні немає чіткої класифікації типів «зелених конструкцій». За ДБН Б.2.2-5:2011 «Благоустрій територій», п. 9.9.1 [1], на території населеного пункту використовують різні прийоми або форми озеленення: стаціонарні (посадка рослин в ґрунт), мобільні (посадка рослин в спеціальні пересувні ємності: контейнери, вазони тощо), компактні (вертикальне, багаторівневе озеленення і тому подібне) тощо.

Під час вибору видового складу зелених насаджень треба звертати увагу на кліматичні та мікрокліматичні умови територій. Формування ландшафтів треба здійснювати з урахуванням існуючого техно- та антропогенного навантаження з подальшою мінімізацією цього впливу за рахунок рекреаційних властивостей рослин. Наприклад, в основі класифікації «вертикального озеленення» У класифікації Солоненка В.І. [2] до видів сучасного вертикального озеленення в ландшафтному будівництві віднесено озеленення дахів та схилів.

Не робить різниці в термінології засновник нового напрямку технології фітостін П. Бланк [3].

У роботі Гудим М.Г., Кудряченко О.П. [4] використовується термін «зелені насадження», який включає в себе також вертикальне озеленення (створення вертикальних стін з рослин декількох видів) та «живі стіни».

У роботі Буравченка С.Г. [5] встановлено найбільш популярні способи влаштування озеленення: горизонтальне (зелені покриття і зелені тераси та балкони) та вертикальне озеленення. В результаті проведених досліджень виявлено позитивні фактори впливу влаштування озеленення на жителів будинку та мікрорайону як на фізичний так і на психологічний стан. Дані споруди заохочують жителів до вирощування власних продуктів. Виявлено що при влаштуванні озеленення в залежності від способу горизонтального чи вертикального і виду рослин влаштовуються спеціальні конструкції у вигляді сіток, тросів, контейнерів чи спеціальних поверхонь з шаром ґрунту. Такі конструкції передбачають витримування навантаження певних рослин.

Досліджено світові приклади та тенденції створення еко-кварталів та «зелених житлових споруд» з поєднанням функції житла і озеленення та з одночасним влаштування ресторанів що застосовують вирощені продукти. Загалом проектування та дослідження інтеграції озеленення житлових спорудах є актуальним для подальшого розвитку.

На наш погляд, наведені класифікації не враховують головної відмінності «вертикального озеленення» і фітостін. Ця відмінність – у висадці рослин. Класичне «вертикальне озеленення» є прифасадним. Коріння рослин знаходяться в горизонтальній ділянці ґрунту близько фасаду будівлі, а їхні стебла в'ються фасадом. У фітостіну рослини висаджуються повністю у спеціальні пристосування з гідропонним розчином.

Термін «фасадне озеленення» став широко використовуватися в зв'язку з появою «зелених фасадних блоків» П. Бланка у 1994 р. Ця система озеленення відрізняється від класичного «вертикального озеленення» тим, що передбачає використання спеціальних фасадних конструкцій - модулів. У зв'язку з тим, що фасадне озеленення буває зовнішнім та внутрішнім, виникла плутанина в термінах «фасадне озеленення», «фітостіна», «фітомодуль», «фітокартина». Всі ці терміни передбачають створення фітостіни («зеленої стіни») на основі живих рослин з використанням спеціальних технічних конструкцій, у які висаджуються живі рослини. Тобто рослини висаджуються в самі конструкції на фітостіні. Тому ми пропонуємо розрізняти класичне «вертикальне озеленення» та фітостіни, які можуть бути зовнішніми або внутрішніми.

Найбільш повною та досконалою з точки зору класифікації «зелених конструкцій» є робота Захарова Ю.О. та Авдєєвої Н.Ю. [6], де наводяться визначення усіх необхідних термінів та розроблено загальну класифікацію «Озеленення будівель і споруд», яка враховує композиційні, конструктивні, технологічні та функціональні особливості використання «зелених конструкцій».

Для більш детального пояснення нашого підходу до термінології «зелених конструкцій», нами розроблена схема екологізації сучасних міст (рис 1.1). Такі «зелені конструкції» як «зелені покрівлі» теж розглядаються по-різному. Деякі автори озеленення подіумів, стилобатів, покрівель гаражів виділяють в окремий архітектурно-ландшафтний напрямок. На нашу думку, його можна віднести до «покрівельного озеленення», оскільки «зелені покрівлі» можуть розміщуватися на будь-яких заглиблених і висотних штучних конструкціях подіумів, стилобатів, покрівель гаражів та в основі їх озеленення лежить однакова технічна система: єдиний шар гідроізоляції, дренажу та набір додаткових шарів, у тому числі живий рослинний шар. За тип самим принципом до «зелених покрівель» ми додаємо озеленення терас. У цьому випадку ми маємо на увазі таку саму

технологію озеленення, яка використовується для покрівель: єдиний шар гідроізоляції, єдина дренажна система [7, 8]. Найбільш досконалою є класифікація «зелених дахів» у європейських стандартах FLL (FLL 2018 Настанова щодо створення «зелених покрівель») [9] UNI (UNI 11235:2015 Критерії проектування, будівництва, випробування та обслуговування саду на даху) [10]. Так, за FLL за формами зелених насаджень покрівлі поділяються на:

- Інтенсивні (дерева, кущі і трава, повторює практично будь-яку природну форму);
- Прості інтенсивні (трава, квіти, дикі кущі та підлісок, кущі та підлісок, підлісок);
- Екстенсивні (мох, очиток; очиток, мох, трав'янисті; очиток, трава, трав'янисті; трава, трав'янисті).

За італійським стандартом UNI «зелені покрівлі» класифікуються в залежності від технічного обслуговування (відношенням експлуатаційних витрат M до капітальних вкладень C та часом на обслуговування M_{do} , год/(м²·рік) (табл.1); за доступністю (доступні лише для обслуговування; доступні для користувачів; доступні для заїзду); за ухилом (низький – до 5%; середній – 5-15%; високий – 15 %); за звукоізоляцією і тепловою інерцією згідно з масою частин над ущільнювачем (1 клас - < 150 кг/м²; 2 клас - 150...300 кг/м²; 3 клас - > 300 кг/м²).

Рослини можуть висаджуватися в насипний ґрунт або змішано: частково в насипний ґрунт, а частково в контейнери (рис.1.1). Окремими типами «зелених конструкцій» ми виділяємо екопарковки та озеленення схилів. У літературі ці геопластичні елементи озеленення не класифікують, а просто розглядають окремо. На нашу думку, ці типи озеленення відносяться до «зелених конструкцій», оскільки вони поєднують в себе архітектурно-будівельні елементи з живими рослинами. На нашу думку, вони можуть вважатися сучасним архітектурно-ландшафтним напрямком у системі екологізації міст (рис.4.1).

Таблиця 1. Три класи «зелених покрівель» за технічним обслуговуванням [10]

Клас	Відповідний тип	Обслуговування	Зрошення	M/C , %	M_{do} , год/(м ² ·рік)
1	Екстенсивні	Низьке (лише перевірка елементів)	Лише утримання дощ. води	< 1	< 0,02
2	Слабоінтенсивні	Середнє	Потрібне	1÷5	0,021÷0,06
3	Інтенсивні	Високе	Потрібне	>5	> 0,06

Деякі автори [11, 12] окремим типом озеленення сучасних міст виділяють системи мобільного озеленення – це озеленення міста, району або конкретної місцевості, яке реалізується за рахунок конструктивних елементів. Наприклад, екококони на території Бостона, або величезні штучні дерева в Сінгапурі. Цей вид озеленення ми не долучали до класифікації, оскільки він не відповідає поняттю «зелені конструкції», тому що не несе поєднань будівельних конструкцій і живих рослин. Даний тип озеленення є штучним і може використовуватися в поєднанні з іншими геопластичними формами в «зеленому будівництві» міст.



Рис. 4.1 – Схема екологізації сучасних міст

4.1.3. Основні типи «зелених конструкцій»

4.1.3.1. «Вертикальне озеленення»

Класичне «вертикальне озеленення» виникло ще наприкінці I ст. до н. е. й до початку I ст. н. е. обвиті плющем і лозою альтанки були дуже популярні. Велика кількість садів у Греції та Римі пояснювалася високою розвиненістю цивілізації. Історики описують гай, більше схожий на величезний зимовий сад. По всьому периметру він був обнесений ґратчастою стіною, по якій спадали різноманітні рослини. Вони створювали суцільний зелений килим, підтримуючи всередині саду приємну прохолоду та сутінок.

У Середньовіччі садам відводиться вже набагато менше місця, вони огорожуються масивними стінами з каменю. Щоб візуально збільшити площу саду та приховати похмуру сірість стін, уздовж них висаджували в'юнкі рослини.

В Епоху Відродження романтичні алеї та переходи з однієї частини парку в іншу декорувалися арками з ампельних рослин, у результаті чого утворювався зелений коридор. У XVI-XVIII століттях (епоха Бароко та класицизму) широкого поширення набули садові трельяжі - ґратчасті стіни, які або служили опорою для витких рослин, або основою для розміщення квітів у горщиках. Озеленення використовувалося для оформлення скульптур і ніш, альтанок і пергол, огорож і зовнішніх стін будівель. Сьогодні класичне вертикальне озеленення є перспективним напрямком озеленення сучасних міст [13].

Класичне «вертикальне озеленення» – це прийом, який застосовується для оформлення фасадів будівель, глухих торцевих стін будівель і споруд, опорних стінок і фундаментів, укосів, пергол, альтанок, а також для створення «зелених екранів» з метою захисту від вітру та ізоляції окремих майданчиків і ділянок. Для «вертикального озеленення» використовуються рослини, які поділяються за способами прикріплення до опор на три групи:

1) ліани, що прикріплюються до опори за допомогою повітряних коренів: плющ звичайний, дівочий виноград п'ятилистковий, що присмоктується (заввишки до 20 м), текома, що вкорінюється (заввишки до 10 м), гортензія повзуча (заввишки до 5 м);

2) ліани, що чіпляються за опору черешками листя або самими листями: виноградовик аконітолистний (заввишки до 15 м), виноград амурський, (висотою до 15 м), клематиси різних сортів (заввишки до 3 ... 4 м);

3) ліани (в'ються самі), що охоплюють опори стеблами та піднімаються вгору по спіралі: актинідії різних сортів (заввишки до 20 м), древогубець кололистий і канадський (заввишки до 15 м), лимонник китайський (заввишки до 5 м), жимолость каприфоль (заввишки до 4 м).

Рослини першої групи не потребують додаткових сіток і трельажів, вони самі підіймаються шорсткими кам'яними стінами. Ці рослини рекомендується використовувати при озелененні кам'яних неоштукатурених торців стін. Стіна покривається рівною однорідною масою рослин. У даному випадку рослини можуть стати місцем проживання комах.

Рослини другої групи застосовують для озеленення гладких стін. На таких стінах монтується спеціальний опорний каркас – сітку із прутів і дроту, підвішену на вбитих залізних гаках. Осередок сітки має розмір 5...10 мм. Між сіткою і стіною залишають простір не менше 100 мм. Біля стін дерев'яних будинків ліани застосовувати не рекомендується.

У деяких видів ліан третьої групи зростання стебла спрямовано за годинниковою стрілкою, у інших – проти годинникової стрілки. Опори для даних видів ліан улаштовують у вигляді вертикальних стовпчиків завтовшки не більше 50... 80 мм. При товщині опори понад діаметр можливого обертання верхівки

стебла, ліана не охоплює опору, а ковзає та падає вниз. Тому в трельяжах та інших пристроях для ліан влаштовують вертикальні стрижні або стовпчики з брусів невеликого діаметра (рис. 4.2-4.4).

При озелененні пергол, альтанок та трельяжів спочатку (згідно з проектом) виносять посадкові місця в лінію за шнуром уздовж межі споруди. Відступ внутрішньої межі посадкового місця від споруди і опор повинен становити не менше 0,3 ... 0,4 м. Вздовж лінії посадкового місця викопують траншею завширшки 0,6 м і глибиною – 0,5 ... 0,6 м. При озелененні стін і зовнішніх огорож в натуру за проектом виносять посадкові місця і монтують каркаси для ліан. Потім з відступом 0,3 м від межі вимощення стіни будівлі або споруди викопують траншеї або окремі ями.

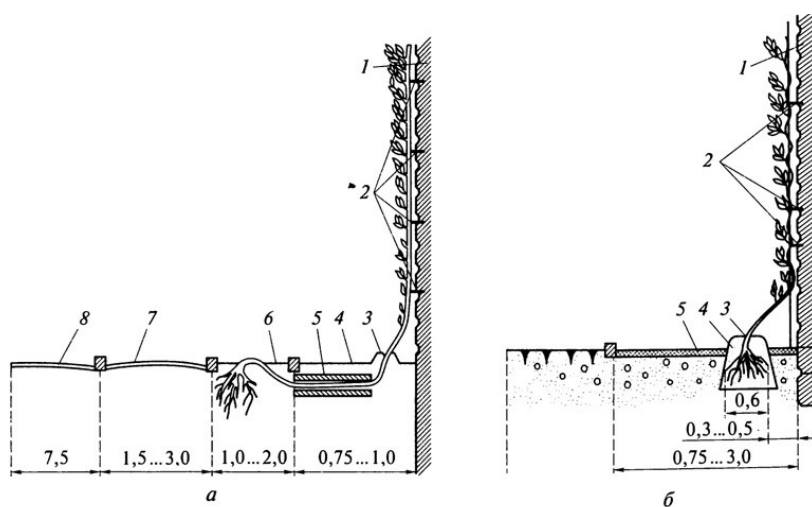


Рис. 4.2 – Схеми розміщення і посадки ліан біля стін будівель (розміри вказані в м): а - у стіни за межами вимощення: 1 - стіна; 2 - опора у вигляді сітки; 3 – лунка ($d = 1$ см); 4 - вимощення; 5 - керамічна трубка ($d = 15$ см); 6 - газон; 7 - тротуар; 8 - проїжджа частина вулиці; б - у стіни в межах вимощення: 1 - стіна; 2 - опори; 3 - лунка; 4 посадочне місце; 5 - тротуар (або вимощення) [14]



Рис. 4.3 – Приклади класичного вертикального озеленення: а) – зі застосуванням опори з сітки; б) – зі застосуванням опорного декоративного каркасу; в) – ліани, що чіпляються до стіни самі

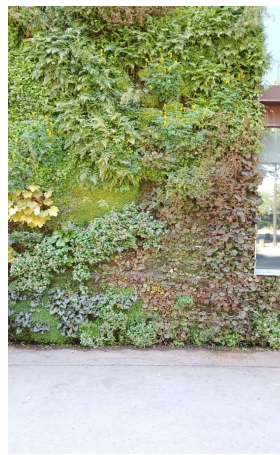


Рис. 4.4 – Оформлення стін музею сучасного мистецтва Quai Branly в Парижі. На стіні загальною площею в 800 м² розмістилося понад 170 видів і 15000 рослин. Сад Quai Branly дивно змінює свій зовнішній вигляд залежно від кута зору. (Фото автора, Ткаченко Т.М., 2023 р.)

У Києві стартував проєкт із вертикального озеленення міста. Саджанці дикого винограду Вічі вже висадили біля будівлі Управління екології та природних ресурсів КМДА. На черзі ще 50 будинків і шкіл у Солом'янському районі Києва [15].

4.1.3.2. Фітостіни

Фітостіни виникли з класичного вертикального озеленення. У 30-х роках ХХ століття вперше з'явився інноваційний підхід до вертикального озеленення, завдяки якому воно переросло у фасадне. Автор винаходу – Стенлі Харт Уайт (США).

Але родоначальником фасадного озеленення є французький вчений, ботанік Патрік Бланк, який у 1994 р. створив першу публічну композицію із застосуванням своєї унікальної технології. Даний тип озеленення більше поширений в країнах з теплим кліматом, де для рослин не характерний період спокою взимку.

Існують різні типи фітостін. За принципом будови (рис.4.5) вони поділяються на повстяні (гідропонні системи); модульні (з використанням субстрату); зі змішаною технологією (повстяні кишені наповнюють субстратом); з контейнерною технологією (висадка в горщики). За життєвим циклом розрізняють сезонні (літні) та всесезонні (багаторічні). За способом застосування – внутрішні (інтер'єрні) та зовнішні (вуличні).

Повстяні фітостіни ще називають «килимові». Ці стіни створюються за технологією П. Бланка. Їхні відмінні риси такі: рослини засаджуються в кишені

висячої повсті, відсутність ґрунту, мала питома вага – близько 30 кг/м². Нижні шари повсті більш вологі, ніж верхні, оскільки полив йде по всій поверхні вертикального «килима». Тому необхідно забезпечити внизу відведення надлишкової вологи, яка стікає з повсті. Відведення води з низу перешкоджає заболочуванню коренів та їх промерзання при низьких температурах.

Модульний підхід з'явився пізніше «килимового», при цьому способі створення вертикальних садів рослини висаджуються в модулі, їх ще називають фітомодулі. Фітомодуль – це, як правило, ящик з металу або пластику прямокутної форми. В нього засаджуються рослини з ґрунтом або без, залежно від технології. Недоліком модульних систем вважається можливість промерзання кореневої системи в зимовий період.

Потім фітомодулі повинні перебувати в горизонтальному положенні кілька тижнів для вкорінення рослин, після чого вони монтуються на стіну. При модульному підході можна уникнути переливу і відпадає необхідність в облаштуванні системи водовідведення, питома вага цього методу лежить в межах 45-95 кг/м². Рослини для фітостін підбираються індивідуально, залежно від конкретних умов та художнього рішення, в будь-якому випадку зазвичай намагаються застосовувати низькорослі або карликові види, висотою до 30-35 см [16].

Система має високотехнологічний пристрій з автоматичним управлінням для внесення добрив, яке забезпечує рослинам одночасну подачу води і поживних речовин.

Дана запатентована система поливу гарантує, що не буде надмірного наповнення вологою модулів, розташованих внизу живої стіни в затінених місцях, а також нестачі вологи в більш сухих верхніх модулях. Обсяг бака з водою - достатній для того, щоб влітку в саму жарку погоду здійснювати полив фіто стіни всього лише через день.

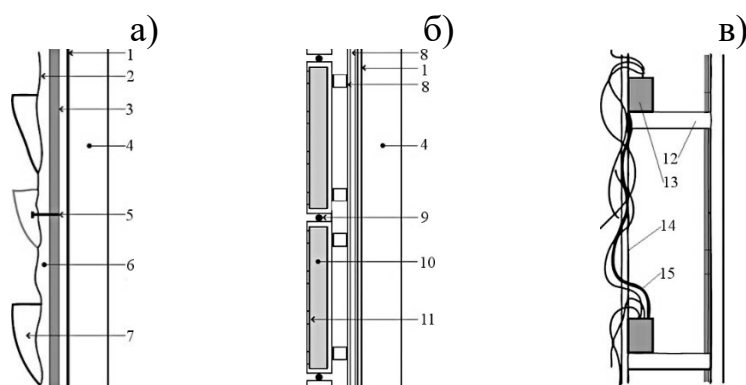


Рис. 4.5 – Конструкція фасадного озеленення за принципом будови: а – повстяна; б – модульна; в – контейнерна з ампельними рослинами: 1 – гідроізоляція; 2 – шар повсті; 3 – бак з водою; 4 – основа; 5 – кріплення; 6 – водопровідний шар; 7

– кишень; 8 – напрямні; 9 – крапельний полив; 10 – субстрат; 11 – гнізда; 12 – опора; 13 – контейнер; 14 – опора ампельних рослин» 15 – ампельна рослина [8]

Відома німецька компанія ZinCo розробила нову систему фасадного озеленення [17] Vertigreen (рис.4.6).

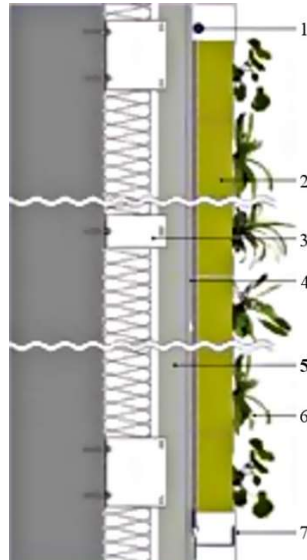


Рис. 4.6 – Система фасадного озеленення Vertigreen від ZinCo [17]: 1 – система поливу; 2 – модуль вертикального озеленення; 3 – кріплення; 4 – лист базової поверхні; 5 – алюмінієвий профіль; 6 – рослинний покрив; 7 – водоприймальний лоток



Рис. 4.7. - Citicape House (Лондон) [18]

Архітектурне бюро Sheppard Robson наприкінці 2019 року представило проєкт нового багатофункціонального комплексу в Лондоні (Велика Британія) під назвою Citicape House із зеленою стіною (рис.1.7). За задумом авторів, вона

протягнеться на вісім поверхів угору, а її загальна площа сягне майже 4000 м². Протягом року фасад будівлі зможе поглинати до восьми тонн вуглекислого газу та продукувати до шести тонн кисню, а також знизить локальну температуру на 3-5 °С – прогнозують експерти бюро. Здача об'єкта, де на 24 500 м² розмістяться готель на 382 номери, офіси, коворкінг, конференц-зали, ресторани, SPA-салон тощо, запланована на 2024 рік.

У найближчі роки кількість подібних проєктів може суттєво збільшитися. Адже незабаром у столиці Великої Британії почнуть діяти правила Urban Greening Factor, що встановлюють мінімально допустимий рівень озеленення будівель. Щоб підвищити коефіцієнт «зелені», власники нерухомості та ділянок можуть розбити парк на даху, висадити дерева у внутрішньому дворі тощо. Проєкт Citicape House має перевищити встановлену мерією планку в 45 разів [18].

4.1.3.3. «Зелені» схили

На сьогодні актуальною проблемою містобудування є дефіцит земельних ділянок та їх дорожнеча. Це призводить до ущільненої забудови землі в центрі міст і освоєння ділянок зі складним рельєфом. В результаті зростає аварійність на складних рельєфах місцевості і виникає гостра необхідність їх зміцнення. Особливо це стосується схилів. Дана проблема актуальна в Грузії, Балканських країнах, Греції, Україні та інших частинах Європи.

Зміцнення схилів в Україні актуально не тільки в горах районах Криму і Закарпаття, а й у сучасних мегаполісах, наприклад, у Києві. У 2015 році в Києві зареєстровано 136 ділянок різного ступеня аварійності (131 у 2014 році). Особливо небезпечним є схил біля озера Глінка; сповзає земля і на елітній Воздвиженці; небезпечна ситуація склалася в Голосіївському районі (рис.4.8).

Численні зсуви на Дніпровських схилах можуть привести до того, що головні столичні пам'ятки Києво-Печерська лавра, Аскольдова могила, Маріїнський парк, Андріївська церква (всього 80 аварійних об'єктів) теж можуть сповзти [19,20]. Необхідно вживати термінові заходи з укріплення схилів.

Однак ці заходи не завжди можуть бути успішними та вимагають істотних вкладень.

При ухилах вище середнього (тобто від 8% до 15%) зазвичай застосовують штучні конструкції – біомати, газонні решітки та геосітки. Більший ухил передбачає використання георешіток та габіонних конструкцій. На ділянках місцевості з різким перепадом висот (ярах, крутосхилах, пагорбах тощо)

застосовують підпірні стінки. Умовно їх ділять на декоративні (архітектурно-художні елементи на плоских (рівних) і з невеликим ухилом ділянках) та укріплювальні (для утримання ґрунту на ухилах місцевості). Останні широко застосовуються при терасуванні природних схилів з метою збільшення корисної площі для розміщення елементів озеленення та благоустрою [21].

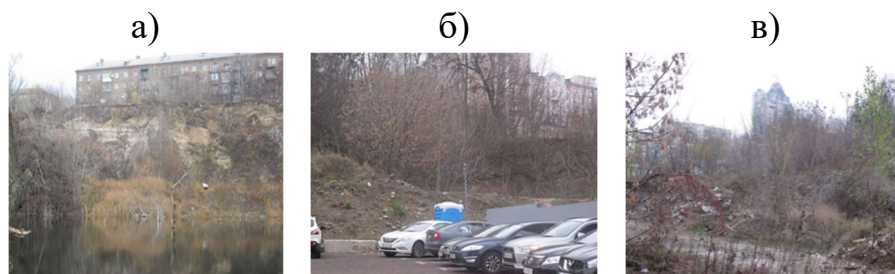


Рис. 4.8 – Приклади аварійних схилів у місті Києві: а) – аварійний схил біля озера Глінка; б), в) - аварійний схил біля Олександрівської лікарні

Для стабілізації ерозійних процесів (вітрова і водна ерозія), що призводять до зсувів і обвалів, найбільш надійним і доцільним способом з точки зору екології є створення рослинного дернового шару на схилах і укосах. Основний ґрунтозахисний ефект роблять надземні частини рослин. Вони розсіюють кінетичну енергію дощових крапель, запобігаючи руйнуванню структури поверхневого шару ґрунту та утворюючи слабку водопроникну кірку.

Ефективність захисту ґрунту від ударів дощових крапель визначається проективним покриттям рослинності. При 90 % проектному покритті встановлене вбирання води на карбонатних чорноземах і каштанових ґрунтах, наприклад, становить 1,5 - 2,5 мм/хв, а на оголених ділянках – 0,2-0,3 мм/хв. Крім того, рослинність, розсіює кінетичну енергію крапель і на порядок знижує транспортну здатність пластових потоків [21]. Вплив рослинного покриву досить різноманітний. Культури з мочкуватою кореневою системою підвищують агрегованість і, як наслідок, – протиерозійну стійкість. Особливо ефективними є багаторічні трави, які збільшують протиерозійну стійкість ґрунтів в кілька разів за рахунок своєї кореневої системи. Вона зв'язує окремі частинки ґрунту між собою і зменшує швидкість потоку біля поверхні ґрунту (рис.4.9). Крім того, коріння і рослинні залишки, розкладаючись у ґрунті, збагачують її органічними речовинами, що сприяє підвищенню її протиерозійної стійкості.

Таким чином, у міському озелененні схили виконують наступні функції: зміцнювальну; захисну; декоративну; екологічну; економічну, тому мають великі перспективи в поліпшенні екологічної безпеки сучасних міських і заміських територій.



Рис. 4.9 – Приклади озеленення схилів за допомогою рослин: а) – озеленення багаторічними травами; б) – ярусне озеленення схилів

4.1.3.4. Екопарковки

Оскільки кількість автомобілів у містах постійно зростає, зростає попит на паркування. Хоча всім нам потрібні місця, щоб залишити свої автомобілі, ми зазвичай не усвідомлюємо, наскільки згубним може бути їхній вплив на навколишнє середовище. Для створення нових місць для паркування часто вирубують рослини і дерева, що знижує біорізноманіття. Великі бетонні площі також призводять до затоплення або забруднення води, створюють додаткові острови перегріву, що небезпечно для рослин і тварин, що залишилися в природних умовах.

Одним з альтернативних рішень є створення екопарковок [22]. Це можна здійснити як для прибудинкових територій, так і для адміністративних будівель, торгових і розважальних центрів. Основні прийоми щодо створення екопарковок:

1. Посадка рослин. Покращує зовнішній вигляд автостоянки, сприяє охолодженню повітря, знижуючи вплив міської спеки, фільтрують забруднюючі речовини і забезпечують місце існування для дрібних тварин і комах. Зелені автостоянки добре підходять для всіх зон з невеликим рухом, де є помірна кількість транспортних засобів. Там, де трафік надто високий, рослини можуть не вижити.

2. Створення зливових стоків. Проблема з автостоянками в тому, що вони обмежують площу, на якій злива може вбратися в ґрунт. Це може викликати ерозію поверхні, внаслідок чого біля місця паркування може утворитися болото чи невеликий ставок. Вода може або розподілятися у ґрунт спеціальними стоками, або накопичуватися у спеціальних резервуарах для поливу рослин.

3. Використання водопроникної бруківки. Хоча литий бетон міцний і може витримати випробування часом, він, безумовно, не є екологічно чистим.

Тому краще обирати матеріали, що не завдають шкоди навколишньому середовищу. Наприклад, спеціальну водопроникну бруківку, яка знижує ризик затоплення.

4. Інвестиції у відновлювані джерела енергії. Криті автостоянки споживають величезну кількість енергії. Тому потрібно використовувати альтернативні джерела енергії - від сонячних батарей до вітряків. Хоча спочатку вони можуть здатися дорогими, зазвичай вони забезпечують значну економію в перші роки їхнього впровадження.

5. Встановлення світлодіодного освітлення. Освітлення є одним із найенерговитратніших елементів кожного критого паркування. Щоб зменшити рахунки за електроенергію, рекомендується перейти на світлодіодні світильники, які більш екологічні та мають більш тривалий термін служби.

6. Управління паркувальними місцями. Інноваційні рішення, такі як Parkalot – система резервування паркувальних місць – також потрібні, коли йдеться про екологічно чисте паркування. За допомогою програмного забезпечення водії можуть заздалегідь бронювати місця, щоби залишити свої машини. Завдяки додатку їм не потрібно безглуздо переміщатися паркуванням. Вони можуть попрямувати прямо до обраного місця, що також знижує викиди вихлопних газів транспортних засобів на автостоянці [23, 24].

Якщо робиться парковка з газоном, то її основою є газонна решітка, яка може бути як бетонною, так і пластиковою. За базу для установки решіток використовується несучий шар, для якого можуть використовуватися пісок або гравій. Оптимальним варіантом виступає середній гравій (30-40 мм). Після установки решітки її осередки заповнюються ґрунтом, які зволожуються засаджується травою (рис.4.10). Може висаджуватися готовий трав'яний покрив, хоча в найчастіше «зелений килим» вирощують з насіння газонної трави [25].

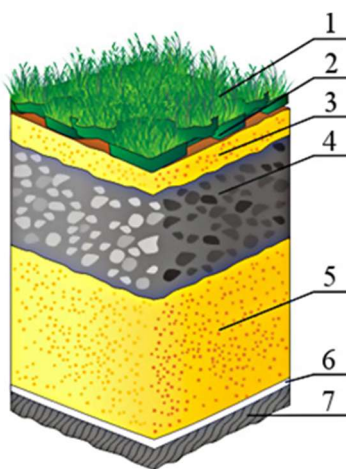


Рисунок 4.10 – Пошарова будова екопарковки: 1 – родючий шар; 2 – газонна решітка; 3 – вирівнювальний піщаний шар; 4 – щебінь фракції 40-70 мм; 5 – піщане підґрунтя; 6 – геотекстиль; 7 – ґрунт

Експлуатація екопарковки нічим не відрізняється від використання звичайного паркінгу: прямо на зеленому газоні автолюбители можуть ставити свої машини, не завдаючи шкоди трав'яному покриву. Традиційно лідером у будівництві екопарковок є Німеччина. Але певний прогрес є і в Україні.

У Львові, біля центру Андрія Шептицького, облаштували екопаркування [26]



Рисунок 4.11. - Екопарковка біля центру Андрія Шептицького, Львів [26]

На сьогоднішній день немає достовірної інформації про наявність екопарковок в містах України. Схоже, що поки питання залишається відкритим.

4.1.4. Покрівельне озеленення

Одним з напрямків роботи сучасних архітекторів стає конструкція житла, у якому людина змогла б відчувати себе захищеною від негативних впливів навколишнього середовища. Звичайно, завдання це комплексне. І все ж, чим більше матеріалів, запропонованих нам природою, оточує нас у повсякденному житті, тим комфортніше ми себе відчуваємо. Усвідомивши це, багато архітекторів використовують у своїх розробках досвід старих зодчих. Це знайшло відображення в прагненні все більшої кількості людей повернути втрачену гармонію з природним оточенням, зберегти і примножити порядком виснажені природні системи та ландшафти. Одним з напрямків робіт з наближення житла людини до живої природи є облаштування зелених дахів.

Зелений дах – місце на конструкції будівлі, яке частково або повністю покрито рослинністю і родючим шаром ґрунту з можливістю ландшафтного планування. Мета зеленого даху збалансувати та гармонізувати життя людини у міському середовищі, максимально наблизивши її до природи. У наші дні це колись примітивний спосіб будівництва даху все більше перетворюється у високу технологію експлуатованих покрівель, набуваючи популярності у всьому світі. До покрівельного озеленення, згідно розробленої класифікації, ми також відносим озеленення терас (див. рис.4.1.).

4.1.4.1. Історія покрівельного озеленення

Прообразом «зеленого даху» можна вважати вже перше житло доісторичної людини, що покинула печеру і спорудила навіс або курінь з рослинного матеріалу, використовуючи стовбури та гілки дерев, а також трави і мох. Наші предки розміщували дерен на солом'яних дахах для поліпшення теплоізоляції, зменшення небезпеки спалаху і забезпечення стоку води (рис. 4.12).



Рис. 4.12 – Будинки з дерновими дахами на Фарерських островах

До недавніх часів споруди на селянських дворах у північних регіонах слов'янських країн ставили дуже близько одна до одної, а їх дахи покривали шаром ґрунту і рослинності. Світова історія зелених дахів досить давня.

Подібні будівлі будували, зокрема, у сільській місцевості Австрії ще в кінці XIX - початку XX століття. Відомо, що римляни використовували для розміщення рослин та квіткових горщиків тераси. Пізніше ті, хто жив у Вікторіанську епоху, влаштовували на дахах оранжереї. У Вавилоні, першому

«мегаполісі» епохи Стародавнього світу, вже існувала проблема екологічного менеджменту. Одноповерхова щільна міська забудова майже витіснила зелені міські ділянки. Невеликі гаї, плодові сади та пальмові алеї оточували лише ділянки багатих вельмож. Але місто виглядало зеленою оазою завдяки системі зелених терас (рис. 4.13), тобто відомих Висячих садів Вавилону [27,28].



Рис. 4.13 – Висячі сади Вавилону. Реконструкція Ф. Крісхен

Знамениті «Сади Семіраміди», що вважалися сьомим дивом світу і побудовані близько 600 р. до н. е., були нічим іншим, як «зеленими покрівлями» вавилонських палаців. Сади в ті часи були терасами. Стовпи перекривалися кам'яними плитами, на яких розміщувалося кілька шарів цегли, бітуму, очерету, свинцю і товстий шар землі. Нижня тераса мала розмір 45 x 40 м, верхні були менше. Загальна висота споруди була приблизно 20-22 м. На нижній терасі росли рівнинні рослини, переважно дерева, а на верхній – рослини гірської місцевості. Уже в цьому випадку ми стикаємося з розподілом рослин по ярусах згідно їхнім екологічним вимогам та біологічним потребам.

Сад мав складну систему поливу. Водними насосами вода по трубах подавалася з Євфрату в верхній басейн, звідти вона стікала, розподіляючись для поливу рослин, утворюючи фонтани і каскади.

Пізніше, разом з культурою Сходу звичай прикрашати плоскі дахи та балкони рослинами в горщиках був перенесений до Греції. Разом з терасами використовувалися елементи вирощування рослин в діжках та цебрах. При розкопках Помпеї було виявлено, що дахи вілл часто завершувалися терасами з колонадою і зеленими насадженнями, сліди яких були виявлені на плоскому даху аркади, що оточувала віллу Містеріас (див. рис. 4.14).

У побудованому в 28 р. до н.е. на Марсовому полі в Римі мавзолеї імператора Августа теж росли вічнозелені дерева і чагарники, що розташовувалися на круглих терасах [27,28-29,30-31]. Згодом «зелені дахи»

починають просуватися на північ Європи. Нюрнберзький сад XVII століття був зеленою оазою посеред черепичних дахів. Там росли плодові дерева, які, за повідомленнями тих років, навіть давали врожай. Як і більшість північноєвропейських «висячих садів» того часу, нюрнберзький садок займав тераси, влаштовані на даху.

Найбільш розкішні приклади висячих садів відомі в епоху Ренесансу. Особливо славилася такими садами Італія, де у Флоренції вже в XV ст. в садах на даху вілли Медичі росли екзотичні квіти, а в м. Мантуя величезний висячий сад був споруджений на даху палацу герцога Гонзага. Кардинал Андреа дель Вальє в 1530 р. вибудував у Римі музей у вигляді «висячого саду», а в Вероні граф Мафарей на даху свого палацу розбив прекрасний сад, засаджений різноманітними квітами і деревами [27,28].

У XVI-XVII ст. на півночі Італії на скелях острова Ізола-Белла, оточеного водами озера Маджоре, на терасах замку були споруджені висячі сади, що стали зразком садово-паркового мистецтва Пізнього Відродження. Під терасами, на яких були зібрані рослини мало не з усього світу, розміщувалася ціла галерея підземних гротів, де можна було сховатися від літньої спеки. Будівництво та експлуатація таких терас і садів обходилися надзвичайно дорого, тому тільки дуже багаті та знатні люди могли дозволити собі подібну розкіш.



Рис. 4.14 – Залишки античного саду на даху вілли Містеріас в Помпеї

Еволюція «зелених покрівель» відбувалася з розвитком міст та суспільства. В Європі відомі з давніх часів сади на дахах протягом середніх віків були забуті. Друге народження зелених покрівель доводиться на XIX ст., коли на всесвітній виставці в Парижі німецький архітектор Карл Рабітц здивував публіку, представивши будинок з зеленими насадженнями замість традиційної покрівлі

[32-37]. З тих пір в архітектурі з'явилися поняття «живий дах», «експлуатована покрівля» - галявини або навіть сади для відпочинку прямо на даху будівлі.

Карл Рабітц сформулював ідею озеленення дахів як найважливішого засобу покращення міського середовища. Газета «Ляйпцігер Іллюстрірте Цайтунг» в 1868 році писала: «Замість сірих дахів, де зараз гуляють лише горобці і кішки, повинні виникнути зелені галявини і тераси, які будуть радувати око і стануть місцем відпочинку жителів». Сам Карл Рабітц спорудив на даху свого будинку справжній сад, в якому росли дерева і кущі [32-37].

Таким чином, у ХІХ ст. у зв'язку з появою нового будівельного матеріалу бетону, з'явилися нові, більш економічні технології будування зелених дахів. Покрівельне озеленення з розряду привілейованого приватного закритого стало відкритим для міста і його жителів. Тобто до утилітарного підходу добавилася соціальна складова.

Особливо великі розміри будівництво плоских «зелених дахів» прийняло в кінці ХІХ в. і на початку ХХ ст. у зв'язку з появою залізобетону і завдяки працям найвизначніших архітекторів і містобудівників, серед яких були француз Ле Корбюзьє і американець Ф. Л. Райт [27,28]. Ле Корбюзьє зробив «дахи-сади» необхідною складовою частиною архітектури, розробивши і здійснивши велику кількість проектів з використанням експлуатованих зелених дахів, починаючи від невеликих вілл і до великих житлових комплексів.

Світову популярність здобуло місто Чандігарх в Індії, побудоване за проектом Ле Корбюзьє в 1950-1960-і рр., яке являє собою цілий грандіозний ансамбль садів на дахах адміністративних будівель, один з яких – Палац Асамблей - має площу 10000 м². Із відомих об'єктів в Ахмадабаді виділяється будівля музею на даху якої розташоване гігантське водоймище - водяний сад з ампельними рослинами, що спускаються по стінам та вілла Шодхан, яка має кілька висячих садів і накрита сонцезахисним щитом. Одночасно з Ле Корбюзьє подібні проекти в багатьох країнах почали здійснювати і інші архітектори нової хвилі. Наприклад, брати Перрет побудували в 1903 р. у Парижі прибутковий будинок з дахами-садами і терасами. Вальтер Гропіус у 1914 р. побудував у Кельні конторську будівлю з рестораном на «зеленому даху», а в Америці, у той же самий час, Френк Ллойд Райт спроектував у Чикаго великий ресторан з експлуатованими «зеленими дахами» [32-37].

Ідею створення «зелених дахів» продовжував видатний австрійський архітектор і живописець Фрідріх Гундертвассер. Його Ідеальний Дім – це безпечна затишна нора, яку зверху покриває трава, але нора з безліччю вікон-очей. У Новій Зеландії він побудував такий будинок, де дах переходить з боків у пагорб. На ньому росте трава, яку іноді приходять пощипати барани. Зелені покрівлі Гундертвассера послугували переходом від естетичних і утилітарних

проблем у створенні «зелених покрівель» до екологічних. Прикладом може служити будинок Гундертвассера у Відні. Будівля відрізняється «горбистою» поверховістю, дах покритий ґрунтом з чагарниками і травою. Всередині деяких кімнат-ніш висаджені дерева [27,28].

У 20-ті роки ХХ ст. плоскі експлуатовані дахи стали невід'ємним компонентом нового житлового середовища, увійшовши в структуру будівель, чому радянський конструктивізм навіть дав теоретичне обґрунтування (брати Весніни і Голосови, М. Гінзбург тощо). За проектом М. Гінзбурга солярій і сад з кущами троянд розмістився на даху нового житлового будинку на М. Бронній і 6-поверхового будинку-комуни на Хавський вулиці, а плоский дах 8-поверхового будинку на Спиридонівці пристосували для дитячих ігрових майданчиків, захищених металевими сітками, між якими були висаджені квіти і низький чагарник. Озеленення дахів стало, таким чином, не тільки екстенсивним, а й інтенсивним, оскільки рослинність на покрівлі почали використовувати для теплоізоляції, декоративного покриття будівель, а також задля рекреації та вирощування квітів та овочів.

У період Другої світової війни у покрівельному будівництві спостерігається затишок. Але відомий цікавий факт використання «зелених покрівель» для маскування бункера Гітлера (так зване Вовче Лігво) в лісі серед боліт біля села Герліц (нім. Görlitz, зараз Герложе) (рис.4.15). На рисунку видно поглиблення в покрівлі й огорожувальні елементи, які сприяють утриманню ґрунту й рослин.

Друга світова війна надовго перервала створення дахів-садів, проектування і будівництво яких в 60-х і 70-х роках велося від випадку до випадку, але все ж було побудовано кілька експериментальних будинків з «зеленими покрівлями».

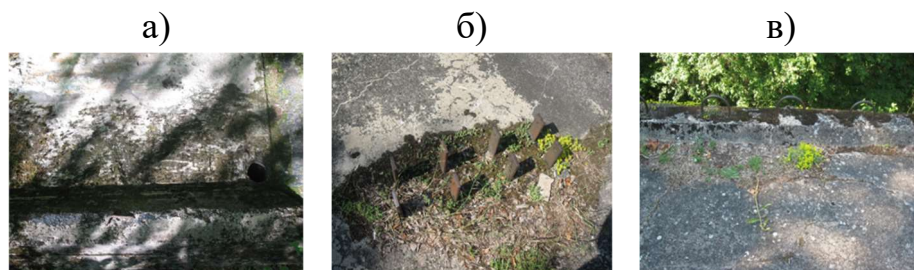


Рис. 4.15 – Складові «зеленої покрівлі» бункера: а - штучна дренажна система; б - штучні елементи для закріплення ґрунту і рослин; в - штучні поглиблення й огорожувальні елементи (фото автора Ткаченко Т.М., 2017 р.)

Таким чином, наприкінці ХІХ по середину ХХ ст. з появою нових будівельних матеріалів та проектів, «зелені дахи» стали повністю відкритими для

міста та його мешканців. Вони вирішували вже не тільки естетичні та утилітарні, а й соціальні та екологічні проблеми міст.

До необхідності активного долучення рослин до структури висотного житлового будинку і створення саду на даху прийшли і ландшафтні архітектори Узбекистану. Після землетрусу 1966 року для швидкого відновлення житла велика частина будівництва здійснювалася за типовими проектами. Жителі Ташкента переселилися в багатоповерхові будівлі. Це порушило звичний масштаб навколишнього середовища, обмежило й ускладнило зв'язок з землею.

Автори експериментального проекту (архітектори О. Айдінова, Г. Голубєва, Є. Шаталов, А. Шамузафаров та інженери П. Левін, Я. Арадовський) запропонували крім пристрою саду на даху введення в структуру будинку озелених рекреаційних майданчиків у рівнях 2, 5, 8, 11 і 14-го поверхів, на кожний з яких виходять 24 квартири, розміщені вздовж дугоподібних галерей [38].

У торцях кожного з майданчиків влаштовані бетонні стінки двометрової висоти, що завершуються квіткарками з вічнозеленими і кучерявими рослинами. Захищаючи майданчики від зайвого вітру, вони не заважають необхідному провітрюванню. Влітку промені сонця проникають всередину майданчиків на 3 - 5 метрів. Взимку вони висвітлюються значно більше – на глибину 15-20 метрів і при цьому навіть у дощову погоду залишаються практично сухими. Такий інсоляційно-вітровий режим сприяє створенню сприятливого мікроклімату: влітку зберігається нічна прохолода, така важлива для південних районів, взимку значення майданчиків для ігор дітей навіть зростає.

Шостий рекреаційний майданчик, загальний для всіх мешканців будинку – дах з басейном, солярієм, спортивним та ігровим обладнанням. 12 вентиляційних шахт одночасно служать тіньовими навісами із лавками. Високий парапет і квіткарки захищають дітей від зайвого інтересу до зовнішнього середовища, але при цьому крізь декоративні ґрати можна милуватися панорамою міста.

У проектах житлових будинків для нових районів визначився навіть новий тип будинку - «висячий сад» (архітектор Г. Полторак, м. Душанбе). У лоджіях, що мають висоту в два поверхи, передбачені спеціальні бункера для посадки дерев, чагарників і ліан. В аналогічному проекті для м. Ашгабата, невеликі сади передбачені на всіх поверхах житлового будинку галерейного типу [38].

Такі ж громадські сади в структурі житлових будинків вже здійснені в Тбілісі (Грузія). У житловому будинку по вулиці Чавчавадзе, розміщеному на крутому рельєфі, два поверхи будівлі являють собою відкритий рекреаційний простір довжиною 120 і шириною 11 метрів. Інший композиційний прийом використано в групі житлових будинків на набережній річки Кури. Сходові

майданчики закінчуються відкритими «мікросадами» площею 60 м², розрахованими на відпочинок мешканців двох поверхів.

Відомі озеленені дахи громадських будівель, побудованих у післявоєнні роки, в основному санаторіїв і піонерських таборів, де їх використовують як солярії (наприклад, санаторій «Примор'я» на Чорноморському узбережжі Кавказу). Терасова архітектура таких будівель продиктована природним рельєфом. Цікавий також сад на даху підсобних приміщень і звіринця в Сочинському цирку (архітектор Ю. Шварцбрейм і В. Едемський) [38].

Ще у 1957 р. Вальтер Цинк у Німеччині заснував ремонтно-будівельне підприємство, яке вдало спеціалізувалося за двома напрямками: будівельні конструкції й проведення робіт на плоских дахах із застосуванням матеріалів власного виробництва. У 1972 р. підприємство взяло курс на створення «зелених дахів». У період 1975-1976 рр., у зв'язку з енергетичною кризою у Європі, компанія займається розробкою технологій сонячних систем та їх розташуванням на «зелених дахах». У цьому є сенс, оскільки за даними сучасних досліджень [33] середнє годинне підвищення ефективності сонячних панелей на «зелених покрівлях» становить 3,3...5,3 %, а максимальний приріст потужності досягає 20...23,5 % через зменшення нагріву сонячних батарей.

Вальтер Цинк є засновником відомої у всьому світі компанії з дахового озеленення ZinCo. Завдяки Цинку та його ідеям, Німеччина є світовим лідером у технологіях покрівельного озеленення [33]. Кінець ХХ – початок ХХІ ст. характеризується новим етапом у покрівельному озелененні. Це пов'язано із загостренням глобальних екологічних проблем і пошуків шляхів їх вирішення на світовому рівні. Проведення в 1972 р. у Стокгольмі Конференції ООН щодо навколишнього середовища і створення програми ООН по навколишньому середовищу ознаменувало залучення міжнародного співтовариства на державному рівні до вирішення екологічних проблем [39].

Концепція сталого розвитку стала логічним переходом від екологізації наукових знань і соціально-економічного розвитку, який бурхливо почався в 1970-і рр. Основна теза концепції зводиться до того, що сучасне покоління має зробити все від нього залежне для збереження навколишнього природного середовища та його ресурсів для майбутніх поколінь. Вона має на увазі забезпечення безпеки та створення сприятливих умов життєдіяльності людини, обмеження негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє середовище та забезпечення охорони й раціонального використання всіх видів природних ресурсів за будь-якого виду містобудівної діяльності [39].

Таким чином, можна сказати, що розвиток і застосування технологій «покрівельного озеленення» еволюціонував паралельно з розвитком міст і технологій. З появою нових матеріалів виникли зовсім нові, надійні технології

«покрівельного озеленення». У період індустріалізації міста розвивалися не тільки по горизонталі, але й по вертикалі. Вже в 1885 році в Чикаго з'явився перший хмарочос. Енергетична криза змусила Європейські країни переглянути ставлення до природних ресурсів і розвивати енергоефективні технології. Американські та європейські країни перейшли від теоретичних питань «покрівельного озеленення» до актуальних практичних. На цьому етапі почалося вивчення питань енергоефективності «зелених покрівель».

4.1.4.2. Різновиди та особливості «зелених покрівель»

Є два види «зелених покрівель»: інтенсивні, які займають 5% світового ринку, і екстенсивні, - відповідно, 95% світового ринку [29, 33, 40].

До інтенсивних відносять покрівлі з активною вегетацією рослин, кущів, дерев. На таких дахах також можливі майданчики для відпочинку людей або виїзду автомобілів. Висота вегетаційного покриву в цьому випадку досягає 30-100 см, маса - 500 кг/м². Вони потребують постійного догляду і додаткового поливу. Облаштування таких «зелених дахів» призводить до додаткових статичних навантажень на конструкцію будівлі, що необхідно враховувати на початкових етапах будівництва або реконструкції будівлі.

Екстенсивні зелені покрівлі – покрівлі з малою вегетацією рослин - трава, мох, квіти. Їх вегетаційний покрив має товщину 6-10 см і масу до 100 кг/м². Доступ людей на такий дах, в принципі, не передбачається. Ходити можна тільки по спеціальних проходах-доріжках. Особливого догляду таке озеленення не вимагає. Рослини використовуються ґрунтопокривні, причому ті, які добре витримують різницю температур і недолік вологи, не потребують додаткового догляду і не вимагають додаткового поливу. Таке озеленення можливе на дахах з невеликим ухилом [33,40].

Вирішальним обмеженням можливості озеленення даху є кут нахилу. На крутих дахах надзвичайно важко запобігти сповзанню ґрунту. Найменше проблем виникає з дахами з ухилом не більше 20 °. Починаючи з ухилу 8°, на козирку доводиться влаштовувати перешкоду, що запобігає сповзанню ґрунту, а при 20° її вже укладають рядами до коника даху. Перешкодою може бути поребрик із спресованого торфу, трикутного або прямокутного бруса перерізом 15x15 см. На більш крутих дахах ґрунт утримують спеціальними рамними конструкціями, які укладені за всіма скатами, які озеленюються. У старих скандинавських будинках на крутих дахах використовувалися саме такі рами.

У сучасному озелененні на поверхні даху поздовжньо рядами (через 1,5-2 м) закріплюють брус (50x100 мм), а в проміжки між ними укладають плити вологонепроникного теплоізолятора. Альтернативою брусу можуть служити великокоміркові стільники з вологостійкої і механічно міцної пластмаси. Дахи з ухилом у 45° озеленюються важко і вимагають великих витрат.

Покрівля завдяки рослинному ґрунту в будь-яку погоду повинна бути вологою, але ніколи не протікати, залишаючись при цьому паропроникною. Досягти цього можна лише укладанням герметичної мембрани на поверхні всього даху. Вимоги до виготовлення мембрани (міцно зварені і склеєні шви, точність розкрою і відсутність у полотні натягів), як і до її матеріалу (абсолютно герметичний, паропроникний, пластичний і механічно міцний у широкому діапазоні температур), надзвичайно високі. Стилки полотен, з яких виготовляється мембрана, зварюють або склеюють внахлест з великим запасом. Полотна укладаються вільно та без натягу, а їхні краї повинні звисати з даху. Тільки так можна уникнути напруги й течі в процесі експлуатації.

Важливою ланкою є механізм регулювання водного балансу в ґрунті: на козирку в гравій укладають дренажні труби для відведення та видалення зайвої води під час дощу або в період танення снігу. При облаштуванні «зелених дахів» необхідно передбачити багато нюансів. Зокрема, не всі рослини доцільно висаджувати на дахах. Наприклад, не підходять рослини зі стрижневою кореневою системою: вільха, оливка, сосна тощо. У зонах з континентальним кліматом до озеленення дахів слід підходити особливо обережно. Холодні зими з нерегулярними відлигами призводять до серйозних руйнувань при помилках під час будівництва. У південних регіонах можна експериментувати сміливіше.

Вибір рослин на даху залежить і від його розташування. Якщо дах протягом дня постійно освітлений, то ґрунт може пересихати. На таких дахах можна садити тільки рослини з соковитим і м'ясистим листям типу живучки, молодила покрівельного, очитку тощо. У період цвітіння вони утворюють щільний і дуже красивий килим, однак не створюють настільки хорошої теплоізоляції, як виключно трав'яне покриття. У півтіні, де ґрунт довго залишається вологим, краще ростуть трави. Для незатінених дахів доцільні суміші трав, стійких до посухи, або бур'яни, які на даху виглядають зовсім непогано. Слід пам'ятати, що ґрунт на даху прогрівається набагато сильніше, ніж на землі. При цьому, з одного боку, зростання рослин прискорюється, а з іншого боку, відбувається швидке випаровування вологи. Таким чином, при створенні «зелених дахів» потрібен професійний підхід [41-44, 45-48].

Основні проблеми озеленення дахів - це підбір покрівельних і надійних гідроізоляційних матеріалів [33, 36-37]. Для озеленення покрівлі важливий ґрунтовий покрив, дренажний і захисний шар, який попереджає проникнення

коренів у конструкцію. Необхідно також врахувати той факт, що використовувані матеріали повинні бути легкими і не обтяжувати конструкцію. Одним із сучасних матеріалів, що значно полегшують процес благоустрою міст, є газонні решітки. Газонна решітка складається з осередків, у кожній з яких зростає газонна трава. Стінки осередків зберігають кореневу систему трави від пошкоджень пішоходами і транспортом. Самі осередки водонепроникливі, при цьому зайва вода виводиться в нижні шари ґрунту. Серед переваг газонних решіток варто відзначити стійкість до дії ультрафіолетових променів і різкій зміні температур. Решітка проста в зборці, не вимагає особливого догляду при експлуатації. Завдяки своїй універсальності, простоті і зручності газонна решітка є найбільш підходящим матеріалом для створення зон відпочинку і зелених куточків у самому центрі мегаполісу [33,49].

Щоб збудувати об'єкт на даху будівлі, потрібне повний технічний висновок: чи не зашкодить об'єкт фундаменту, наскільки отяжить дах, яка ступінь зносу будівлі. Тільки після цього готується проект будівництва. Слід врахувати, що більшість покрівель будинків радянського періоду витримує навантаження максимум у 400 кг на 1 м². Це означає, що в таких будинках можна спорудити тільки спортивний майданчик або встановити шезлонги і парасольки. Головне, щоб всі конструкції були переносними [33].

Важливо, що обігрів покрівлі в холодні місяці – справа витратна, на це може йти на 50 % більше електроенергії, ніж, наприклад, для опалення квартири. До того ж розміщення на даху архітектурно-ландшафтних та розважальних об'єктів вимагає спеціальної конструкції цих покрівель з пристроєм пароізоляційних, теплоізоляційних, гідроізоляційних, коренезахисних шарів, забезпечення достатньої несучої здатності плит і перекриттів. Таким об'єктам, як ресторани, кафе, басейни, необхідне приєднання до систем опалення, вентиляції, каналізації тощо. З урахуванням зношеної системи комунікацій, особливо в центрі міста, реалізувати багато подібних проектів неможливо.

Ще одна серйозна проблема, що виникає при експлуатації покрівлі, – безпека. Для розміщення на даху об'єктів або прогулянкової зони необхідний нульовий ухил. У той же час відсутність скатів тягне за собою підвищене навантаження на перекриття будівлі. Але найвужче місце в «даховому» питанні для покупця або орендаря – це юридична сторона. Справа в тому, що, згідно із законодавством, у власність експлуатована покрівля не оформляється і в оренду не здається. Дах вважається конструктивним елементом будівлі та не може бути об'єктом оренди або купівлі-продажу. Якщо власник бажає щось побудувати на покрівлі, він повинен укласти інвестиційний контракт з містом або об'єднанням співвласників багатоквартирних будинків, оплатити розробку проекту будівництва, узгодити його з необхідними службами.

Озеленення дахів вимагає суттєвих капіталовкладень. Сади на дахах новобудов орієнтовно обходяться у 5-10% будівельного кошторису. Однак, ці витрати є капітальними, тобто здійснюються лише на етапі проектування й створення «зелених дахів». Надалі, «зелені покрівлі» служать довше.

4.1.4.3. Світові стандарти створення «зелених покрівель»

Україна йде шляхом гармонізації нормативної бази з Європейським Союзом. Однак у галузі «зелених конструкцій» світові стандарти [9-10, 50-61] розглядають лише «зелені покрівлі» та залишаються недосконалими. Наприклад, FLL-2018 (Німеччина) робить основний акцент на технічній складовій [9], а SIA 312 [50] на підтриманні розмаїття рослин.

Користування стандартами, розробленими в іншому кліматі, обмежене. Національний технічний комітет стандартизації ТК 82 «Охорона довкілля» починає розроблення серії державних стандартів України «Захист довкілля. Зелені конструкції». Починаємо з двох проєктів стандартів: однойменний «Захист довкілля. Зелені конструкції» та «Захист довкілля. Зелені конструкції. Методика оцінювання енергоефективності та зменшення викиду парникових газів від «зелених конструкцій».

У ряді європейських країн є дуже активні асоціації, що просувають зелені дахи, включаючи Німеччину, Швейцарію, Нідерланди, Норвегію, Італію, Австрію, Угорщину, Швецію, Велику Британію та Грецію. Наприклад, European Federation Green Roofs & Walls [62], The world green infrastructure network (WGIN) [63] Німеччина була першою країною, яка почала розробляти системи зелених дахів та продавати їх у великих масштабах [64]. Місто Лінц в Австрії платить забудовникам за встановлення зелених дахів з 1983 року, а в Швейцарії це стало федеральним законом з кінця 1990-х років. У Великобританії їх використання було повільним, але низка міст розробили політику заохочення їх використання, особливо у Лондоні та Шеффільді.

Зелені дахи також стають все більш популярними у Північній Америці, хоча вони не такі поширені, як у деяких частинах Європи. Багато міст Північної Америки пропонують податкові пільги забудовникам, які інтегрують зелені дахи до своїх будівель. Торонто і Сан-Франциско за законом наказують новим будинкам передбачати зелені дахи.

За останні десять років популярність зелених дахів в **Австралії** зростає. Деякі з перших прикладів включають житлову вежу Freshwater Place у Мельбурні (2002 р.) із садом Half Acre Garden на даху 10-го рівня, будівля CH2, в якій

знаходиться міська рада Мельбурну (2006 р.) - перша в Австралії 6-зіркова комерційна офісна будівля Green Star Design, сертифікована Рада з екологічного будівництва Австралії та Башта Кондор (2005) з газоном площею 75 квадратних метрів (810 квадратних футів) на 4-му поверсі. Вікторіанський проект опріснення [65], започаткований у 2010 році, має зелену покрівлю з 98 000 місцевих австралійських рослин на площі даху, що охоплює понад 26 000 м². Дах став частиною складної системи покрівельної опріснювальної установки, спроектованої таким чином, щоб будівля гармоніювала з ландшафтом та забезпечувала акустичний захист, корозійну стійкість, терморегуляцію та скорочення витрат на технічне обслуговування.

З 2008 року міські ради та впливові бізнес-групи Австралії почали активно просувати переваги зелених дахів. «Програма зеленого даху Мельбурна» - це одна з програм, що проводяться Комітетом Мельбурна.

У 2009 році **Торонто (Канада)** став першим містом у Північній Америці, яке прийняло підзаконний акт, що потребує та регулює будівництво зелених дахів [66]. Постанова про зелений дах встановлює вимоги до градуйованого зеленого даху для нових забудов або прибудов, загальна площа яких перевищує 2000 м². Вимога коливається від 20 до 60% доступного простору на даху будівлі. На багатьох зелених покрівлях у Канаді використовуються стійкі методи збирання дощової води. У 2008 році на Ванкуверському конференц-центрі було збудовано найбільшу зелену покрівлю в Канаді, площею 2,4 гектара з місцевих рослин і трав. Це перший конференц-центр у світі, який отримав найвищий рівень сертифікації LEED [67]. Новий Канадський військовий музей у Оттаві, відкритий у 2005 році, також має зелену покрівлю, вкриту травою. Під час реконструкції мерії Гамільтона в Гамільтоні, Онтаріо, яка тривала з 2007 по 2010 рік, було докладено багато зусиль для підвищення екологічності конструкції, включаючи будівництво зеленої покрівлі, покритої травою [68]. Багато зелених покрівель у кампусі Університету Саймона Фрейзера в Бернабі [69]. Перший у Канаді будинок LEED Platinum V4 у Вейкфілді, QC, EcoHome's Edelweiss House, [70] має живий зелений дах з ухилом 12 градусів.

З 2012 року зелені покрівлі будуються на Коста-Ріці. Спільнота сталого розвитку Святого Михайла має найбільшу кількість зелених дахів у країні [69].

У **Єгипті** зелені дахи використовуються безпідставне землеробство використовується для безґрунтового землеробства. Безпосередньо на даху ґрунт не розміщується, що усуває необхідність в ізоляційному шарі. Натомість рослини (овочі та фрукти) вирощують на дерев'яних столах [69].

Зелені покрівлі є у **Фінляндії**. Деякі експериментальні зелені дахи були збудовані у великих містах. Проте столиця Гельсінкі опублікувала рекомендації щодо покращення будівництва зелених дахів у місті. Дослідження з цієї теми

продовжуються, оскільки умови на півдні Європи сильно відрізняються від умов на півночі, і отримані знання не можна безпосередньо застосувати до холоднішого клімату.

У **Франції** в 2016 році прийнято закон, який зобов'язує власників комерційної нерухомості покривати дахи будівель рослинами або сонячними панелями [71]. Таким чином «зелені покрівлі» забезпечуватимуть необхідний рівень температурної ізоляції, щоб знизити кількість енергії, яка потрібна на обігрів будівлі в холодну пору року або на охолодження влітку.

Німеччина є країною з найбільшою кількістю зелених дахів у світі, а також країною з найпередовішими знаннями в галузі сучасних технологій зелених покрівель. У Німеччині існують давні традиції озеленення дахів, закладені в період ранньої індустріалізації понад сто років тому. У 1970-х технологію зелених покрівель було піднято на новий рівень. Серйозні проблеми зі зливами змусили міста задуматися про інноваційні рішення із зеленими покрівлями. У 1980-х роках сучасна технологія зелених дахів була відома в Німеччині й практично невідома в жодній іншій країні світу. Сучасні технології зелених покрівель були вдосконалені та впроваджені у великих масштабах у Штутгарті. З першим бумом індустрії зелених дахів у Німеччині було зафіксовано проблеми з якістю. FLL (Німецьке товариство ландшафтних досліджень, розвитку та будівництва) сформував комітет, який займається сучасними технологіями зелених дахів. Він був заснований у 1975 році вісьмома професійними організаціями для «покращення умов навколишнього середовища шляхом просування та поширення досліджень рослин та їх планованого застосування». Сьогодні щорічно будується близько 10 000 000 м² нових зелених дахів. Згідно з останніми дослідженнями, близько 3/4 з них є широкими; останні 1/4 – це сади на даху. Міста з найбільшою кількістю зелених дахів у Німеччині – це Берлін та Штутгарт [72]. Дослідницькі інститути по зеленим покрівлям розташовані в декількох містах, включаючи Ганновер, Берлін, Гайзенхайм та Нойбранденбург. Зелені дахи в Німеччині є частиною 2-3-річної системи навчання фахівців із ландшафтного дизайну.

Відомою зеленою покрівлею у **Греції** є Парк Stavros Niarchos з оливковими деревами та середземноморською рослинністю. Понад 25550 м² покрівлі повністю озеленені системами Zinco. Зелена покрівля сприяє охолодженню будівлі та дозволяє фільтрувати, накопичувати та вдруге використовувати дощову воду. Проект культурного центру Фонду Ставроса Ніархоса (SNFCC) був удостоєний сертифікату LEED Platinum і є найбільшим у новітній грецькій історії [73].

Дернові дахи часто зустрічаються у традиційних фермерських будинках та господарських спорудах в **Ісландії**.

Декілька міст у **Польщі** запровадили політику та стимули для заохочення встановлення зелених дахів, у тому числі Варшава, Краків та Вроцлав. Ця політика допомогла збільшити впровадження зелених дахів у країні, особливо у міських районах, де вони розглядаються як важливий інструмент для пом'якшення впливу урбанізації на довкілля та покращення якості життя міських жителів. Зелений дах Варшавського університету є одним із найбільш вражаючих та відомих прикладів зелених дахів у Польщі. Він займає площу близько 10000 і включає понад 30000 рослин більш ніж 70 різних видів.

У Куала-Лумпурі, **Малайзія** зелені покрівлі будують на автобусних зупинках [74].

У **Сінгапурі** запущено «Зелений план Сінгапуру до 2030 року» [75], який описує загальнонаціональні ініціативи щодо досягнення мети нульових викидів вуглецю до 2030 року, де одним із ключових напрямків є природа. Місто-сад виділяє більше землі для природних парків, і до 2030 року це збільшення становитиме 50%. Кінцева мета полягає в тому, щоб кожне домогосподарство знаходилося за 10 хвилин ходьби від будь-якого парку або зеленої зони. Такого результату передбачається досягти також за допомогою технологій зелених конструкцій.

У **Швейцарії** знаходиться один із найстаріших зелених дахів у Європі, створений у 1914 році на заводі з очищення води на озері Моос, Воллісхофен, Цюрих. Його резервуари для фільтрів мають 30000 м² плоских бетонних дахів. Щоб зберегти прохолоду всередині та запобігти росту бактерій у фільтраційних шарах, на дахи, гідроізольовані асфальтом, було нанесено дренажний шар гравію та 15-сантиметровий шар ґрунту. Лугова рослинність утворилася з насіння, вже присутнього у ґрунті. Тепер це місце для збереження біорізноманіття рідкісних видів флори.

Перший ботанічний сад з зеленою покрівлею у Європі був створений в Аугустенборзі, Мальме, **Швеція** у травні 1999 року. Міжнародний інститут зеленого даху (IGRI) відкрився для публіки у квітні 2001 року як дослідницька станція та освітня установа. (З того часу він був перейменований на Скандинавський інститут зелених дахів (SGRI) у зв'язку зі збільшенням числа подібних організацій по всьому світу) [76]. У 2012 році було відкрито торговий центр Emporia із садом на даху площею 27000 м². Розмір саду на даху приблизно дорівнює 4 футбольним полям, що робить його одним із найбільших парків із зеленими дахами в Європі, доступних для публіки.

У **США** такі міста як Філадельфія, Чикаго та Портленд, пропонують стимули та бонуси для забудов із зеленими дахами. У 2017 році Сан-Франциско став першим містом у США, яке прийняло «Ініціативу 300 (I-300)» [77], тим

самим зобов'язавши будувати зелені покрівлі на нових будинках площею 25 м², або поєднувати зелені покрівлі із сонячними панелями.

Сіетл – ще одне місто, де все частіше використовуються зелені дахи. Це пов'язано із зусиллями міста щодо заохочення озеленення дахів за допомогою нових та покращених будівельних норм та правил. У 2006 році було затверджено програму «Seattle Green Factor» [78]. Програма заохочує включення озеленення в нові будівельні розробки з метою зменшення зливових стоків, стабілізації температури міського середовища, створення ареалу існування для птахів і комах [78] Ці зміни були розширені в 2009 році, щоб визнати конкретні переваги від зелених дахів щодо кількісного та якісного регулювання дощових зливових стоків [79].

У 2003 року Фонд Чесапікської затоки ініціював демонстраційний проєкт озеленення дахів, надавши заохочувальні гранти власникам будівель округу Колумбія. Основна мета проєкту – продемонструвати технічну, політичну та економічну доцільність встановлення зелених дахів на комерційних будівлях у Вашингтоні, округ Колумбія [80].

Прогнозується, що попит на зелені покрівельні системи в США зростатиме на 5,1% на рік до 207 мільйонів доларів у 2025 році, а попит у перерахунку на площу, за прогнозами, сягне 11,8 мільйона квадратних футів. Досягнення будуть зумовлені постпандемічним відновленням у будівництві комерційних будівель, таких як урядові установи, навчальні заклади, склади та виробничі підприємства, оскільки більшість зелених дахів встановлюються на ці типи будівель [81].

Дослідження показує, що екстенсивні системи, як і раніше, становитимуть більшість установок зелених покрівель, що підтверджується їхньою здатністю відповідати стандартам утримання зливових вод та іншим екологічним будівельним нормам, скорочувати рахунки за електроенергію та/або сприятиме отриманню балів LEED при значно менших витратах, ніж на інтенсивні покрівельні системи. Очікується, що з чотирьох регіонів США південь залишиться провідним ринком зелених дахів, чому сприяє відносно велика кількість установок щороку в містах Південної Атлантики, таких як Вашингтон, округ Колумбія, Атланта, Балтімор та Майамі. Постачальники зелених покрівель у цих регіонах отримують вигоду із значної державної підтримки зелених покрівель, а також через теплий клімат, що сприяє інвестиціям у підвищення енергоефективності. Інші ключові ринки мегаполісів знаходяться у субрегіонах середньої Атлантики (наприклад, Нью-Йорк), Тихоокеанського регіону (наприклад, Сан-Франциско, Портленд) та східно-північно-центральної частині (наприклад, Чикаго) [82].

Livingroofs.org – незалежна організація, створена Дасті Геджем у 2002 році для просування зелених дахів та живих стін у міських районах **Великобританії**

та по всьому світу. Організація є членом Європейської федерації асоціацій зелених дахів та стін (European Federation of Green Roof and Wall Associations, EFB) з 2006 року як представник Великобританії [83]. У Великобританії діє зведення правил (Кодекс GRO), яке засновано на базі німецького FLL [84]. Кодекс GRO [85] був розроблений для Великобританії, щоб забезпечити ринок зелених дахів якісними зеленими дахами для забудованого середовища. На відміну від більшості інших будівельних систем, зелені дахи спираються як на конструкцію, так і на елемент ландшафту під час планування, встановлення та обслуговування. Вважається, що потенціал зелених покрівель недостатньо використовується у Великій Британії. Нещодавно ухвалений законопроект Environment 2021 Bill («Довкілля 2021») включає вимогу про чистий приріст біорізноманіття (BNG) [86]. Суть підходу BNG полягає в тому, що нові розробки повинні забезпечувати чистий приріст біорізноманіття після завершення будівництва. Крім того, функції чистого прибутку повинні залишатися чинними протягом 30 років. По суті їх також потрібно буде контролювати протягом 5 років після впровадження. Це стане законом у 2023 році, але місцева влада та найкращі забудовники вже активно цим займаються. Новий закон вплине на збільшення кількості зелених покрівель на будівельному ринку Британії та їхню та якість.

Таким чином, «зелені конструкції» (особливо «зелені покрівлі»), широко застосовуються на впроваджуються на будівельних ринках багатьох країн світу як перспективні технології захисту навколишнього середовища. В концепції сталого розвитку міст вони виконують екологічну, економічну та соціальну функції. «зелені покрівлі» виконують екологічні, економічні і соціальні Будівництво «зелених покрівель» має комплексний ефект, спрямований на енергоефективність, екологізацію, покращення стану навколишнього середовища, психо-емоційну реабілітацію та лікування, охорону та поповнення біорізноманіття, регулювання зливого стоку тощо.

У багатьох країнах Європи та Америки на урядовому і соціальному рівнях сформовані та діють програми підтримки будівництва «зелених покрівель»: закони, норми, стандарти, єврокоди. Ці держави вже давно сформували концепцію сталого розвитку міст, де «зелені конструкції» мають ключову роль у вирішенні питань екологічної безпеки. На даний час у цих країнах актуальними є дослідження енергоефективності «зелених покрівель»: теплотехнічні (поліпшення теплоізоляції будівель за рахунок зелених покрівель, зниження витрат на кондиціювання), зменшення навантаження зливових стоків на міські каналізації. «Зелені покрівлі» є інструментом для вирішення цих проблем. Налагоджено масове виробництво «зелених покрівель» та фітостін. Навіть у тих

країнах, де немає таких програм, будівництво «зелених конструкцій» набирає темпи.

4.1.4.4. Впровадження «зелених конструкцій» в Україні

В Україні ландшафтно-рекреаційне планування територій населених пунктів регулюється ДБН Б. 2.2-12: 2018 [87], у якому вже з'явилися інноваційні засоби збільшення площі озеленення територій: вертикальні сади і парки (килимові та модульні), мобільні системи озеленення (пересувні форми), зелені екрани та стіни, сади безперервного цвітіння (зараз ведеться робота над другою редакцією), а також Державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів [88]. Відповідно до прийнятої класифікації, зелені насадження за функціональною ознакою поділяються на три основні групи:

а) озеленені території загального користування: парки культури і відпочинку, парки відпочинку, сквери та бульвари, спеціалізовані парки (ботанічні сади, зоопарк, Музей народної архітектури і побуту, НК «Експоцентр України», гольф-парк)

б) озеленені території обмеженого користування – на дворових житлових територіях, ділянках землекористування дитячих установ, шкіл, вузів, наукових і лікувальних установ, підприємств і організацій;

в) озеленені території спеціального призначення – санітарно-захисні зони промислових підприємств, водоохоронні, меліоративні та лісозахисні смуги, оранжерейні господарства та розплідники, коридори інженерних мереж, озеленені частини вулиць, доріг і кладовищ.

На сьогодні високі показники озеленення міста підтримуються за рахунок давно сформованої території загального користування.

У Концепції стратегічного розвитку Києва до 2025 р. [89] йдеться щодо збільшення площі зелених насаджень загального користування на 3024 га та зростання рівня забезпеченості зеленим насадженнями загального користування з 14,38 до 20,4 м² на 1 особу. Для вирішення цієї проблеми, у тому числі, пропонується активне впровадження вертикального озеленення фасадів, озеленення дахів та балконів, особливо у щільно забудованій центральній частині міста.

Незважаючи на позитивні тенденції щодо впровадження «зелених конструкцій», Україна не має своїх нормативних документів щодо їх будувannya та впровадження.

Отже, всі ландшафтно-проектні фірми, що займаються сьогодні на ринку України «покрівельним озелененням», не мають уявлення про правильність проектування «зелених конструкцій», що призводить до грубого порушення технології, техніки безпеки, зниження термінів експлуатації об'єктів. Винятком можуть бути міжнародні фірми (наприклад, ZinCo, FlorDepot), що працюють на українському ринку за європейськими стандартами і технологіями.

Тема експлуатованих дахів актуальна насамперед для великих міст, де висока вартість квадратного метра землі і велика щільність забудови. В елітних будинках дахи часто використовують під оранжереї, зимові сади, оглядові майданчики, тенісні корти. Інфраструктурні об'єкти на даху багатоквартирного житлового будинку (наприклад, басейн або тенісний корт) підвищують вартість квартир на 8-10%. Облаштований пентхаус стає додатковим джерелом доходів для власників комерційної нерухомості.

До 2000 р. в Україні практично не було прикладів впровадження «зелених конструкцій». Окремі приватні «зелені покрівлі» почали з'являтися з 2005 р. За останні п'ять років спостерігається бурхливий розвиток «зеленого будівництва» з використанням «зелених конструкцій». Останні проекти охоплюють не тільки приватний сектор будівництва. «Зелені конструкції» стали з'являтися на торгових центрах та офісах, університетах та бібліотеках (наприклад, Український Католицький університет у Львові), а також на житлових комплексах [90].

Існуючі «зелені покрівлі» на житлових будинках у даний час затверджуються в Україні як експериментальне житло. Сюди можна віднести «зелену покрівлю» в Києві на житловому будинку Royal Tower (2016 р.) і Skyline. Унікальність покрівлі на Royal Tower в тому, що вона є інтенсивною і розташована на 32 поверсі. На покрівлі висаджені великомірні деревні рослини до 6 м заввишки. У Skyline терасовий принцип озеленення. За останні роки особливо популярне покрівельне озеленення офісних будівель. Простір покрівлі використовується як рекреаційна зона для мешканців і гостей будинку, а також здається в оренду для проведення різних заходів. Власники деяких офісних будинків, наприклад, на проспекті Лобановського, де розташована «зелена покрівля» фірми «ZinCo», використовують її в комерційних цілях – для здачі в оренду з метою проведення різних заходів.

Серед «зелених конструкцій» на бізнес-центрах відома інтенсивна «зелена покрівля» на вулиці Смоленській.

Зараз на базі ТК 82 за ініціативою д.т.н., професора, Ткаченко Т.М. розпочата робота щодо розроблення двох державних стандартів України: «Захист довкілля.

Зелені конструкції. Технічні умови» та «Захист довкілля. Зелені конструкції. Метод оцінювання енергоефективності та впливу на кліматичні зміни».

Основна ідея першого стандарту – забезпечити широке і систематичне впровадження зелених конструкцій, отримати максимальну енергоефективність об'єктів будівництва і при цьому не просто зменшити шкідливий вплив на довкілля, а забезпечити позитивний вплив на нього.

Стандарт передбачає такі розділи:

1. Сфера застосування.
2. Нормативні посилання.
3. Терміни, визначення понять, позначки та скорочення.
4. Класифікація, цілі та сфера застосування «зелених» конструкцій.
5. Класифікація, цілі та сфера застосування «зелених» конструкцій.
6. Підвищення енергоефективності та заощадження ресурсів.
7. Оздоровлення внутрішнього середовища приміщень.
8. Вимоги до конструктивних елементів «зелених» покрівель.
9. Вимоги до конструктивних елементів озеленення фасадів.

Основна ідея другого стандарту – забезпечити можливість оцінювання позитивних впливів «зелених конструкцій» – вже побудованих або при прийнятті рішення щодо їхнього створення (техніко-економічне обґрунтування).

Стандарт передбачає такі розділи:

1. Сфера застосування.
2. Нормативні посилання.
3. Терміни, визначення понять, позначки та скорочення.
4. Лабораторні дослідження тепломасообмінних процесів у рослинних шарах.
5. Оцінювання заощадження енергії «зеленими конструкціями».
6. Оцінювання зменшення викидів парникових газів.
7. Вимоги до аеродинамічних труб для дослідження рослинних шарів «зелених конструкцій».

Таким чином, обидва стандарти є не просто гармонізованими з європейськими, але мають оригінальні вітчизняні розробки, отримані вперше.

4.1.5. Концепція впровадження «зелених конструкцій» у міста України

За даними ООН уже сьогодні 50 % населення планети живе на густонаселених урбанізованих територіях, на які припадає 75 % глобального енергоспоживання та 80 % викидів парникових газів. Техногенна небезпека

урбоценозів пов'язана з перевитратами біоємності та високим екологічним відбитком, основним показником якого є двоокис вуглецю. Виснаження природних ресурсів і вплив кліматичних змін призводять до нестабільності і підвищення екологічної небезпеки урбоценозів, загострення економічних і соціальних ризиків. Тому сучасні урбоценози розглядаються як потенціал для створення низьковуглецевих, енергоефективних стійких систем для пом'якшення наслідків зміни клімату. Більшість європейських країн здійснюють перехід до «зеленої економіки», яка передбачає зменшення викидів парникових газів і відмову від викопного палива за рахунок використання вторинних і відновлюваних джерел енергії.

Пошук наукових засад оптимальних форм управління екологічною безпекою урбоценозів є першочерговим завданням на шляху до їхнього стійкого розвитку. Однією з таких форм є впровадження екологічних енергоефективних технологій у техносферу, зокрема у будівництво. Регресивна тенденція урбоценозів пов'язана з ущільненням забудови та знищенням зелених територій, що значно зменшує рекреаційні зони, збіднює біорізноманіття, погіршує екологічний стан міст та здоров'я населення.

Однією з ефективних технологій для управління екологічною безпекою урбоценозів є *«зелені конструкції»*, під якими ми розуміємо архітектурно-будівельні елементи, поєднані з живими рослинами: покрівельне озеленення, фасадні «зелені» блоки, вертикальне озеленення, екопарковки, «зелені» схили, дощові сади тощо.

Біотехнічні системи «зелених конструкцій» вже давно вийшли за межі естетичного елементу дизайну навколишнього середовища. Інтенсивні процеси урбанізації призводять до збільшення міст, щільності їхньої забудови та техногенного навантаження на біосферу, що сприяє загрозі техногенної безпеки. Техногенна безпека будь-якої держави є складовою частиною екологічної безпеки. Тому удосконалення та впровадження нових екологічно безпечних технологій є основним механізмом зниження техногенної небезпеки. Техносферу урбоценозів формує промисловість, виробництво, транспорт та будівництво. Механізми зменшення впливу виробництва, транспорту та промисловості на навколишнє середовище та людину вирішуються завдяки появи та розвитку концепції сталого розвитку у середині ХХ ст. Існуюча концепція сталого розвитку не в повній мірі враховує сучасні тенденції розвитку будівельного комплексу в нестабільних економічних умовах. З ростом урбанізації спостерігається інтенсивний розвиток будівельного комплексу, що призводить до збільшення числа будівель і ущільнення забудови. На будівельний сектор припадає 23% забруднення повітря, 40% забруднення питної води та 50% сміттєзвалищ [91].

Сам процес будівництва та ситуація, що склалася, підштовхнули до розвитку нового напрямку – «зеленого будівництва». Принципи «зеленого будівництва» базуються на концепції сталого розвитку, але діють стосовно будівель, як кінцевих продуктів будівельного комплексу. Головна мета «зеленого будівництва» - створення екологічно безпечних будівель. Одним з біолого-технічних механізмів підвищення екологічної безпеки сучасних будівель є «зелені конструкції». Згідно з резолюцією міжнародної конференції «Стокгольм +40» [92], проблеми глобальної зміни клімату і урбанізації були признані пріоритетними. Загострення екологічного ризику відбувається на рівні штучних екосистем – урбоценозів та агроценозів. Тому механізми управління екологічною безпекою розглядаються та впроваджуються на рівні урбоценозів. Виходячи з цього, розроблено схему, де показано вплив сучасного урбоценозу на біосферу (рис. 4.16) [93, 94]. Цей вплив відбувається через техносферу, яка формується у результаті промислової і господарської діяльності людини: виробництво, транспорт, будівництво, управління відходами, експлуатація і ремонт, інформаційні технології і зв'язок. Концепція сталого розвитку знижує техногенну небезпеку урбоценозів за рахунок вирішення економічних, екологічних і соціальних питань. Відповідно до Стокгольмського форуму, класична концепція сталого розвитку з трьома складовими («економіка ↔ соціум ↔ екологія») доповнена четвертою складовою, а саме, інноваційними технологіями («економіка ↔ соціум ↔ екологія ↔ технології»), що активно розвивається в рамках сталої «зеленої економіки». Окремо для підвищення екологічної безпеки сучасних будівель розвивається концепція «зеленого будівництва». Її основні принципи аналогічні класичній концепції сталого розвитку, тобто з урахуванням економічної, екологічної та соціальної складової. При цьому основний упор в економічній складовій робиться на енергоефективність будівель, пошук нових методів і технічних рішень. Така аналогія дозволяє у даній роботі удосконалити доповнену концепцію сталого розвитку долученням до неї «зеленого будівництва», а зв'язок між ними відбувається саме через технологічний аспект сталого розвитку. Однією з ефективних технологій для підвищення екологічної безпеки та енергоефективності будівель у рамках «зеленого будівництва» є «зелені конструкції».

Трофімовичем В.В. та Волошкіною О.С. [95] була здійснена спроба розвитку системи чотирьох аспектів шляхом змістового наповнення прямих і зворотних зв'язків.

Кожний аспект пов'язаний з іншими трьома парами зв'язків, які є загальновизнаними показниками розвитку.

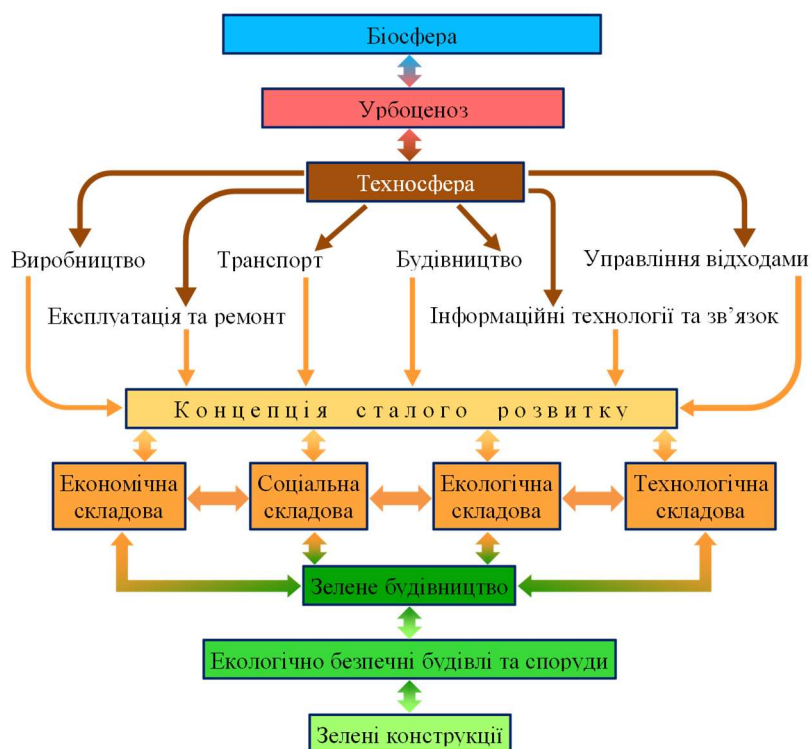


Рис. 1.16 – Місце «зелених конструкцій» у сталому розвитку урбоценозів, стабілізації та поліпшенні стану довкілля

Ідеться про використання матеріальних ресурсів, відшкодування, конкурентоспроможність і стан основних виробничих фондів, рівень освіти і якість трудових ресурсів, їхнє використання, дохід на душу населення, якість використання природних ресурсів й утворення відходів, очікувана тривалість життя людей і біорізноманіття в екосистемах. Система аспектів і фактори зв'язку функціонують і змінюються відповідно до того, як змінюються ресурси (потенціал) і система споживання.

4.1.6. Оцінка впливу об'єктів будівництва на навколишнє середовище

Будівництво як основна і необхідна частина урбанізації вимагає продуманого й обґрунтованого підходу. До недавнього часу основним завданням будівництва було створення штучного середовища, що забезпечує умови життєдіяльності людини. Зворотний процес впливу будівельної діяльності людини на навколишнє природне середовище і штучного середовища на природну складову повною мірою став предметом розгляду порівняно недавно. Лише окремі аспекти цієї проблеми, в міру практичної необхідності, вивчалися і вирішувалися поверхнево (наприклад, видалення та утилізація відходів життєдіяльності, турбота про чистоту повітря в населених пунктах тощо). Тим

часом будівництво є одним з потужних антропогенних факторів впливу на навколишнє середовище. Антропогенний вплив будівництва різноманітний за своїм характером і відбувається на всіх етапах будівельної діяльності - починаючи від видобутку будматеріалів і закінчуючи експлуатацією готових об'єктів.

Будівництво потребує великої кількості різної сировини, будматеріалів, енергетичних, водних та інших ресурсів, отримання яких робить сильний вплив на навколишнє середовище. З серйозними порушеннями ландшафтів і забрудненням навколишнього середовища пов'язане ведення робіт безпосередньо на будівельному майданчику. Порушення ці починаються з розчистки території будівництва, зняття рослинного шару і виконання земляних робіт. Під час розчищення території під будівництво, утворюється значна кількість відходів, що забруднюють навколишнє середовище при спалюванні, або нагромаджують територію, що змінює морфологію ділянок, погіршує гідрологічні умови, сприяє ерозії. Ступінь впливу на природу залежить від матеріалів, які застосовують у будівництві, технології зведення будівель і споруд, технологічного оснащення будівельного виробництва, типу і якості будівельних машин, механізмів і транспортних засобів та інших факторів.

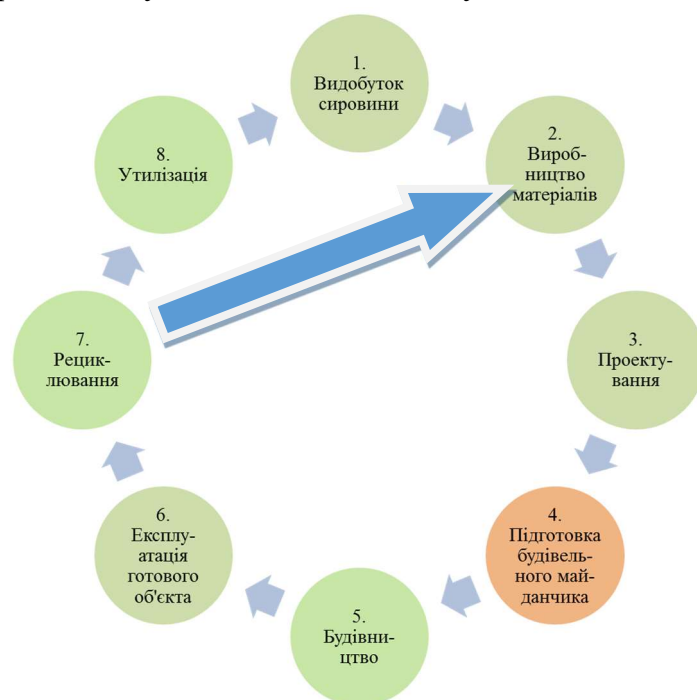
Територія будівництва стає джерелом забруднення сусідніх ділянок: вихлопи і шум двигунів машин, спалювання відходів. Вода широко використовується в будівельних процесах - як компоненти розчинів, як теплоносій в теплових мережах; після використання вона скидається, забруднюючи ґрунтові води і ґрунт введеними в неї компонентами.

Однак саме будівництво – процес щодо швидкоплинний. Значно складніше визначити вплив об'єктів будівництва – будівель, споруд та їх комплексів - урбанізованих територій. Їх вплив на навколишнє природне середовище ще недостатньо вивчено, тому практично всі екологічні заходи носять рекомендаційний характер. Що ж стосується нинішніх результатів, то: зменшується кількість дерев, забруднюються води і ґрунт внаслідок промислових викидів і накопичення комунально-побутових відходів, відбувається запилення, газове і теплове забруднення повітря, що призводить до зміни рівня радіації, випадання опадів, зміни температур повітря, вітрового режиму, тобто до створення штучних умов на урбанізованій території.

У результаті різних впливів – тимчасових, кліматичних, експлуатаційних, проявляються негативні впливи на будівлі і споруди: руйнуються кам'яні і металеві конструкції, вицвітають і руйнуються фарби, змінюють забарвлення зовнішні огорожувальні конструкції, гинуть скульптури і орнаменти пам'ятників старовини тощо. Залежно від методів відновлення об'єктів виникають відходи виробництва ремонтних робіт - у разі поточного ремонту це

можуть бути частини внутрішнього оздоблення, в разі капітального ремонту - додаються в великих обсягах дефектні деталі інженерної структури об'єктів, опалення, водопостачання, вентиляції. У разі повної ліквідації об'єкта в сучасних умовах в будівельне сміття з великою ймовірністю потрапляють речовини, що негативно впливають на екологію - різні види пластмас, фенолів, формальдегідів тощо.

Згідно з ДСТУ ISO-14040–14043 [96] сучасне будівництво розглянуто як ланцюг складних етапів: видобування сировини (1) → виробництво матеріалів (2) → проектування (3) → підготовка будівельного майданчика (4) → будівництво (5) → експлуатація готового об'єкта (6) → рециклювання (7) → утилізація (8). Практично на кожному етапі будівництва можна знизити його екологічну небезпеку шляхом впровадження «зелених конструкцій». На першому та другому етапах можливо знизити інтенсивність видобутку будівельних матеріалів за рахунок використання рослинних біополімерів і матеріалів повторної переробки у виробництві «зелених конструкцій». На третьому та п'ятому етапах завдяки «зеленому плануванню» можливо закладання у проект та реалізація фасадного або покрівельного озеленення. На шостому етапі при експлуатації об'єкта, «зелені конструкції» виконують екологічну, економічну (енергоефективність) і соціальну функції. На сьомому етапі ланцюг замикається, і складові «зелених конструкцій» можуть використовуватися повторно. У зв'язку з природним походженням, «зелені конструкції» практично повністю природно утилізуються (восьмий етап), завдяки чому здійснюється утилізація об'єкта будівництва «під нуль». Тобто, сучасне будівництво являє собою ланцюг складних етапів від видобутку будівельних матеріалів до утилізації готових будівельних об'єктів (рис.4.17).



4.1.7. Позитивні ефекти «зелених конструкцій»

Проблему створення екологічно безпечних будівель вирішує «зелене будівництво», яке може розглядатися сьогодні як один з механізмів забезпечення техногенної безпеки держави. «Зелене будівництво» – це комплексні знання, які структуровані стандартами проектування та будівництва. Рівень його розвитку безпосередньо залежить від досягнень науки і технології, від активності інженерів і від усвідомлення суспільством екологічних принципів. Зелені будівлі забезпечують високу якість будівництва при мінімізації витрат і максимізації комфорту. Реалізація зелених проєктів сприяє сталому розвитку, що обумовлює їхню актуальність. І хоча зелені технології є новим і непростим напрямком прогресу, вони демонструють високу результативність. «Зелені» стандарти покликані прискорити перехід від традиційного проектування та будівництва будівель і споруд до сталого, яке відповідає наступним принципам:

- безпека і сприятливі здорові умови життєдіяльності людини;
- обмеження негативного впливу на навколишнє середовище;
- урахування інтересів майбутніх поколінь.

Нами розроблена схема (рис.4.18), де показана роль «зеленого будівництва» у концепції сталого розвитку сучасних міст і територій.

«Зелене будівництво» передбачає різні напрямки діяльності: розробка «зелених» стандартів, використання нових технологій, архітектурно-будівельні роботи тощо. Задачею даних досліджень є розгляд можливостей для застосування «зелених конструкцій» як біотехнічних механізмів для підвищення екологічної безпеки будівель у «зеленому будівництві». У даній роботі «зеленими конструкціями» названі архітектурно-будівельні елементи, поєднані з живими рослинами: покрівельне озеленення, фасадні зелені блоки, вертикальне озеленення, екопарковки, «зелені схили», дощові сади тощо. На підставі рис. 4.18 розроблена схема, яка наочно показує роль «зелених конструкцій» у «зеленому будівництві» для забезпечення сталого розвитку міст (рис. 4.19). Виділені задачі досліджень, які виникають при впровадженні «зелених конструкцій» (показані без рамок) та вирішуються в теперішніх та запланованих авторських дослідженнях.

В екологічному напрямку «зелені конструкції» в цілому сприяють поліпшенню стану навколишнього середовища.

«Зелені конструкції» зменшують екологічний відбиток урбоценозів. У доповіді ООН «Кліматично нейтральні міста» підкреслюється першорядна роль урбоценозів у пом'якшенні проблем, пов'язаних зі зміною клімату. За оцінками

експертів, на частку міст припадає 75 % глобального споживання енергії та 80 % викидів парникових газів [97]. Основний внесок в парниковий ефект вносить CO_2 , який є показником екологічного відбитку урбоценозів. Незважаючи на різкі коливання концентрації CO_2 в атмосфері Землі за минулий геологічний період, природний цикл CO_2 за останні кілька тисячоліть у цілому не змінився.



Рис. 4.18— Роль «зеленого будівництва» в концепції сталого розвитку сучасних міст і територій

Антропогенна діяльність порушує цю рівновагу за рахунок вивільнення CO_2 , пов'язаного в таких природних накопичувачах вуглецю, як викопне паливо і зелена біомаса.

З початку індустріальної епохи в XVIII столітті концентрація CO_2 в атмосфері підвищилася майже на третину. У результаті цих дій протягом минулого століття відбулося глобальне підвищення середньої температури, за яким відбулося потепління клімату.

Скорочення викидів CO_2 є основним механізмом уповільнення зміни клімату. У вирішенні даної проблеми «зелені конструкції» можуть розглядатися як перспективні технології для зменшення екологічного відбитку завдяки біомасі (стовбури і гілки, кора, листя, коріння) та субстрату.

У серпні 2018 р. уряд України ухвалив «Стратегію низьковуглецевого розвитку до 2050 року» [98], яка передбачає поступове скорочення використання викопного палива та старт інвестування у відновлювальні джерела енергії. Тому пошук та впровадження енергоефективних технологій є пріоритетним завданням.

Однією з ефективних низьковуглецевих технологій є «зелені конструкції». За рахунок секвестрації CO_2 біомасою рослин та субстратом зменшується кількість парникових газів в атмосфері. Нами розроблені методичні підходи до розрахунку біомаси та оцінки секвестрації CO_2 «зеленими конструкціями» [99]. Встановлено, що «зелені покрівлі» з трав'яним рослинним покриттям площею 1 га депонують 17 т CO_2 , що відповідає 8,9 – денному викиду CO_2 з автомагістралі. Розрахунок поглинання CO_2 для деревного асортименту рослин на покрівлі Royal Tower (Київ) площею зелених насаджень біля 180 м² за удосконаленою методикою показав, що 1 м² площі деревинних рослин поглинає 3,769 кг/(м²·рік) CO_2 . Річна секвестрація CO_2 з 1 га таких насаджень поглинає викид CO_2 з автомагістралі за 19,8 доби. Загальний ефект поглинання CO_2 від дерев та трави становить 5,461 кг/(м²·рік). Річна секвестрація CO_2 з 1 га відповідає викиду CO_2 з автомагістралі за 28,7 доби.

Для максимальної секвестрації CO_2 в містах необхідно максимально використовувати «зелені конструкції» на будівлях, особливо, у погано озелених районах міст. Також необхідно максимально використовувати інтенсивні «зелені покрівлі» з деревами, які мають значно більшу біомасу і більший потенціал поглинання CO_2 . На «зелених покрівлях» слід залишати якомога менше ділянок без рослин.

Нами проведені натурні дослідження концентрації CO_2 на озелененій і неозелененій покрівлі показали, що «зелені покрівлі» суттєво впливають на рівень CO_2 . На доріжках «зеленої покрівлі» концентрація CO_2 (410...415 ppm) відповідає нормальному рівню в зовнішньому повітрі. На неозелененій покрівлі концентрація CO_2 (452 ppm) незначно перевищує верхню межу концентрації в зовнішньому повітрі. На проспекті біля будівель ця концентрація (501 ppm) суттєво перевищує цю межу і наближається до верхньої межі прийнятного рівня. Під час дослідів були лише «світлофорні» тисняви та вітер. У години пік спостерігаються повні затори, а концентрація CO_2 має бути значно вищою, особливо у безвітряну погоду.

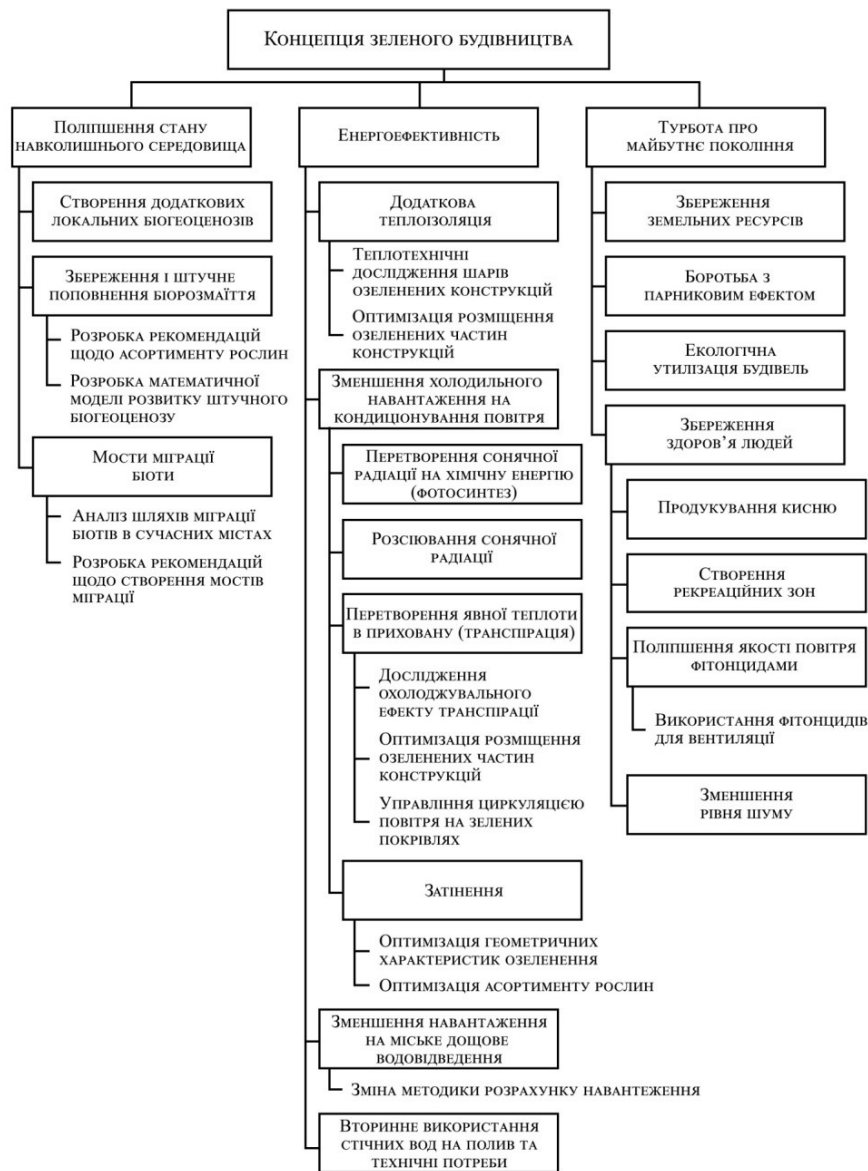


Рис. 4.19 – Роль «зелених конструкцій» у забезпеченні сталого розвитку міст.

«Зелені конструкції» створюють додаткові локальні біогеоценози (наприклад, «зелені покрівлі»), сприяють збереженню і штучному поповненню біорозмаїття. Проблема озеленення міст особливо загострена в центральних районах з ущільненою забудовою через відсутність вільного місця і високої вартості землі. У даному випадку вирішити проблему можна за допомогою «зелених конструкцій»: озеленення схилів, фасадів будівель, вертикального і покрівельного озеленення, екопарковок. «Зелені конструкції» є одним з механізмів підвищення екологічної безпеки урбоценозів. Ці механізми виконують екологічну (створення додаткових локальних біогеоценозів, збереження і штучне поповнення біорізноманіття, мости міграції біоти, екологічна утилізація будівель), економічну (додаткова теплоізоляція, зменшення холодинного навантаження на кондиціонування повітря, зменшення навантаження на міське дощове водовідведення, вторинне використання стічних

вод на полив та технічні потреби) та соціальну (збереження земельних ресурсів, боротьба з парниковим ефектом, збереження здоров'я людей: продукування кисню, створення рекреаційних зон, поліпшення якості повітря фітонцидами, зменшення рівня шуму) функції у сучасних містах.

Нами запропонована карта введення «зелених конструкцій» у Солом'янському районі м. Києва (1.20), яка дозволяє забезпечити достатнє озеленення центральних районів з ущільненою малоповерховою забудовою.

При виборі будівель та споруд під озеленення, в Солом'янському районі міста Києва було проведено аналіз існуючого стану зелених насаджень. Виходячи з документу [100], було обрано Солом'янський район, який посідає третє місце за балансом озелених територій загального користування (забезпеченість 8,99 м²/люд.). За основні критерії вибору майбутньої ділянки озеленення було взято малоповерхові житлові та нежитлові будівлі, які знаходяться поруч з місцевими парками та скверами громадського призначення для залучення птахів з існуючих зелених територій та утворення власної урбанізованої екосистеми на дахах обраних будівель та споруд [101]. На мапі (рис. 4.20) нами було виділено та пронумеровано ділянки з найбільшою щільністю забудови та з недостатньою кількістю зелених насаджень.

Наприклад, ділянка № 1 розташована в промисловому районі з дев'яти поверховою забудовою. Поруч знаходиться парк «Орлятко», території дошкільних та шкільних навчальних закладів. Сіримі кругами позначено місця найбільшого забруднення повітря.

У даному випадку «зелені конструкції» виконують не тільки санітарно-гігієнічну й естетичну функції, а й сприяють збереженню видового різноманіття птахів.

За допомогою «зелених конструкцій» пропонується вирішити проблему кормової бази і гніздування для птахів, що стабілізує і підвищить їх біорізноманіття. На сьогодні питання використання «зелених конструкцій» як мостів міграції біоти вивчено не достатньо [102], тому ці дослідження є особливо потрібними в умовах інтенсивного розвитку міст. У результаті аналізу поведінкових факторів визначено, що орнітофауна подібних районів поповниться 13 видами птахів: *Corvus cornix*, *Emberiza citrinella*, *Passer domesticus*, *Streptopelia turtur*, *Corvus monedula*, *Dendrocopos major*, *Regulus ignicapillus*, *Fringilla coelebs*, *Bombycilla garrulus*, *Pyrrhula pyrrhula*, *Garrulus glandarius*, *Parus major*, *Apus apus*, які можуть використовувати вертикальні і горизонтальні «зелені конструкції» як кормову базу і місця гніздування. Детальніше про ці дослідження можна прочитати тут [101].

Для поповнення біорізноманіття фітоценозів за допомогою «зелених конструкцій», нами ведуться дослідження по розробці рекомендацій щодо

асортименту рослин для «зелених конструкцій», зокрема, для «зелених покрівель» різних кліматичних зон України. Розробка цих рекомендацій прогнозується і базується на математичній моделі штучного біогеоценозу і оригінальних даних, отриманих у результаті будівництва «зелених покрівель» (серед яких авторські) й багаторічних спостережень за формуванням біогеоценозу.



Рис. 4.20 – Перспективні зони введення «зелених конструкцій» (позначені зеленими колами) у місцях малоповерхової забудови Солом'янського району міста Києва

На підставі багаторічних експериментальних досліджень авторської «зеленої покрівлі» інтенсивного типу (рис. 4.21: а, б) розроблено математичну модель впливу погодних факторів на розвиток рослин штучного степового фітоценозу. Це дає можливість визначити і запропонувати перспективний асортимент рослин з високим адаптаційним потенціалом до кліматичних умов південно-східного регіону України. Встановлена чутливість рослин до дії вітру, що може мати негативний вплив на декоративність рослин (однак, як буде показано далі, покращує енергоефективність будівель у теплий період року). Докладніше про ці дослідження можна прочитати у роботах [102-104].

«Зелені конструкції» дозволяють автоматично керувати надходженнями сонячної радіації до приміщень: перешкоджають надмірній інсоляції у теплий період року та пропускають максимальну кількість сонячної

радіації в холодний період. Таким чином досягається мінімальне холодильне навантаження на кондиціювання повітря та максимальне пасивне опалення приміщень без додаткових світлозахисних пристроїв та засобів їхньої автоматизації. Це зменшує викиди продуктів згоряння, серед яких токсичні речовини та парникові гази, на теплоелектрогенераторних установках. Нами удосконалені на підставі аналізу літературних джерел алгоритми для розрахунку положення сонця за різними вихідними даними дозволяють побудувати геометричне місце сонячних променів, що потрапляють до приміщення крізь світлопрозоре огородження [105].



Рис. 4.21 – інтенсивна «зелена покрівля» зі степовим типом озеленення (південний схід України. Автор: Ткаченко Т.М.)

Для сонцезахисту терасовим озелененням рослини можна висаджувати в один або два яруси, а також використовувати сітчасті чи решітчасті навіси або вертикальні загородки з ампельними рослинами (рис.4.22).

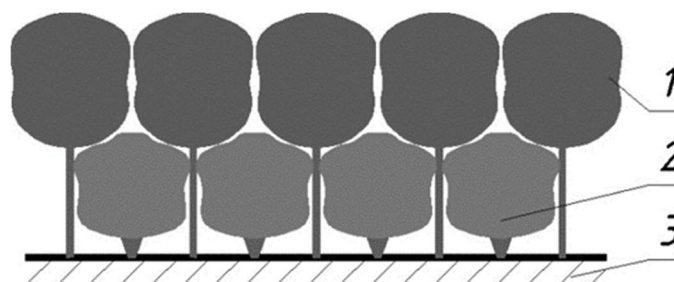


Рис. 4.22 – Схема висадження рослин для терасового озеленення: 1 – перший ярус; 2 – другий ярус; 3 - субстрат

При цьому запропоновано асортимент рослин для кожного ярусу, навісів та загородок. Для першого ярусу I ярусу: *Quercus paludosa multicaulus*, *Quercus rubra multicaulus*, *Malus multicaulus*, *Carpinus*, *Acer rubrum*, *Acer rubrum 'Scanlon'*, *Acer tataricum*, *Acer platanoides*, *Acer Ginnala*, *Prunus cerasifera 'Pissardii'*, *Prunus padus*, *Betula pumila*, *Sorbus aucuparia*, *Crataegus monogyna*, *Morus alba*. Асортимент рослин II ярусу: *Lonicera alpigena*, *Lonicera caerulea*, *Chenomeles*

Maulei, Arónia melanocárpa, Berberis thunbergii, Viburnum opulus, Spiraea arguta, Spiraea japonica, Hydrangea arborescens 'Annabelle', Physocarpus opulifolius 'Luteus', Amelanchier lamarckii, Ligústrum vulgáre, Euonymus alatus, Forsythia spectabilis. Асортимент ампельних рослин сітчастих або решітчастих навісів чи загорож: 1. Ліани, що прикріплюються до опори за допомогою повітряних коренів: *Hedera helix, Parthenocissus quinquefolia, Campsis, Hydrangea petiolaris*; 2. Ліани, що чіпляються за опору черешками листя або самими листями: *Ampelópsis aconitifolia, Vitis, Clematis*; 3. Ліани (в'ються самі), що охоплюють опори стеблами і піднімаються вгору по спіралі: *Actinidia, Celástrus orbiculatus, C. Scandens, Lonicera caprifolium*.

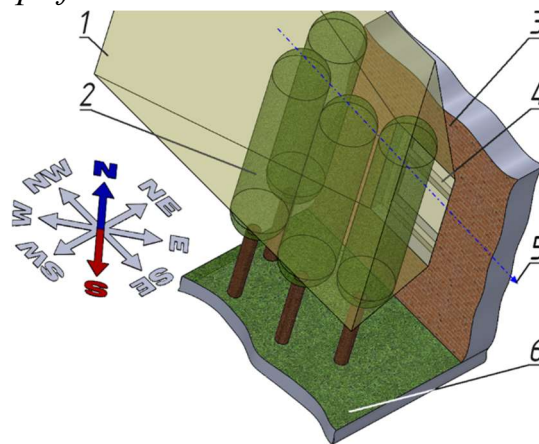


Рис. 4.23 – Автоматичне керування сонячними променями: 1 – фігура, яку слід заповнити; 2 – рослини; 3 – стіна; 4 – вікно; 5 – напрям сонячних променів; 6 – зелена тераса

Що не менш важливо, листопадні рослини автоматично керують сонячними променями [105, 106]. Влітку листя частково відбиває сонячне проміння. Іншу частку рослини поглинають і використовують як енергію для зростання (фотосинтез), а не перетворюють на теплоту. Фасад, на якому щільно навито рослини, не нагрівається сонцем. Якщо ж рослини ще не встигли заповнити фасад, він все ж буде нагріватися, але значно менше, ніж без рослин. Таким чином ще зменшиться потреба в енергії на кондиціонування повітря. На зиму листопадні рослини скидають листя. Для сонячних променів відкривається доступ до фасаду. Обігрів фасаду зменшує втрати теплоти при опаленні, а за сприятливих умов ще й додатково обігріває будівлю. І за цю автоматизацію прийдеться сплатити лише один раз на рік прибиранням листя. Для порівняння, автоматичні маркізи коштують понад 20 тисяч гривень.

«Зелені конструкції» підвищують енергоефективність будівель. Перш за все, вони створюють додаткову теплоізоляцію.

Принцип роботи теплоізоляції – знерухомити повітря. Повітря є однією з найменш теплопровідних речовин на Землі. Воно в основному переносить теплоту завдяки своєму рухові, що називається конвекцією. Тому якщо воно не буде рухатися, то теплові потоки будуть дуже малими. Щоб зупинити рух повітря треба заповнити простір великою кількістю перешкод або дрібних замкнених порожнин, наприклад, ворсинок або пінополіуретанових кульок. Так утеплює хутро, так зберігає нашу теплоту одяг, так працює і будівельна теплоізоляція. Точно так створюють додаткову теплоізоляцію і рослини [107]. При достатній щільності зростання вони забезпечують високий опір проходженню потоків повітря між ними, а значить, і теплоті. Таким чином зменшується споживання теплоти на опалення і кондиціонування повітря, а будівля стає більш енергоефективною. Математичне моделювання методами обчислювальної гідродинаміки показали, що опір теплопередачі шару добре розвинених ліан може при штилі досягати $0,7 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, що створює суттєву економію навіть для сучасних стін ($3,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ за [108]). Уперше було створено метод і експериментально визначено опір теплопередачі рослинного шару зеленої покрівлі. Це дозволяє розрахувати заощадження енергії на кондиціонування повітря, а також опалення у весняно-осінній період (рис.4.24, 4.25).



Рис. 4.24 – Фізична модель екстенсивної «зеленої покрівлі» (аеродинамічна труба)

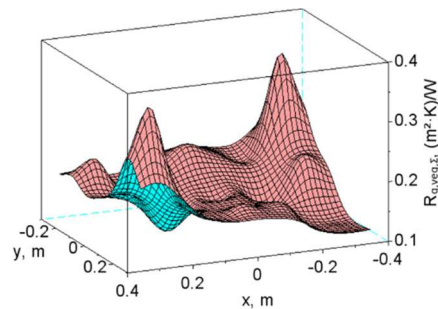


Рис. 4.25 – Термічний опір екстенсивної «зеленої покрівлі» при незначній швидкості навколишнього повітря (висота трави 40,4 мм)

Крім цього, рослини мають «охолоджувальний ефект» за рахунок випарного охолодження при евапотранспірації [107,108]. Це зменшує холодильне навантаження на системи кондиціонування повітря та зменшує ефект «теплого острова» у містах. Зменшенню холодильного навантаження сприяє затінення, яке відбувається завдяки правильному розташуванню рослин на

будівлях та біля будівель. Важливим аспектом цього напрямку є правильно підібраний асортимент рослин.

Теплоізоляція не гріє і не охолоджує, а лише утримує теплоту в приміщенні або ззовні. А рослини влітку ще й активно охолоджують поверхні стін, ще зменшуючи потребу в теплоті на кондиціонування повітря. Коли нам жарко, ми йдемо до водограю і відчуваємо прохолоду. Адже щоб випаруватися воді потрібна енергія, яку вона запозичує з навколишнього середовища. У результаті знижується температура. Цей процес називають терміном “випарне охолодження”. Рослини охолоджують себе й оточення точно таким же способом. Вони відкривають мікроскопічні продихи листочків і випаровують вологу, яку раніше коренями відібрали з землі. Ця спроможність рослин називається «охолоджувальний ефект» [109].

Дослідження, виконані у Київському національному університеті будівництва і архітектури, показали, що газонна трава, яку висаджують на зелених покрівлях і терасах, дає охолоджувальний ефект 1...3,5 °C (рис. 4.26, 4.27).

Якщо ж навити на фасад дикий виноград, то його охолоджувальний ефект сягатиме 1,2...4 °C (рис. 1.28) [106-109].

Тобто, озеленення диким виноградом п'ятилистим виявилось ще більш ефективним ніж травою (райграс пасовищний). Таке озеленення вимагає мінімальних затрат.

У багатьох країнах світу енергоефективність «зелених конструкцій» (перш за все, «зелених покрівель») пов'язана з їхньою здатністю поглинати дощову воду, що зменшує навантаження на міську систему дощової каналізації. При цьому дощова вода після фільтрування використовується вторинно.

Також «зелені конструкції» є важливим елементом боротьби з затопленням доріг у містах. Чому на автомагістралях, що йдуть крізь села, немає зливого водовідведення? Бо в селі достатньо відкритого ґрунту для поглинання дощової води. А у щільно забудованих мікрорайонах у кращому випадку залишають невеличкі газони. Тому й приходиться будувати системи зливого водовідведення. Ці системи виявилися недостатньо надійними навіть у найрозвиненіших країнах. Послухаємо, що каже радіо в американському серіалі «Servant» («Прислуга»), перший сезон, шоста серія, 5 хв. 12 с.: «Дощовій каналізації в центрі нашого міста вже понад 100 років, і сьогодні кінець-кінцем вона сказала «з мене досить» (пер. авт.). І це в США.



Рис. 4.26 – Стенд з висотою трави 40,4 мм

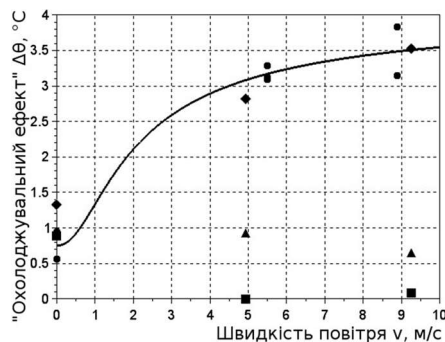


Рис. 4.27 – Залежність «охолоджувального ефекту» від швидкості повітря: ● – висота трави 40 и 123 мм, різні точки; ▲ – висота трави 399 мм, навколо центру моделі; ■ – висота трави 399 мм, кут з навітряного боку; ♦ - висота трави 399 мм, кут з завітряного боку

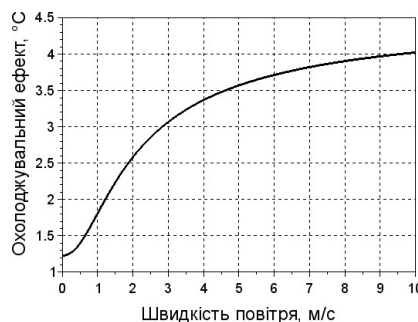
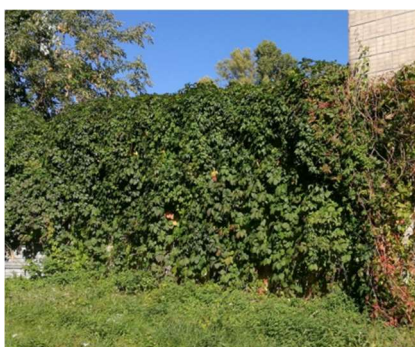


Рис. 4.28 – Охолоджувальний ефект від вертикального озеленення диким виноградом п'ятилистим

Саме тому у 2005 році індійський фахівець Ван Ройджен увів термін «місто-губка» для концепції максимального використання наявних площ для природного поглинання дощової води. У 2013 р. цю концепцію офіційно прийняв Китай, і з тих пір він і є світовим лідером у її впровадженні. В Україні проблема поглиблюється воєнними руйнуваннями. Тому післявоєнне відновлення міст у міста-губки може вирішити цю проблему.

Місто планується з використанням засобів-губок, здатних поглинати воду: «зелені покрівлі», водопропускні покриття, екопарковки, дощові сади тощо. У Київському національному університеті будівництва і архітектури розроблено нові зелені конструкції – дощові сади-смуги [110]. Вони здатні швидко вилучити воду з автодоріг без утворення потоків, а також поглинути енергію автівки, яка відскокує при можливій дорожньо-транспортній події (рис.4.29, 4.30).

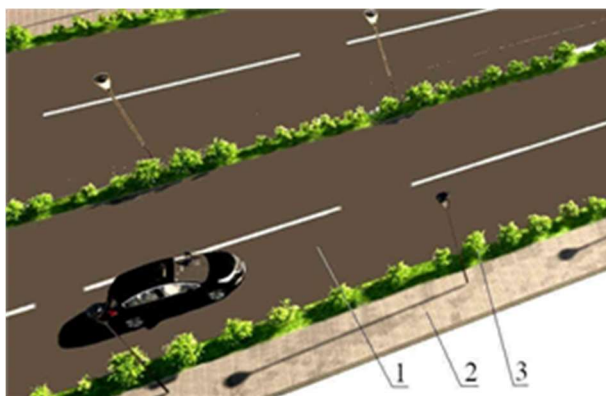


Рис. 4.29 – Дощові сади-смуги: 1 – проїзжа частина; 2 – тротуар; 3 – дощовий сад-смуга. Для Києва ширина має не перевищує 11 % ширини дороги



а

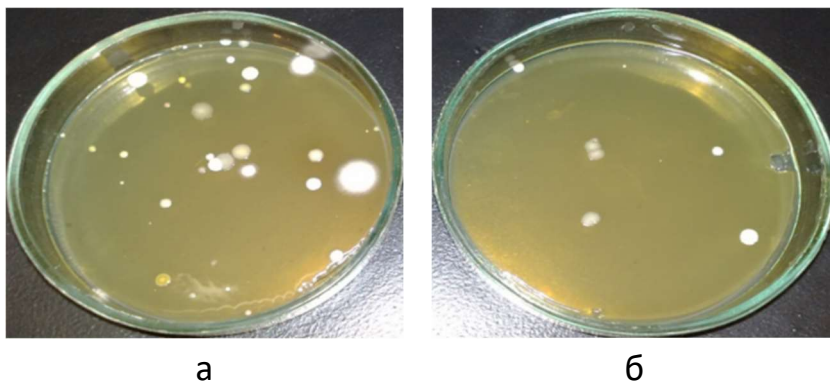


б

Рис. 4.30 – а: модель дощової смуги, яка тестується (з рослинами та без рослин); б: фільтраційна колонка для лабораторного тесту

Турбота про майбутні покоління є третім напрямком концепції «зеленого будівництва».

У дитинстві закладаються основи здорового імунітету та внутрішніх органів. Тому підвищення якості довкілля є передумовою здорового дитинства та майбутнього. Рослини «зелених конструкцій» санують та очищують повітря (рис.4.31).



а

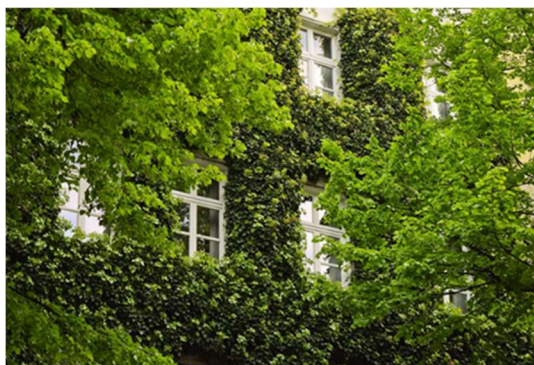
б

Рис. 4.31– а: посів з приміщення без рослин; б – посів з приміщення з рослинами.

У дитинстві закладаються основи здорової психіки. Дорослі проблеми найчастіше мають коріння в дитинстві. Рослини зелених конструкцій створюють максимально природне середовище, візуальний комфорт, що заспокоює нервову систему і сприяє душевній рівновазі (рис.4.32).



а



б

Рис. 4.32 – а: приклад агресивної забудови; б: природне заспокійливе завдяки використанню зелених конструкцій (вертикальне озеленення).



Рис. 4.33 – Приклад використання покрівельного озеленення для маскуванню військових об'єктів: ставка Гітлера в Польщі Герложе (фото автора Ткаченко Т.М., 2017 р.)

Технології «зелених конструкцій» зараз особливо актуальні: вони можуть використовуватися задля ефективного маскуванню цивільних та військових об'єктів. «Зелені дахи» можуть забезпечити ефективну шумоізоляцію, що важливо для військових об'єктів, які можуть бути розташовані поблизу жвавих доріг або аеропортів. Рослинність і ґрунт діють як природні звукові бар'єри, поглинаючи та розсіюючи шум до того, як він досягне будівлі (рис 4.33, 4.34).



Рис. 4.34 – Приклад використання вертикального озеленення для маскуванню цивільних об'єктів: будівля на Подолі (фото автора Ткаченко Т.М, 2022 р.)

Ефективним засобом звукопоглинання є покриття поверхонь будівель виткими рослинами, які безпосередньо прилягають до стін. Це мінімізує прояви дифракційних явищ на кромках екрануючих конструкцій. Каркасом для поширення витких рослин доцільно обирати сітчасті або шпаруваті металеві конструкції для екранування електромагнітних полів. Такі конструкції частково екранують акустичні хвилі. Переважні частоти екранування визначаються співвідношеннями швидкостей поширення електромагнітних та акустичних хвиль. Каркасом для поширення витких рослин можуть бути і перфоровані звукопоглинальні конструкції резонансного типу. Перевагою таких конструкцій є можливість екранування низькочастотного шуму, захист від якого найбільш складний [111].

Особливо «зелені конструкції» стають у нагоді при післявоєнній реабілітації. Перебування у максимально природному середовищі знижує рівень стресу, заспокоює, дозволяє швидше позбутися жахливих спогадів.

«Зелені конструкції» виконують функції екологічної освіти (рис. 4.33). Дитина звекає до природного оточення, вивчає рослини, а головне, привчається не шкодити природі.



Рис. 4.35 – Український католицький університет, м.Львів

Дуже приємно, що розглянуті біотехнології поступово набирають обертів в Україні. Зокрема, у Києві начальник Управління екології та природних ресурсів КМДА Олександр Возний ініціював програму озеленення фасадів «Місто живих стін» [112], яка на сьогодні охопила практично всі райони. Такі ініціативи дуже корисні і приносять свої плоди. Але якщо впроваджувати «зелені конструкції» систематично і науково обґрунтовано, то ефект буде на порядки вищим. Саме для цього виконується цикл унікальних досліджень позитивних ефектів «зелених конструкцій» і розробляються проекти нових нормативних документів у галузі «зеленого будівництва» для умов України.

Таким чином, «зелені конструкції» є перспективною технологією за рахунок виконання наступних функцій:

- ✓ підвищення енергоефективності – подолання енергетичної бідності та посилення енергонезалежності країни;
- ✓ відведення дощових вод з автошляхів та міських територій – підвищення надійності транспорту, уникнення затоплення підвалів;
- ✓ шумопоглинання – висадження рослин задля зменшення шуму;
- ✓ поліпшення якості повітря приміщень – очищення від забруднення, пилу та хвороботворних мікроорганізмів і вірусів, насичення киснем;

✓ покращення екологічної ситуації – очищення повітря населених пунктів, збільшення природного різноманіття, організація шляхів міграції біоти вглиб щільно забудованих районів тощо;

✓ пасивна післявоєнна реабілітація завдяки максимальному наближенню середовища до природного, що знижує рівень стресу і заспокоює.

✓ сприяння здоровому дитинству і майбутньому, здоровій психіці дитини та екологічній освіті.

Тому «зелені конструкції» є важливим елементом сучасних міст, орієнтованих на екологічність, енергоефективність, комфортне життя та турботу про майбутні покоління.

«Зелені конструкції» є перспективною біотехнологією для післявоєнного відновлення та подальшого сталого розвитку України задля подолання енергетичної бідності, покращення здоров'я, досягнення енергонезалежності, компенсації негативного впливу бойових дій на навколишнє середовище та пасивної післявоєнної реабілітації. Розповсюдження «зелених конструкцій» потребує з одного боку формування суспільної думки через засоби масового інформування, а з іншого – вітчизняної добре систематизованої нормативної бази, яка з урахуванням оригінальних досліджень може стати передовою у світі. Розробка та введення на український будівельний ринок власних державних стандартів щодо «зелених конструкцій» виведе «зелене будівництво» на новий рівень. Ці технології призначено для всього спектру будівництва, а не лише для елітних будівель.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке «зелені конструкції»?
2. За якими двома напрямками відбувається екологізація міст?
3. Які існують класифікації типів «зелених конструкцій»? Навести приклади.
4. Чим класичне «вертикальне озеленення» відрізняється від фітостін?
5. Що таке «фасадне озеленення»?
6. Які типи озеленення відносяться до «Зелених покрівель»?
7. Які існують типи «зелених конструкцій»?
8. Де і коли вперше з'явилися «зелені покрівлі»?
9. Коли та у зв'язку з чим з'явилися нові, більш економічні технології будування «зелених дахів»?
10. Яка роль Фрідріха Гундертвассера у створенні «зелених дахів»?
11. Хто був засновником німецької компанії з дахового озеленення ZinCo?
12. Які існують види «зелених покрівель»? У чому їх схожість і відмінність?

13. У яких країнах світу існують державні та міські програми підтримки створення «зелених дахів»?
14. Яке місце «зелені конструкції» займають у системі сталого розвитку урбоценозів?
15. Яким чином за допомогою «зелених конструкцій» біотичне середовище пов'язано зі штучним?
16. Яким чином за допомогою «зелених конструкцій» можна знизити екологічну небезпеку на кожному етапі будівництва?
17. Яким чином «зелені конструкції» зменшують екологічний відбиток урбоценозів?
18. Як «зелені конструкції» сприяють збереженню і штучному поповненню біорізноманіття в урбоценозах?
19. В чому полягає енергоефективність «зелених конструкцій»?

Список використаних джерел до четвертого розділу

1. ДБН Б.2.2-5:2011 Благоустрій територій. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/publ/zeleni_nasadzhennja/1-1-0-356. (Дата звернення 08.05.2-23).
2. Солоненко В.І. Класифікація видів вертикального озеленення в ландшафтному будівництві/ В.І. Солоненко, О.В. Ватаманюк//Сільське господарство та лісництво. - № 5, 2017. – С.126-136.
3. Blanc Patrick [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/documents>. Дата останнього доступу: 08.05.2-23.
4. Гудим М.Г. Озеленення міських територій. Альтернативне озеленення. / М.Г. Гудим, О.П. Кудряченко// Молодий вчений. - № 12 (39), 2016. – С.33-36.
5. Буравченко С.Г. Особливості інтеграції рослин в архітектуру у світових прикладах проектування житла/ С.Г. Буравченко, О.Г. Пивоваров, Л.Г.Безпала // Теорія та практика дизайну. Вип. 24, Садово-паркове господарство, 2021. – С. 124-132.
6. Захаров Ю.О. Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» у архітектурному проектуванні/Ю.О.Захаров, Н.Ю. Авдєєва//International Scientific Journal “Internauka” <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-5>.
7. Ткаченко Т. М. Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» в екологізації сучасних міст // Екологічні науки: науково-практичний журнал. - № 1(20). – Т.2. – К.: ДЕА, 2018. – С. 21-24.
8. Ткаченко Т. М. Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» у екологізації сучасних міст. Архітектура. Будівництво. Дизайн. //

- III Міжнар. наук.-практичн. конгрес: «Міське середовище – ХХІ ст.», тези доповідей. – Київ: НАУ, 2018. – С. 50-52.
9. FLL Green Roof Guidelines 2018. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://commons.bcit.ca/greenroof/files/2019/01/FLL_greenroofguidelines_2018.pdf. – Дата останнього доступу: 08.05.2023.
10. Fiori Matteo Tetti Verdi UNI 11235:2015 una norma di progettazione/ Cultura Tecnica /Normativa. – Режим доступу: file:///C:/Users/Asus/Downloads/428-gennaio-2021_Tetti-verdi_Fiori_.pdf - Дата доступу: 08.05.2023.
11. Бойко Л.І. Використання мобільних форм в озелененні мегаполісів на прикладі м. Кривий ріг, Л.І. Бойко, Н.М. Данильчук, Ю.С. Юхименко, О.О. Шульга// Біологія та екологія, т.8. №1. – С. 8-15.
12. Риндюк С. В. Сучасні прийоми організації зелених зон в ущільненій забудові міста / С.В. Риндюк, М. А. Максименко// Міське будівництво та архітектура, 2021. - С. 111-119.
13. Шахрай Н.І. Особливості сучасних технологій. Використання природних елементів у дизайні поліфункціональних громадських інтер'єрів/ Н.І Шахрай., Яценко І.І. - Вісник КНУТД №3 (86), 2015. – С. 296-301.
14. Горохов В.А. Инженерное благоустройство городских территорий: учеб. пособие для вузов/ В.А. Горохов, Л.Б. Лунц, О.С. Расторгуев; Под общ. ред. Д.С. Самойлова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1985. – 389 с.
15. Вертикальне озеленення будівель: що потрібно знати. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/vertikalne-ozelenennia.html>. - Дата звернення: 08.05.2023.
16. Ткаченко Т. Перспективи зеленого будівництва у майбутньому відновленні України. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://decentralization.gov.ua/en/news/15011>. – Дата доступу: 27.04.2023.
17. Vertigreen® – facade vegetation - ZinCo- [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.zinco.be/fr/downloads/doc/Plahi%20_Vertigreen_Blx_low_09_13.pdf. (Дата зверненн: 27.04.2023).
18. Green facades. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-facades/> (Дата звернення 23.04.2023).
19. Часть Киева уходит под землю: названы 10 самых опасных улиц /Апостроф. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://apostrophe.ua/news/society/kiev/2019-04-17/chast-kieva-uhodit-pod-zemlyu-nazvany-10-samyh-opasnyh-ulic/160364>. (Дата звернення 27.04.2023).
20. Мацай С.И. / С.И. Мацай, Ф.Н. Деревенец Применение метода конечных элементов для исследования взаимодействия грунтов оползня со связями // Механика грунтов. – №4. – Москва, 2005. – С.8-12.

21. Гигинейшвили Д.Я. Некоторые особенности усиления повреждённых двухъярусных подпорных стен с учётом работы грунтового основания / Д.Я. Гигинейшвили, Т.Г. Мацаберидзе, Т.Н. Ткаченко, Е.С. Волошкина // Строительство. – № 4(39). – Тбилиси: 2015. – С.6-14.
22. Stouhi D. Sustainable Parking Space for an Eco-Responsible Generation. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/927238/sustainable-parking-space-for-an-eco-responsible-generation>. (Дата звернення 08.05.2023).
23. Croeser T., Garrard Georgia E., Visintin C., Kirk H. & Bekessy Sarah A. Finding space for nature in cities: the considerable potential of redundant car parking// npj Urban Sustainability. - 2, Article number: 27 (2022).
24. Can a car park be environmentally friendly. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://parkalot.io/tips/environmentally-friendly-car-park/>. – (Дата доступа: 08.05.2023)
25. Екопарковка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greenarea.com.ua/ekoparkovka-ua/>. (Дата звернення 08.05.2023)
26. У Львові, біля центру Андрея Шептицького, облаштували екопаркування. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/330809-u-lvovi-bilya-tsentru-andreya-sheptitskogo-oblashtuvali-ekoparkovku>. (Дата звернення 08.05.2023).
27. Magill, John D.; Midden, Karen; Groninger, John; and Therrell, Matthew, "A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research" (2011). Research Papers. Paper 91. http://opensiuc.lib.siu.edu/gs_rp/91
28. Abass F., Ismail L. H., Wahab, I. A., Elgadi A.A. A Review of Green Roof: Definition, History, Evolution and Functions. The 2nd Global Congress on Construction, Material and Structural Engineering. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 713 (2020) 012048. IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/713/1/012048.
29. Green roof. Wikipedia. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof. (Дата звернення 09.05.2023).
30. Jim C.Y. An archaeological and historical exploration of the origins of green roofs/ Urban Forestry & Urban Greening. Volume 27, 2017 Pages 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.06.014>
31. History of Green Roofs. – [Электронный ресурс] – Режим звернення: <https://www.6-f-g.de/en/green-roofs/history-of-green-roofs>. (Дата звернення 09.05.2023).
32. Zakrisson Anna The History of Green Infrastructure. 08.2023. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://gbdmagazine.com/history-of-green-infrastructure/>. (Дата звернення: 09.05.2023)

33. History. ZinCo – Pioneers and Experts in Roof Greening. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zinco-greenroof.com/history>. (Дата звернення: 09.05.2023).
34. The evolution of green roofs. Green roofs in the XX century. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.innovatopgreen.com/en/green-roofs/the-evolution-of-green-roofs/>. (Дата звернення: 09.05.2023).
35. Stater D. Green roofs: sustainability from the top down. Rockefeller Center, New York City. [Електронний ресурс] – Режим звернення: <https://humanecology.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk161/files/inline-files/DStater.pdf>. (Дата звернення: 09.05.2023).
36. Pardela L., Kowalczyk T., Bogacz A., Kasowska D. Sustainable Green Roof Ecosystems: 100 Years of Functioning on Fortifications–A Case Study/ Sustainability, 2020, 12, 4721; doi:10.3390/su12114721/
37. Green_roofs. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Green_roofs. (Дата звернення: 09.05.2023).
38. Горохов В.А. Городское зелёное строительство: Учеб. пособие для вузов. – Москва: Стройиздат, 1991. – 416 с.
39. United Nations Conference on the Human Environment, 5-16 June 1972, Stockholm. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>. (Дата звернення: 09.05.2023).
40. Neufert E., Neff L. Gekonnt Planen Richtig Bauen: Haus · Wohnung · Garten. Handbuch für Bauherren und Planer Hardcover – 26 Nov. 2003. – 255 p.
41. Ткаченко Т.М. Проблеми створення енергоефективних зелених покрівель в умовах помірно-континентального клімату // Збірник доповідей Міжнародного Конгресу «ЕТЕВК-2015» (Україна, м. Іллічівськ, 8-12 червня 2015 р.). – К.: ТОВ «ПРАЙМ-ПРІНТ». – С.399-403.
42. Ткаченко Т.М. Адаптаційний потенціал фітоценозу енергозберігаючих зелених покрівель // Екологічна безпека та природокористування. Збірник наукових праць. – № 3(19). – Київ: КНУБА, 2015. – С.27-32.
43. Ткаченко Т.М. Энергоэффективность зеленых технологий в современных урбоценозах/ Т.М. Ткаченко, І.Кріст, Ю.В.Полевая// Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». – Вип.8. – К.: КНУБА, 2016. – С. 387-392.
44. Ткаченко Т.М. Перспективы «зеленого» строительства и альтернативных форм озеленения в Украине / Т.М. Ткаченко, В.О. Мілейковський, В.Г. Дзюбенко // Містобудування та територіальне планування: Наук. - техн. Збірник/Відпов.ред.М.М.Осетрін. – К., КНУБА, 2016. – Вип.60. – С. 324-334.

45. Ткаченко Т.М. Опыт создания зеленых кровель в Украине// Proceedings of the International Scientific Conference "Topical problems of modern science"(June 16, 2017, Warsaw, Poland). - Vol.4.- P. 23-27.
46. Tkachenko T. Mathematical model of extensive green roof with a steep type of phytocenosis// Екологічна безпека та природокористування. - № 1 (25). – Київ: КНУБА, 2018. – С.94-102.
47. Ткаченко Т.М. Сучасний стан використання «зелених конструкцій» в урбоценозах/ Т.М. Ткаченко, О.А. Ткаченко // Збірник наукових праць Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – Вип. № 1, 2019 (15):. ДонНАБА (Краматорськ). – С. 3-30.
48. Ткаченко Т.М. Про використання зелених насаджень, зимових садів та теплиць на дахах будівель і споруд/ Т.М. Ткаченко, Т.Л.Чебанов, Л.С.Чебанов, І.В.Клімова, О.М.Пантюхов// Збірник наук. праць Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – Вип. 48, Ч.1. – Київ: ТОВ «Видавництво «Ліра-К»,2021. – С.75-89.
49. Газонна решітка: види, пристрій і монтаж своїми руками. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sad.ukr.bio/ua/articles/8638/>. – Дата звернення: 10.05.2023.
50. SIA 312 Begrünung von Dächern.
51. ASTM D5602/D5602M-18(2022). Standard Test Method for Static Puncture Resistance of Roofing Membrane Specimens.
52. ASTM D5635/D5635M-18(2022) Standard Test Method for Dynamic Puncture Resistance of Roofing Membrane Specimens.
53. ASTM D7851-17 Standard Guide for Design of Sustainable, Low-Slope Roofing Systems.
54. ASTM D8014-17. Standard Guide for Selection of Membranes Used in Vegetative Roofing Systems.
55. ASTM E2777-20. Standard Guide for Vegetative (Green) Roof Systems.
56. ASTM E2396/E2396M-19. Standard Test Method for Saturated Water Permeability of Granular Drainage Media [Falling-Head Method] For Vegetative (Green) Roof Systems.
57. ASTM E2397/E2397M-19 Standard practice for determination of dead loads and live loads associated with vegetative (green) roof systems.
58. ASTM E2398/E2398M-19. Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Vegetative (Green) Roof Systems.
59. ASTM E2399/E2399M-19. Standard Test Method for Maximum Media Density for Dead Load Analysis of Vegetative (Green) Roof Systems.
60. ASTM E2400/E2400M-19. Standard Guide for Selection, Installation, and Maintenance of Plants for Vegetative (Green) Roof Systems.

61. ASTM E2788/E2788M – 18. Standard Specification for Use of Expanded Shale, Clay and Slate (ESCS) as a Mineral Component in the Growing Media and the Drainage Layer for Vegetative (Green) Roof Systems.
62. European Federation Green Roofs & Walls. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://efb-greenroof.eu/>. (Дата звернення: 20.05.2023).
63. The world green infrastructure network. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://worldgreeninfrastructurenetwork.org/about/>. (Дата звернення: 20.05.2023).
64. Green Roofs Technology. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://greenrooftechnology.com/legacy/innovations/>. (Дата звернення: 20.05.2023).
65. Victorian Desalination & Ecological Reserve. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aspect-studios.com/projects/victorian-desalination-ecological-reserve-project>. (Дата звернення: 20.05.2023).
66. City of Toronto Green Roof Bylaw. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/tqxiz>. (Дата звернення: 20.05.2023).
67. Vancouver Convention Centre west / expansion project. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.greenroofs.com/projects/vancouver-convention-centre-west-expansion-project/>. Дата звернення: 20.05.2023.
68. City Hall Reno Photo Tour: Part 2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://raisethehammer.org/article/1092/city_hall_reno_photo_tour:_part_2. (Дата звернення: 09.05.2023).
69. Green roof. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Green_roof#cite_note-69. (Дата звернення: 07.05.2023).
70. Canada's first leed v4 platinum house - an ecohome project checklist. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ecohome.net/guides/1204/canadas-first-leed-v4-platinum-house/>. (Дата звернення: 07.05.2023).
71. Власників будівель у Франції зобов'язали покривати дахи сонячними панелями чи рослинами. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/articles/377659/>. (Дата звернення: 07.05.2023).
72. Li V.C., Yeung K.K.A. A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective/ International Journal of Sustainable Built Environment, 2014, 3, 127-134 с.
73. У Греції культурний центр накрили «зеленими» дахами площею в десятки тисяч квадратів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://keramoplast.com.ua/niarhosa/>, (Дата звернення: 05.05.2023).

74. A green bus? But what about the bus stop? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edition.cnn.com/2019/06/03/health/green-roofs-singapore-buses-intl/index.html>. (Дата звернення: 07.05.2023).
75. A City of Green Possibilities. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.greenplan.gov.sg/>. (Дата звернення: 05.05.2023).
76. Scandinavian Green Roof institute. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greenroof.se/?pid=38&sub=20>. (Дата звернення: 05.05.2023).
77. Denver Green Roof Initiative. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greenroofSCO.com/denver-green-roof-initiative/>. (Дата звернення: 05.05.2023).
78. Seattle Green Factor. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.seattle.gov/sdci/codes/codes-we-enforce-\(a-z\)/seattle-green-factor](https://www.seattle.gov/sdci/codes/codes-we-enforce-(a-z)/seattle-green-factor). (Дата звернення: 05.05.2023).
79. Green Roof Database and Evaluation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greenfutures.be.uw.edu/2019/07/25/green-roof-database-and-evaluation/>. (Дата звернення: 05.05.2023).
80. Green Roof Program – Final Report (2003-08). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doee.dc.gov/publication/green-roof-program-%E2%80%93-final-report-2003-08>. (Дата звернення: 05.05.2023).
81. Report Overview. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.freedoniagroup.com/industry-study/green-vegetative-roofing-4232.htm>. (Дата звернення: 05.05.2023).
82. Study: U.S. Extensive Green Roofing Systems Market to Grow 11% Annually Through 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.roofingcontractor.com/articles/93564-study-us-extensive-green-roofing-systems-market-to-grow-11-annually-through-2023>. (Дата звернення: 05.05.2023).
83. The UK's Leading Independent Green Roof Website. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://livingroofs.org/>. (Дата звернення: 05.05.2023).
84. The Code of Practice for Green Roofs and GRO, the Green Roof Organisation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://livingroofs.org/code-practice-green-roof-organisation/>. (Дата звернення: 05.05.2023).
85. The GRO Green Roof Code (Green Roof Code of Best Practice for the UK 2014). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lroofs.b-cdn.net/wp-content/uploads/2016/03/grocode2014.pdf>. (Дата звернення: 05.05.2023).
86. Cutting Edge Policy in England Requires New Buildings to Incorporate Biodiversity. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://livingarchitecturemonitor.com/articles/policy-in-england-requires-new-buildings-to-incorporate-biodiversity-su22>. (Дата звернення: 05.05.2023).

87. ДБН Б. 2.2-12: 2018 Планування і забудова територій. – Київ: Укрархбудінформ, 2018. – 179 с.
88. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Міністерство охорони здоров'я України, 1996 р.
89. Всеукраїнська мережа фахівців і практиків з регіонального та місцевого розвитку. Концепція стратегічного розвитку Києва до 2025 року. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/tqxii> (Дата звернення: 05.05.2023).
90. Ткаченко Т. Н. Перспективы «зеленого» строительства и альтернативных форм озеленения в Украине / Т. Н. Ткаченко, В. А. Милейковский, В. Г. Дзюбенко // Містобудування та територіальне планування: Наук.- техн. Збірник / Відпов. ред. М. М. Осетрін. – Київ, КНУБА, 2016. – Вип. 60. – С. 324-334.
91. Десять основних впливів будівництва на навколишнє середовище – негативних і позитивних. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.environmentgo.com/effects-of-construction-on-the-environment-negative-and-positive/>. (Дата звернення: 06.07.2023).
92. Water – helping to grow the green economy, GWP contributes to Stockholm+40. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/tqxii>. (Дата звернення: 06.07.2023).
93. Ткаченко Т.М. Зелені конструкції у концепції сталого розвитку сучасних міст / Т.М. Ткаченко, В.О. Милейковський // Сб. научн. тр. ГВУЗ «ПГАСА»: Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития. – Днепр: ГВУЗ «ПГАСА», 2017. – С. 179-186.
94. Tkachenko T. «Green structures» as a technical means of stabilization and improvement of the environmental state // Scientific letters of academic society of Michal Baludansky. – № 6. – 2В., 2018. – Р. 88-90.
95. Волошкіна О.С. Організація і управління в природоохоронній діяльності: конспект лекцій / О.С. Волошкіна, В.В. Трофімович. – Київ: КНУБА, 2018. – 80 с.
96. ДСТУ ISO 14040:2013 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:2006, IDT). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=70997. (Дата звернення 19.05.2023).
97. Climate Neutral Cities. How to make cities less energy and carbon intensive and more resilient to climatic challenges. UNITED NATIONS New York and Geneva, 2011. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://unece.org/DAM/hlm/documents/Publications/climate.neutral.cities_e.pdf. (Дата звернення: 06.07.2023).

98. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. – Київ, 2017. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://razumkov.energy/files/docs/Proekt/LEDS_ua_last.pdf. (Дата звернення: 06.07.2023).
99. Tetiana Tkachenko, Olena Voloshkina The Role of "Green Structures" in Reducing the Environmental Footprint of Urbocenoses / International Journal of Engineering & Technology. 7 (4.8) (2018). 214-220. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/27242/13974> (Дата звернення: 06.07.2023).
100. Про затвердження Програми розвитку зеленої зони м. Києва до 2010 року та концепції формування зелених насаджень в центральній частині міста. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/MR050610>. (Дата звернення: 06.07.2023).
101. Ткаченко Т. М. Зелені конструкції як ефективний спосіб стабілізації та поліпшення стану довкілля урбоценозів (на прикладі Солом'янського району м. Києва) / Т. М. Ткаченко, Д. В. Гулей // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: Івано-Франківськ, 2018. – С.46-56.
102. Tkachenko T. Mathematical model of extensive green roof with a steep type of phytocenosis // Екологічна безпека та природокористування. - № 1 (25). – Київ: КНУБА, 2018. – С.94-102.
103. Mayrand F. Green Roofs and GreenWalls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity? / Mayrand F., Clergeau P. // Sustainability. – 2018. – №10. – С.985-997
104. Tkachenko T. Creation of energy efficient «green construction» in conditions of moderately continental climate // Екологічна безпека та природокористування. - № 2 (26). – Київ: КНУБА, 2018. – С.77 -84.
105. Tkachenko Tatiana, Mileikovskyi Viktor, Geometric Basis of the Use of “Green Constructions” for Sun Protection of Glazing, ICGG 2018 - Proceedings of the 18th International Conference on Geometry and Graphics. - Milan, Italy, August 3-7, 2018. – P. 1096-1107.
106. Tkachenko T. M., Mileikovskyi V. O. Assessment of Light Transmission for Comfort and Energy Efficient Insolation by “Green Structures” // ICGG 2020 – Proceedings of the 19th International Conference on Geometry and Graphics. São Paulo, 18-22 January 2021. - Advances in Intelligent Systems and Computing. Iss. 1296 P. 139-151.
107. Tkachenko T. M., Mileikovskyi V. O. Methodology of Thermal Resistance and Cooling Effect Testing of Green Roofs // Songklanakarin Journal of Science and Technology. 2020, No 42(1). P. 126-146.

108. Ткаченко Т.М., Мілейковський В.О., Гунченко О.М. Оцінка заощадження енергії та непрямого зменшення викидів CO₂ вертикальним озелененням // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Вип. 31. Київ: КНУБА, 2019. С. 16-23.
109. Ткаченко Т.М., Мілейковський В.О. «Зелені конструкції» - перспективна технологія післявоєнного відновлення. Децентралізація: інтернет-портал. 31.05.2023. – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://decentralization.gov.ua/news/16666>. (Дата звернення: 07.07.2023).
110. Tkachenko T., Mileikovskiy V., Voloshkina O., Sipakov R., Tkachenko O. Using Rain-Garden Bands for Rainwater Drainage from Roads. / World Environmental and Water Resources Congress 2023. Reston: ASCE, 2023, P. 1207-1214.
111. Ткаченко Т. М., Бурдейна Н. Б., Ченчева О. О. (2023). Екранування електромагнітних полів та шуму в будівлях і спорудах. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2023. Т 2(72) – С. 186-189.
112. У столиці триває еко-ініціатива «Місто живих стін», кияни можуть долучатися. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kyivcity.gov.ua/news/u_stolitsi_trivaye_eko-initsiativa_misto_zhivikh_stin_kiyani_mozhut_doluchatisya/ (Дата звернення 27.07.2022).

5. ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

В сучасному світі зростає свідомість про необхідність збереження навколишнього середовища та його охорони від негативних впливів промислових процесів. Технології захисту навколишнього середовища стають все більш поширеними і важливими в різних сферах промисловості. Проте, важливо не лише розробляти та впроваджувати такі технології, але й забезпечити безпечні умови праці для працівників, які займаються цими процесами. Сучасний світ змінюється під впливом науки та техніки, що часто викликає небезпеку, та не варто забувати про здоров'я і життя людей дотичних до цих галузей, працюючих та мешканців міст з підвищеним рівнем небезпеки від впливу підприємств. Аналіз ризиків і оцінка небезпек першим кроком у створенні безпечних умов праці, що пов'язані з використанням технологій захисту навколишнього середовища. Це включає виявлення потенційних загроз для здоров'я працюючих і довкілля, а також визначення заходів щодо їх запобігання або мінімізації. На основі аналізу ризиків необхідно розробити та впровадити процедури безпеки та інструкції для працівників, які працюють з технологіями захисту навколишнього середовища. Ці процедури повинні включати правила використання обладнання та матеріалів, процедури аварійного відновлення, заходи особистої гігієни та інші важливі аспекти безпеки.

Цілі розділу висвітлити питання, щодо формування у фахівців компетентностями, щодо забезпечення і підтримання здорових та безпечних умов праці спрямованих на забезпечення збереження здоров'я, для захисту населення, територій, навколишнього природного середовища.

Цивільна безпека – як комплексна наука, опікується складовими факторами щоб забезпечити життя і здоров'я, як працюючим так і населенню та регламентуються законодавством. Не варто плутати визначення «Цивільної безпеки» з визначенням «Цивільного захисту» про ці та інші відмінності ви дізнаєтеся в першому пункті нашого розділу. Також увагу ми приділили факторам впливу на безпеку працюючих з урахуванням алгоритму комплексної моделі розрахунку ризиків.

Законодавча база України висвітлює питання щоб на державному рівні забезпечувати не тільки захист працюючих, але й передбачати ризики, та запроваджувати профілактику професійних захворювань та нещасних випадків.

Основні поняття забезпечать здобувачам вільне володіння безпековим матеріалом щодо організації та впливу діяльності підприємств.

Перед тим як рухатися до вивчення безпекових питань технологічної галузі ознайомимося з основними поняттями та визначеннями цивільної безпеки.

5.1 Основні поняття та визначення цивільної безпеки

Цивільна безпека, як і кожна наука має власні поняття та визначення, почнемо з визначення:

Цивільна безпека – система комплексних заходів направлених на збереження та створення здорових умов, безпеки та життя працюючих регламентоване правовим нормами України, яке ґрунтується на конституції України та закони України (рис. 5.1.):

- з охорони навколишнього середовища;
- з дорожнього руху;
- з цивільного захисту;
- з охорони здоров'я.

Законодавство з **охорони праці** включає: Закон України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю (КЗпП), Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування», прийняття до них відповідних нормативно-правових актів з охорони праці НПАОП). [1]

Цивільна безпека є важливою складовою частиною загальної системи безпеки держави, що охоплює широкий спектр аспектів, включаючи правові норми, вимоги, правила, а також організаційні, технічні та спеціальні заходи, спрямовані на забезпечення безпеки громадян, захист навколишнього середовища та майна. Вона фокусується на збереженні здоров'я та працездатності людини в процесі її трудової діяльності, а також на захисті життєво важливих інтересів населення і територій від різноманітних загроз.

Основними цілями цивільної безпеки є забезпечення умов для нормальної життєдіяльності людини, створення надійних систем захисту від природних і техногенних катастроф, аварій, епідемій, а також запобігання виникненню надзвичайних ситуацій. Важливу роль у цьому процесі відіграють правові норми, які регулюють поведінку громадян та організацій у сфері безпеки, визначають відповідальність за порушення безпекових вимог і гарантують дотримання стандартів і правил безпеки на всіх рівнях.

Цивільна безпека також включає в себе цілу низку **організаційних** заходів, спрямованих на ефективне управління ризиками та забезпечення готовності до надзвичайних ситуацій. Це можуть бути як превентивні заходи для запобігання аваріям, так і навчання, тренування, розробка планів дій на випадок надзвичайних ситуацій. Одним із важливих елементів є **технічні заходи**, що включають впровадження сучасних систем моніторингу, оповіщення та

автоматичного контролю, що дають змогу своєчасно виявляти і усувати загрози. Наприклад, системи відеоспостереження, датчики для виявлення небезпечних газів або вибухових речовин, а також системи автоматичного пожежогасіння.

Спеціальні заходи в рамках цивільної безпеки включають підготовку сил і засобів для надання екстреної допомоги, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, а також заходи, спрямовані на захист людей від шкідливих факторів, таких як радіація, хімічні сполуки, біологічні загрози тощо. Одним із важливих аспектів цивільної безпеки є **захист навколишнього природного середовища**, що включає в себе діяльність, спрямовану на збереження екологічної рівноваги, захист природних ресурсів та відновлення природних ландшафтів після техногенних катастроф. Важливою складовою є контроль за рівнем забруднення повітря, води, ґрунтів, а також проведення заходів щодо попередження таких забруднень.

Цивільна безпека також передбачає **захист майна** — як державного, так і приватного, що включає в себе забезпечення захисту об'єктів від можливих актів вандалізму, тероризму, а також забезпечення безпеки інфраструктури критичного значення. Правові акти та норми щодо цивільної безпеки визначають також порядок взаємодії між органами державної влади, підприємствами та громадянами в умовах надзвичайних ситуацій, а також заходи з надання допомоги постраждалим.

Таким чином, цивільна безпека є комплексною системою заходів, що включає правові, організаційні, технічні та спеціальні заходи, спрямовані на захист людини, її здоров'я та майна, охорону навколишнього середовища та забезпечення нормальних умов для життєдіяльності громадян. Вона охоплює всі аспекти безпеки, від попередження до ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, і є необхідною умовою для забезпечення стабільності та розвитку суспільства в цілому.

Основні принципи державної політики у сфері охорони праці такі:

- пріоритет життя і здоров'я працівників;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних безпечних і здорових умов праці та соціальний захист працівників;
- повне відшкодування особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань. [2] Реалізація цих принципів у галузі охорони праці на кожному конкретному підприємстві, виробництві, організації, компанії тощо, необхідно дотримуватися за допомогою законодавчих правових і нормативних актів:
- суцільного технічного контролю за станом виробництва, технології та продукції;

– сприянню підприємствам, організаціям, компаніям у створенні безпечних та нешкідливих умов праці.



Рис. 5.1. Узагальнена структура системи законодавства

Законодавча база **охорони навколишнього середовища** складається із Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р., та розроблених відповідно до Закону кодексів із охорони і використання окремих природних ресурсів, а саме з Земельного кодексу України, Водного кодексу України та Лісового кодексу України. Також складається з Законів України з охорони довкілля:

- «Про охорону атмосферного повітря»;
- «Про природозаповідний фонд України»;
- «Про тваринний світ»;
- «Про екологічну експертизу»;
- «Про захист рослин»;
- «Про рослинний світ»;

Кодекс цивільного захисту України, включає перелік законів:

- «Про Цивільну оборону України»,
- «Про пожежну безпеку»,
- «Про загальну структуру і чисельність військ Цивільної оборони»,
- «Про війська Цивільної оборони України»,
- «Про аварійно-рятувальні служби»,
- «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру»,
- «Про правові засади цивільного захисту».

Кодекс регулює взаємовідносини, захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій,

реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає повноваження органів державної влади, органів місцевого самоврядування, права та обов'язки громадян України, іноземців та осіб без громадянства, підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності [3].

Законодавства України про охорону здоров'я передбачає:

- життєвий рівень, необхідний для підтримки здоров'я людини;
- безпечне для життя і здоров'я навколишнє природне середовище;
- безпечні та здорові умови праці, навчання, побуту і відпочинку;
- створення мережі закладів охорони здоров'я та надання всім громадянам гарантованого рівня медико-санітарної допомоги;
- кваліфіковану медико-санітарну допомогу, до якої входить також вільний вибір лікаря та медичної установи;
- компенсування шкоди, завданої здоров'ю;
- здійснення державного нагляду в сфері охорони здоров'я; встановлення відповідальності за порушення прав громадян у сфері охорони здоров'я.

Основи законодавства України про охорону здоров'я регулюють суспільні відносини галузі з метою забезпечення гармонійного розвитку фізичних і духовних сил, високої працездатності та довголітнього активного життя громадян, усунення факторів, що шкідливо впливають на їх здоров'я, попередження і зниження захворюваності, інвалідності та смертності, поліпшення спадковості [3].

З рисунку 2 «Основні поняття» випливає, що обов'язковим критерієм для суб'єкту є пріоритет життя і здоров'я об'єкту, тобто людини, бо саме на об'єкті господарювання може виникнути надзвичайна ситуація, що може спричинити загрози життю та здоров'ю. Ці дії регламентуються Нормативно-правовими актами з охорони праці.



Рис. 5.2. Основні поняття

Виробнича безпека – це безпека та захист від нещасних випадків, аварій на виробничих підприємствах та від наслідків причинених дією технологічних процесів направлених на зменшення дії на здоров'я працюючих виробничих факторів.

Нормативно-правові акти з охорони праці – це правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи з охорони праці. Вони є обов’язковими до виконання і дотримання усіма підприємствами, для яких вони розроблені. Ці акти нам знайомі, як Державні будівельні норми (ДБН), Державний стандарт України (ДСТУ), Санітарні норми (СН), Нормативно-правові акти з охорони праці (НПАОП), Державні нормативні акти з охорони праці (ДНАОП), Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), система управління охороною праці (СУОП), International Organization for Standardization – Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) та ін.



Рис.5.3. Визначення виробничої безпеки

5.2 Сучасні методи управління цивільною безпекою

Сучасні методи управління дозволяють врахувати низьку факторів щоб забезпечити найбільш безпечні умови для працюючих. Моніторинг та оцінка безпеки праці є важливим етапом в забезпеченні безпечних умов роботи це здійснює моніторинг, він включає в себе регулярну перевірку дотримання процедур безпеки, аналіз випадків порушень та прийняття заходів для усунення виявлених проблем.

Для вирішення задач визначення виробничого ризику необхідно враховувати комплексний синергетичний підхід з максимальним врахуванням всіх впливових факторів, які складають небезпеку для здоров'я даної категорії робітників, категорії робітників можуть бути різними, але вплив на здоров'я працюючих залишається під дією певних факторів, звично, є категорії які потребують корегування представленої схеми, виходячи з особливих умов

певної галузі. Представлена ієрархічна модель формує та прогнозує виробничий ризик. На першому рівні ієрархії запропонована модель містить три самостійні підсистеми:

1. Вплив метеорологічних показників показників атмосферного повітря на здоров'я працюючих (в якості прикладу взято наступні характеристики: температура, вологість, швидкість повітря).

2. Шумовий вплив на здоров'я працівників, включаючи вплив від автотранспортних засобів.

3. Хімічний вплив на фоні підвищених температурних показників на здоров'я працівника.

При моделюванні виробничого ризику важливим є спосіб та точність закладання вихідної інформації.

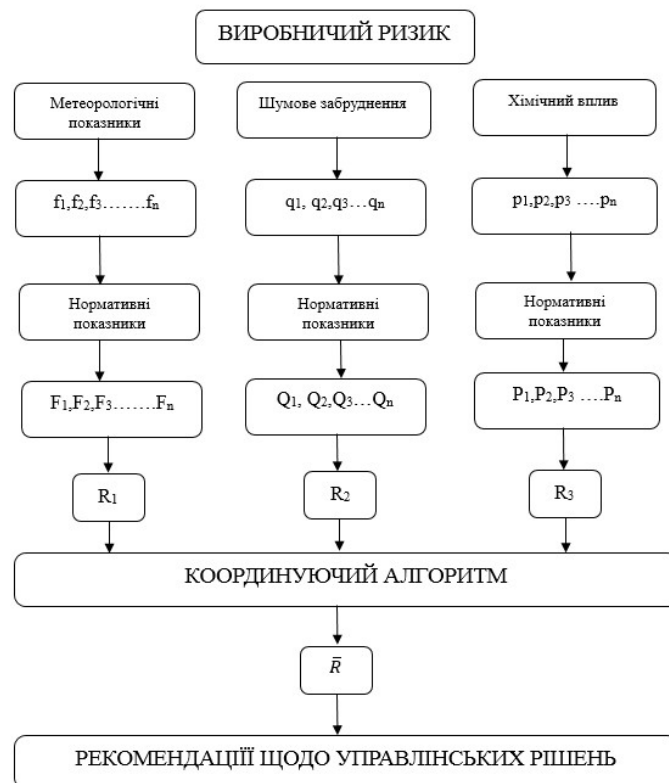


Рис. 5.4. Схема комплексного виробничого ризику.

Кожна підсистема на рис. 5.4 характеризується своїм набором критеріїв та показників $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$; $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$; $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$.

Алгоритм системного підходу щодо оцінки та прогнозування впливу всіх шкідливих факторів на здоров'я працівника передбачає виконання двох основних операцій: формування множини альтернатив факторів впливу та порівняння і вибір варіантів впливу на значення виробничого ризику.

Робота представленого алгоритму полягає в аналізі роботи працюючого, тривалості робочого дня, пори року (метеорологічних факторів),

токсикологічного впливу та шумового навантаження, цей комплексний вплив виконує значний вплив на життя та здоров'я об'єкту по відношенні від суб'єкту.

Розроблений алгоритм стане в нагоді при розробці рекомендацій щодо захисту здоров'я працівників в умовах глобальних кліматичних змін при виконанні технологічних операцій на відкритому повітрі. Наведемо приклад для працівників по відновленню дорожніх покриттів в період післявоєнної відбудови країни по трьом окремим підсистемам.

Підсистема 1. Метеорологічні фактори.

Умови мікроклімату встановлюють для робочих місць, на яких працюючі перебувають не менше 50%, включають в себе метеофактори, шумове забруднення та хімічний вплив,

Вимоги до допустимих мікрокліматичних умов передбачають регулювання теплового опромінення. Так, інтенсивність теплового опромінення працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів не має перевищувати:

- 35 Вт/м² – при опроміненні 50% та більше поверхні тіла;
- 70 Вт/м² – при величині опромінюваної поверхні від 25 до 50%;
- 100 Вт/м² – при опроміненні не більше 25% поверхні тіла [5].

Метеорологічні фактори залежать від температури і вологості повітря, атмосферного тиску, швидкості і напрямку вітру. Важливим фактором є визначення пори року. В охороні праці визначення пори року відповідає не тому визначенню як звикли ми в повсякденному житті. Щоб визначити відповідну пору року слід керуватися визначення літнього і зимового періоду року, відповідно до табл.1 [6].

Таблиця 1 – Визначення періоду року

Період року	Температурний режим
Літній період	>+10°C
Зимовий період	≤+10°C

Показники верхньої межі температури на робочих місцях з постійною роботою працюючих (де працюючий знаходиться більше половини трудового дня або не менше 2-х годин поспіль), температура становить +28 °С. Виконання робіт при температурних умовах повітря більше +37 °С відноситься до небезпечних (екстремальних). Загальна тривалість робіт згідно норма при температурі більше 28 °С не повинна перевищувати 4-5 год за зміну. Більше про це питання в пункті організації умов праці [6].

Підсистема 2. Шумове забруднення

Для початку визначимо, що таке шум та який вплив він здійснює на людину.

Шум це – хаотичне коливання хвиль (різних частот), що здійснює несприятливі дії органам слуху людини, та сприймається, як небажаний. В акустиці шум це – випадкові коливання, які різко змінюють амплітуду та частоту.

Автором на основі експериментальних вимірів зафіксовано шумовий вплив на найбільш завантажені ділянки доріг м. Київ відповідно до отриманих даних рівнів шуму в референтних точках на автомагістралях. Ситуація на дорогах за останні роки різко змінилась. На 2020 рік в Україні зареєстровано 40 000 реєстрацій транспортних засобів, що на 31% більше ніж за 2019 рік [7]. Впливає, що з підвищенням кількості автотранспортних засобів на автомагістралях підвищує антропогенне та шумове навантаження – забруднення на еко-систему, що негативно впливає на мешканців міста та безпосередньо працюючих, які виконують роботи на відкритому повітрі та вздовж смуг автотранспорту.

Негативний вплив шуму на здоров'я працюючих здійснює надмірне або різке перенавантаження, також вплив тривалого шуму спричиняє негативну дію на органи слуху, зменшуючи рівень чутливості звуку, та робить впевнені кроки до набутої глухоти, нервові та психоневрові розлади, порушення роботи ендокринної системи, захворювання серцево-судинної системи, все це призводить до виснаження клітин ослаблюючи організм в цілому роз'єднуючи зв'язки між об'єднаною дією внутрішніх органів. Шум не лише погіршує самопочуття, але й зменшує продуктивність праці на 10 – 15 %.

Прогноз впливу шуму на поріг чутливості згідно 6.3 розділу стандарту ISO1999/2013 отримати за формулою:

$$H' = H + N - \frac{H \times N}{120} \quad (1)$$

якщо H – пороговий рівень чутності, який виражений в децибелах, пов'язаний з віком; N – фактичний або потенційний постійний пороговий зсув, що спричинений шумом та виражений у децибелах.

Таблиця 2. Вплив рівня шуму на втрату чутності

Рівень шуму, дБА	Термін праці, рік	Слухова чутливість падає через:
70	5	1 – 2 роки
80 – 90	2	8 місяців – 1 рік
100-120	Одразу	Призводить до різкого болю, який може бути нестерпним; тривалий період перебування під дією різкого шумового перенавантаження призводить до моментального розвитку набутої глухоти.

Визначення тривалості опромінення від 10 до 40 років середні потенційні значення постійного порогового зсуву, викликаного шумом у децибелах визначається за формулою:

$$N_{50} = \left[u + v \lg \left(\frac{t}{t_0} \right) \right] (L_{EX,8h} - L_0) \quad (2)$$

якщо L_0 - рівень звукового тиску, визначений як функція частоти, виражений у децибелах, нижче яких вплив на слух незначний; t – тривалість експозиції, виражена в роках; t_0 – тривалість 1 рік; u , v – коефіцієнти, які визначаються за таблицею 1 ISO 9001:2015 [8].

Постійне зміщення порогу чутності від постійного шумового навантаження визначено за формулою:

$$N - H \times N120 \quad (3)$$

Поріг чутності, пов'язаний з віком та шумом H' , для групи людей, що зазнавала впливу шуму, розраховують шляхом підсумовування вікових змін та порогів чутності N наступним чином:

1 – імовірність втрати чутності з урахуванням віку та надмірного шумового впливу, (точка X); 2 – імовірність втрати чутності внаслідок впливу шуму, 11,5% (різниця між точками X и Y) для 50 річних працюючих при 30-річному стажі і 6,3% для 40 років працюючих при 20-річному стажі;

3 – поріг чутливості, який пов'язаний з віком для групи працюючих з урахуванням впливу шуму;

4 – постійне зміщення порогу чутливості, що обумовлюється шумом (10% - для 50-річних працюючих при 30-річному професійному стажі і 6,3% - для 40 років при 20-річному стажі роботи);

5 – передбачуваний граничний поріг чутності, 27 дБ;

6 – імовірні втрати чутності;

7 – тривале періодичне зміщення порогу чутності, що обумовлене шумовим навантаженням;

8 – поріг чутності, що пов'язаний з віком працюючих, які не знаходяться під впливом надмірного шумового перенавантаження;

9 – постійне зміщення порогу чутності, обумовлене шумом.

Шумове навантаження вище 85 дБ призводить до підвищення артеріального тиску. Виходячи з отриманої інформації вище та ISO1999/2013 при 8-годинному впливі працюючого в умовах постійного навіть незначного хронічного шумового навантаження можуть розвинути набуті втрати слуху II-й і

III-го ступеня. Цей показник залежить від вікових показників, які зазначалися вище та професійний стаж працюючих.

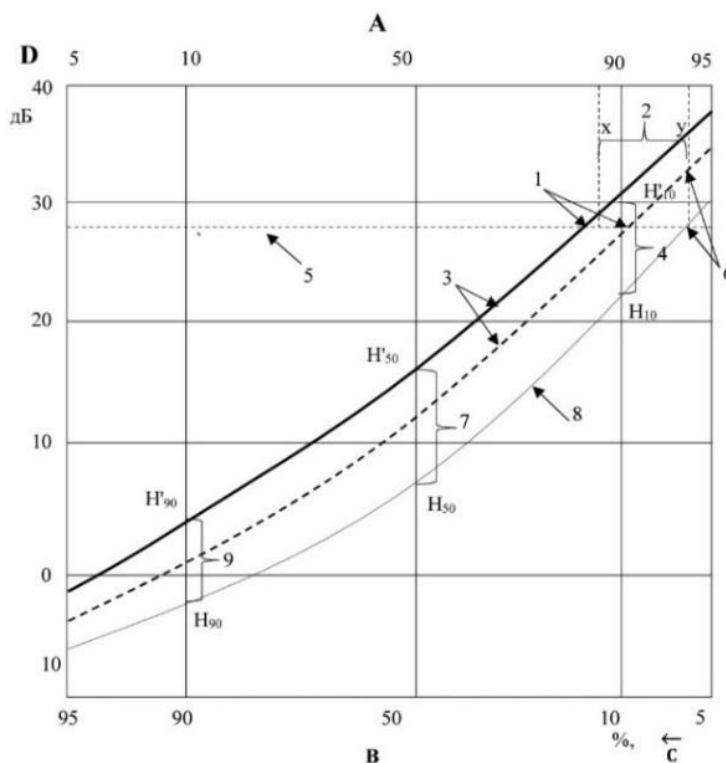


Рис.5.5. – Імовірність втрати чутності працюючих внаслідок впливу шумового забруднення для 50-річних працівників протягом 30-річного стажу (—) і 40-річних працівників протягом 20-річного стажу (-----).

якщо, А – відсоток працюючих без уражень органів слуху; С – імовірність втрати чутності(%); D – поріг чутності (дБ);

Таблиця 3. Вірогідний відсоток втрати чутності в залежності від стажу

Вік працюючі, рік	Стаж працюючого, рік	Вірогідний відсоток втрати чутності, %
50	30	10 – 25
40	20	3 – 5

Питання безпеки працюючого та визначення виробничого ризику поступової втрати та набутої глухоти від постійного навантаження шуму залежить від кількості годин в несприятливому кліматі перенавантаженим шумовим тиском та трудовим стажем працюючого. працюючого.

Для забезпечення безпечних умов праці працюючих на відкритому повітрі при ремонті або реконструкції автомобільних дорогах міста та на будівельних майданчиках поблизу великих автомобільних розв'язок виникає потреба в постійних та стабільних моніторингових спостереженнях, щодо шумового забруднення, навантаження та визначення виробничого ризику працюючих з метою запобігання хронічних захворювань та нещасних випадків на виробництві. Практичні значення відзначили, що вздовж автомобільних доріг

м. Києві фіксується перевищення нормативного значення шумового виробничого навантаження на 11%. За приведеним розрахунком можна розрахувати втрату чутності шумового забруднення міста, рекомендується значення приймати з урахуванням вікових змін та професійного стажу працюючих.

Таблиця 3. Класифікація рівня шуму

Рівень	Характеристика	Значення
Низький	Встановлений рівень гігієнічно нормативних норм та правил правил.	$0,5 \cdot 10^{-5}$ - $0,5 \cdot 10^{-6}$
Середній – припустимий для виробничих умов	Контроль і дослідження джерел і можливих несприятливих наслідків.	$0,5 \cdot 10^{-4}$ - $0,5 \cdot 10^{-5}$
Небезпечний	Неприпустимі для населення, контроль виробничих умов і джерел впливу акумуляція заходів управління, щодо покращення умов.	10^{-3} - $0,5 \cdot 10^{-4}$
Дуже небезпечний	Виробничих умов та населення. Вживання заходів з усунення або зниження несприятливих умов.	$> 10^{-3}$

Підсистема 3. Токсикологічний вплив

Працюючі, які знаходяться значну частину робочого дня, або дотичні до роботи з токсичними рідинами знаходяться під дією токсикологічного впливу та можуть отримувати значну шкоду здоров'ю та життю, а саме:

- отруєння, що може спричинити нудоту, зміну смаку, а також блювоту при роботі з токсинами;;
- невротоксичність: деякі речовини можуть впливати на нервову систему, викликаючи неврологічні порушення, включаючи судом, параліч, збудження, депресію, пам'ятні порушення та інші неврологічні симптоми;
- подразнення дихальних шляхів: деякі речовини, наприклад, амоніак, хлор, сірководень або різні хімічні розчинники, можуть подразнювати слизову рослину дихальних шляхів. Це може привести до кашлю, після бронхів (бронхіт), через носових шлунків (риніт) та подразнення горла, алергія, гостра алергія;
- ураження шкіри, свербіж, опіки, алергічні реакції та ін.

Класифікація якості атмосферного повітря по компонентам забруднення класифікується на чотири класи «незначно забруднений», або «низький»; «забруднений», або «середній»; «небезпечний» та «дуже небезпечний». Чотири класи виробничого ризику представлені в таблиці.

Виходячи з таблиці 3 встановили класифікацію виробничого ризику від забруднення хімічними речовинами атмосферного повітря.

Таблиця 4. Клас виробничого ризику

Категорія ризику	Межі професійного ризику	Клас показників виробничого ризику
Низький	<1,0	I
Допустимий (середній)	1,0-10	II
Значний	10 – 100	III
Небезпечний	>100	IV

Практичні заміри дозволили шумового навантаження дозволили на карті нанести точки відповідні до шумового навантаження, це дає змогу візуально орієнтуватися при виконанні робіт по відповідним вулицям, які засоби захисту слід використовувати.

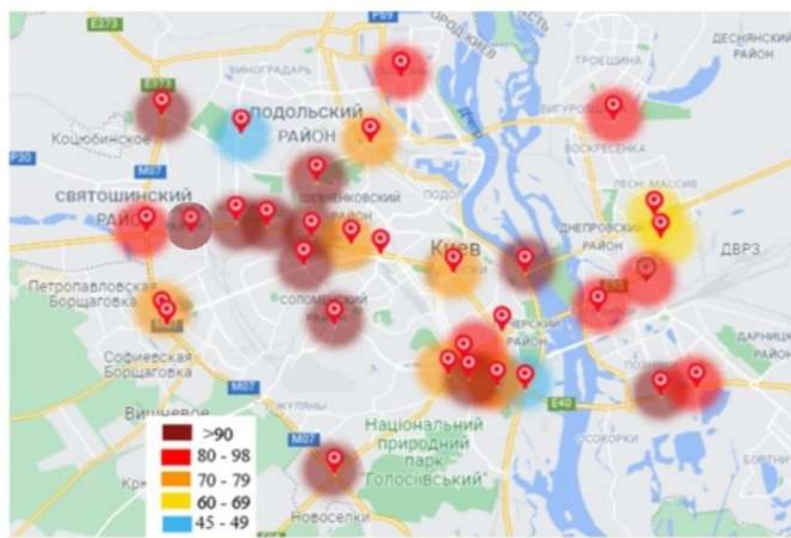


Рис. 5.5. Шумове навантаження середніх значень в м. Києві (листопад 2021р.).

Це дозволяє встановлювати клас виробничого ризику для працюючих з урахуванням токсикологічних показників. Організація робочого процесу дозволяє з'ясувати умови перебування працюючого і зменшити ризик, або застосувати потужні засоби захисту працюючого, або змінити технологію праці. Коли працюючий працює в приміщенні з хімічними сполуками він повинен використовувати засоби індивідуального захисту, додатково можна встановити витяжні шафи або відокремити зони з небезпечними реагентами, коли працюючий знаходиться на відкритому повітрі, то слід розуміти що не завжди можливо встановити додаткове обладнання, та використання засобів індивідуального захисту є в край необхідним, також при організації роботи працюючого на відкритому повітрі слід використовувати новітнє обладнання, яке зменшує негативний вплив на працюючого та враховувати метеофактори, бо підвищена температура збільшує ризик впливу токсинів на організм людини, швидкість вітру переносить хімічні речовини з шкідливих підприємств/об'єктів,

якими працюючий може дихати, якщо не використовує засоби індивідуального захисту, або частинки можуть затримуватися на одязі і згодом потрапляти в дихальні шляхи працюючого.

Виходячи з цього слід розглядати **комплексний вплив на організм працюючого враховуючи вказані підсистеми.**

5.3. Взаємозв'язок будівельного майданчику та температури навколишнього середовища в умовах кліматичних змін

Фактори навколишнього середовища в умовах різких та глобальних кліматичних змін становлять додатковий ризик для здоров'я працюючих, які працюють на відкритому повітрі, так як працівники будівельної та автодорожньої галузей. Різке та аномальне підвищення температури в спекотні літні місяці року, вологість повітря, швидкість вітру призводять до збільшення ризиків для здоров'я працюючих, що потребує вжити додаткові заходи по захисту уразливої групи осіб, почати необхідно зі засобів Індивідуального захисту (ЗІЗ), при дослідженні конкретних умов обов'язкова корекція вжитих заходів для забезпечення безпечних умов праці для працюючих, які будуть відповідати вимогам до безпеки працюючих на відкритому повітрі з містобудівними нормами і рекомендаціями [9].

Згідно до Закону України «Про охорону праці», Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 28.12.2009 № 216 затверджено Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг [10]. Відповідно до Документу, суб'єкти господарювання, які виконують роботи з будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування несуть відповідальність за дотримання правил безпеки в зоні проведення робіт, забезпечення працюючих засобами особистої гігієни, засобами індивідуального захисту, контроль медичних оглядів. Та вказані Правила не регулюють захист працюючих від дії постійного або фонових шумового навантаження поблизу автомобільних доріг, саме ці фактори підсилюються іншими факторами, які діють зовні, стосовно забруднення атмосферного повітря від викидів автомобільного транспорту, в тому числі вторинне, при підвищенні показників температури навколишнього середовища в теплі місяці року. Згідно Документу, працюючі дорожньо-ремонтних організацій, які виконують роботи на відкритій території з автотранспортом, бітумом та щебнем, ручним трамбуванням або електроплитою є уразливою групою для таких хвороб: гострі хронічні інтоксикації, токсичне ушкодження органів дихання, хвороби шкіри, алергічні

захворювання, пневмосилікози, вібраційна хвороба, сенсоневральна приглухуватість та ін.

Аналіз метеорологічних спостережень та даних системи моніторингу повітря Центральної обсерваторії ім. Б. Срезневського в м. Київ, відзначив, високий рівень токсичного забруднення атмосферного повітря в результаті фотохімічних перетворень відповідно до спостережень в літні місяці року, відзначені дні з максимальною температурою повітря вище $+30,0^{\circ}\text{C}$ за даними спостережень на стаціонарних постах у період з 29 червня по 05 липня 2021 р. у повітрі міста Києва зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК с. д.) за середньодобовим вмістом в районі Дарницької площі: завислих речовин – у 1,0 – 1,2; діоксиду азоту – у 8,5 ; формальдегіду – у 3,1– 3,6 рази.

Зазначено питання впливу підвищення індексу забруднення повітря зваженими аерозольними частками $\text{PM}_{2,5}$ в результаті підвищення температури та вологості повітря в місяці теплого (літнього) періоду року, доведено, що тверді частки діаметром менш як 2,5 мкм в атмосфері міста є значним кількості підтверджених вірусів.

Визначення ризику від дії метеофакторів слід розглядати, як взаємозв'язок між температурою і підвищенням вмісту шкідливих речовин, які при значному перевищенні здійснюють шкоду здоров'ю як працюючим на відкритому повітрі, так і громадянам. На рис. 4 для періоду 2020 – 2021рр для умов м. Києва на основі моніторингових даних Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського, представлені лінійна залежність між вологовмістом в повітрі за даними існуючих моніторингових спостережень та температурними умовами: г/м³.

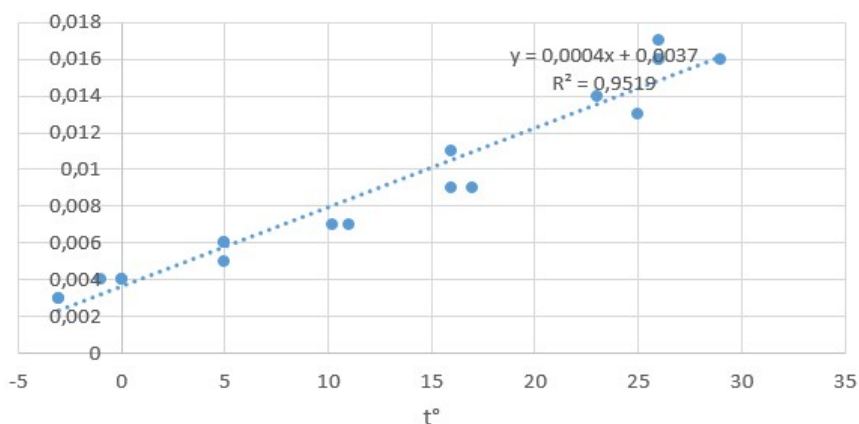


Рис. 5.6 - Залежність вологовмісту повітря та середньомісячними показниками температури в м. Києві за період з 2020 – 2021 рр.

Кореляційний зв'язок між показниками температури та вологістю повітря говорить про їх взаємний вплив на організм працюючого та людини що перебуває в несприятливих умовах. Несприятливі умови високих температур повітря та значень високої відносної вологості створюють погане самопочуття: задуху, спостерігається порушення терморегуляції організму яке здійснює негативний вплив на серцево-судинну систему, та здійснює свій прояв в зниженні працездатності працюючих та здорових громадян.

Оптимальні та допустимі показники мікроклімату залежать від категорії робіт. Робота, що належить до легкої категорії робіт, верхні температурні межі на постійних робочих місцях складають – +28 °С, на непостійних, тобто періодичних робочих місцях – +30°С.

Оптимальні, допустимі та шкідливі величини температурних показників повітря в робочій зоні, швидкості руху повітря, відносна вологості повітря для працюючих відкритих територій класи умов праці наведено у таблиці 5 для роботи на відкритій території у теплий період року .

При виконанні робіт на відкритій території та температурі навколишнього середовища від 35 °С тривалість періоду безперервної роботи повинна становити 15 – 20 хвилин з відпочинком 10 – 12 хвилин у приміщеннях з обладнанням охолодження [11]. При таких умовах. У цих умовах за період робочої зміни сумарна тривалість термічного навантаження складає:

- для осіб, з використанням спецодяг для захисту від теплового навантаження, трохи більше 4 – 5 годин;
- 1,5– 2 години для осіб без використання спецодягу.

Приміщення, що забезпечені охолоджувальним обладнанням температура повітря повинна підтримуватися в межах 24 – 25 °С.

Таблиця 5. Клас шкідливості праці в залежності від температури

Температурний проміжок	Клас шкідливості
+30,1 ° С – +33,0 ° С	3.1
+33,1 ° С – +36,0 ° С	3.2
+36,1 ° С – +39,0 ° С	3.3
+39,1 ° С – +42 ° С	3.4

Екстремальними умовами є роботи при температурі вище 37 °С за температури зовнішнього повітря. За цих умов виконувати будь-які роботи не рекомендується. Слід застосувати організацію робочого часу, яка забезпечує роботи в період меншої теплової інтенсивності, приклад: розробити графік з використання ранкового та вечірнього часу. Важливо! Виконання робіт у спеку загрожує життю та здоров'ю працюючих [12].

Таблиця 6. Тривалість періодичної роботи та тривалість періоду відпочинку від температури навколишнього середовища.

Температура повітря навколишнього середовища, °C	Тривалість (хв)		Відношення періоду роботи та відпочинку
	періодичної роботи	період відпочинку	
28	36	24	1,5
30	34	25	1,33
32	32	26	1,2
34	30	27	1,1
46	28	28	1,00

Представлені данні забруднення атмосферного повітря на урбанізованих територіях висвітлює статистичне зростання внеску автотранспорту в умовах досліджуваних кліматичних змін. У процесі використання бензинових та дизельних двигунів внутрішнього згорання утворюється з'єднання. З'єднання, вступаючи в хімічні реакції атмосферним повітрям, ці речовини здатні змінюватися хімічних з'єднань, наприклад, вторинного забруднення повітря, так і кислот [13]. В наслідок цього формуються кислотні опади в атмосфері повітря які досягаючи земної поверхні спричиняють негативний вплив на навколишнє середовище. Питання кислотних опадів вивчається, стає важливим прогнозування впливу транспорту з двигунами внутрішнього згорання та оцінка, прогнозування впливу транспорту на стан атмосферного повітря урбаценозів з дієвим впливом на здоров'я населення.

Виробничі умови при підвищених температурних показниках розглядають питання токсикологічного впливу це дає змогу досліджувати фактори та ризики негативного впливу токсикологічних речовин на здоров'я працюючих. На сьогодні запроваджено для працюючих дорожньоремонтних служб використовувати метод «холодного асфальту» до його складу входять: ПВА, модифікатор «МАК», Бітум марки МГ або СГ 70/130 [13]. Бітум, який використовують у складі суміші «холодного асфальту» до III класу небезпеки. Бітум – небезпечна речовина для здоров'я працюючих підчас транспортування в умовах низьких температур не спостерігається негативного впливу на здоров'я працюючого, та коли транспортується при високих та максимальних зазначених в умовах перевезення та експлуатації; виконуються роботи вище +60 С [10], цей факт спричиняє негативний вплив на здоров'я працюючих, які є дотичними до транспортування та безпосередньої роботи з сумішшю. Виходячи з існуючих даних можна отримати відносну оцінку заподіяння шкоди окремих факторів речовини на здоров'я працюючих.

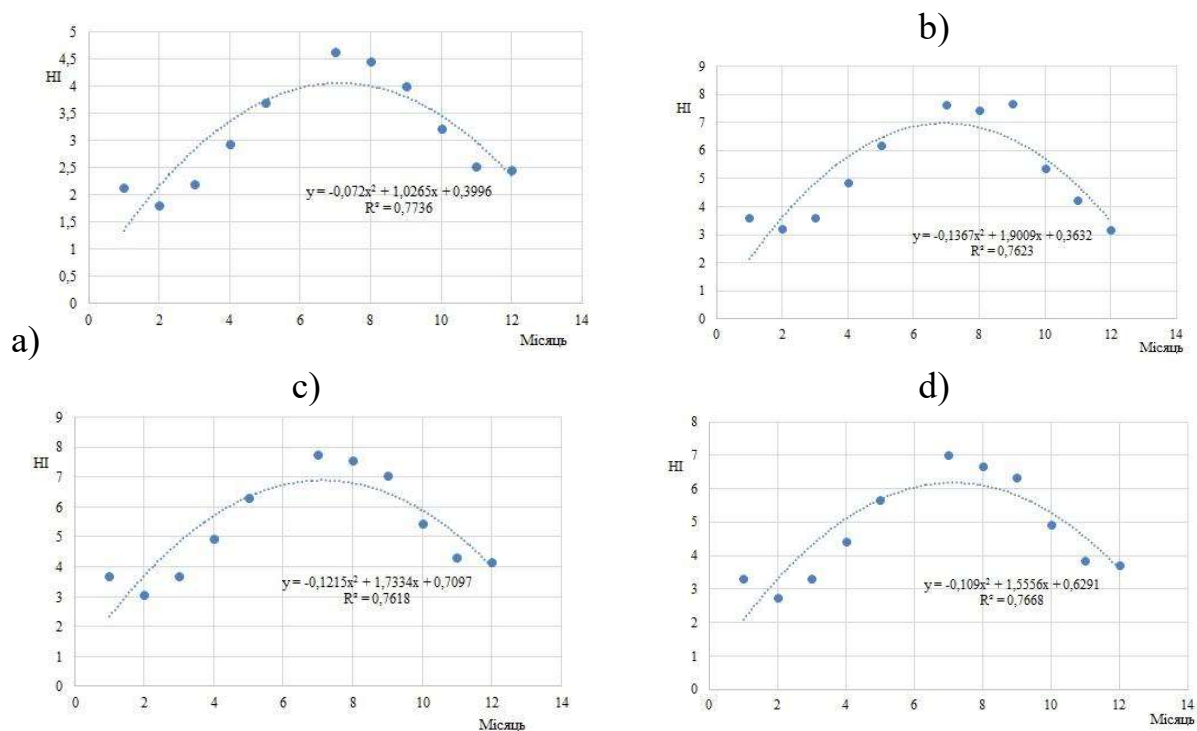


Рис. 5.7. – Середньомісячні значення неканцерогенного ризику від забруднення формальдегідом атмосферного повітря внаслідок фотохімічних перетворень біля окремих автомобільних розв’язок м. Києва в 2016 році: а) вул. Богатирська - вул. Лугова - проспект Маршала Тимошенка; б) вул. Щербаковського - вул. Стеценка - вул. М.Гречка; в) ул. Щусева - вул. Олени Теліги - вул. Мельникова; г) вул. Олени Теліги - проспект С. Бандери – Куренівка.

5.4. Значення ризиків шкідливості

Аналізуючи фактори впливу стає зрозумілим, що кожна з підсистем має свої виклики для працюючих, так звані ризики. Провівши аналіз ризику працюючих, що виконують роботи на відкритому повітрі представлені нижче рис. 6,7,8 слід зазначити, що данні отримані для працюючих дорожньоремонтної галузі в м. Києві.

Що стосується підсистеми токсикологічного впливу, щодо забруднення атмосферного повітря на виробничий ризик, то її аналіз слід розглядати в розрізі конкретного місяця, оскільки значення ризику безпосередньо пов’язано із температурними факторами місцевості при сталих метеоумовах і певному значенні вологості. При цьому вважаємо, що згідно графіку залежності від показниками вологості і температури, який представлено в попередньому розділі (коефіцієнт кореляції дорівнює 0,9), значення вологості повітря враховується опосередковано при вимірюванні температурних показників.

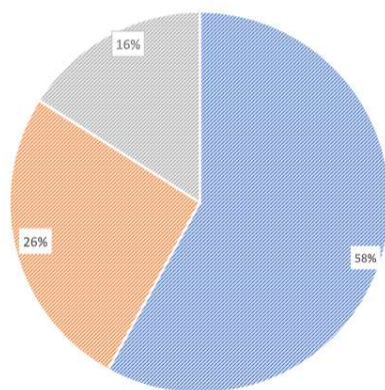


Рис. 5.7 – Діаграма значення залежності виробничого ризику від ТНС – індексу вздовж автомагістралей м.Києва, 58% - низький ризик; 26% - значний ризик; 16% - допустимий ризик.

На рис.7 значення ТСН індексу – це індекс теплового навантаження середовища.

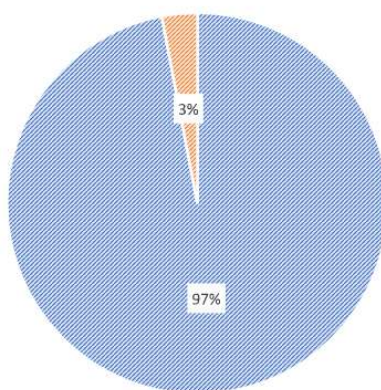


Рис. 5.8 – Середнє значення ризику від шумового 97% - шкідливий; 3% - допустимий

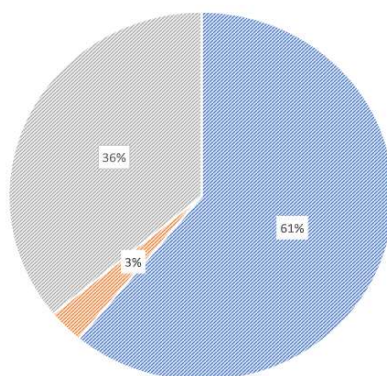


Рис. 5.9. Виробничій ризик по токсикологічному впливу в м. Київі станом на липень місяць 2020 року: 61% - небезпечний; 36% - шкідливий; 3% - помірний.

Відповідно до графіків з трьох підсистем впливає найспекотніші місяці 2020 року виробничий ризик кваліфікувався як – шкідливий.

Відповідно до розрахунку, 58% випадків (на потягом 7 місяців року) при помірній температурі були отримані значення – низького виробничого ризику, при якому непотрібно вживати додаткові заходи, щодо покращення безпечних умов працюючих. 26% – помірний рівень ризику, за спостереженнями зазначався протягом двох місяців – травень і вересень.

За цією підсистемою, можна визначити ризик для окремої підсистеми, а також визначити сукупний виробничий ризик, це дозволяє забезпечити працюючих безпечним умовами праці, або вжити заходи, що до покращення умов праці, щоб зменшити виробничий ризик.

Для візуального прикладу використаємо карту з нанесено значення ризику середніх значень, це дозволить нам спрогнозувати рух комплексного ризику по вулицям міста, використання цієї карти надає змогу керівника опікуватися безпечними умовами праці ще підчас проектування реставраційних або дорожньоремонтних робіт.

Для підтримки управлінських рішень щодо безпеки працюючих на відкритому повітрі складається карта-схема на основі трьох основних підсистем. На рис. 11 представлена така схема для конкретного місцезорозташування на перехресті автотранспортних магістралей пр. Перемоги – вул. Довженко (район Шулявського моста) в м. Києві станом на липень місяць 2020 року.

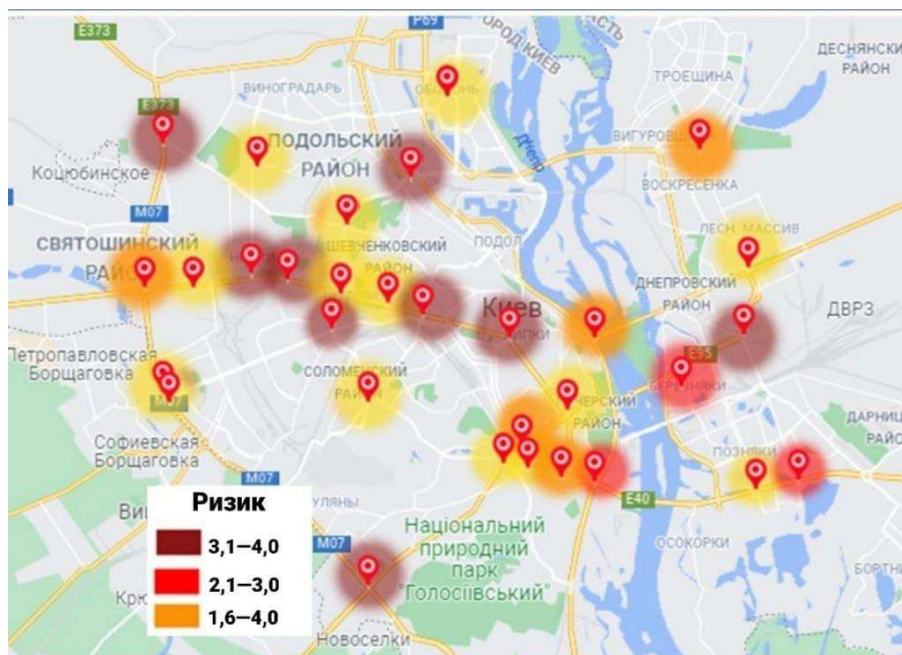


Рис. 5.10. – Карта ризиків середніх значень шумового навантаження в м. Києва листопад 2020 року.

Подібні карти-схеми є добрим інструментом в роботі прогнозування ризиків, за якими можна отримати аналіз і прогноз дії негативного впливу окремих негативних факторів на здоров'я працюючого, також важливим аспектом для прийняття керівництвом окремого підприємства або холдингу рішень щодо індивідуального захисту робочих

Умови праці робітників повинні відповідати нормам і правилам щодо безпеки відповідно до специфіки своєї праці. При цьому по можливості повинний бути врахований вплив всіх факторів, тому при побудові карти схеми можна додати ланку яка була не зазначена в роботі, та є важливою для специфіки праці, безпеки і життя.

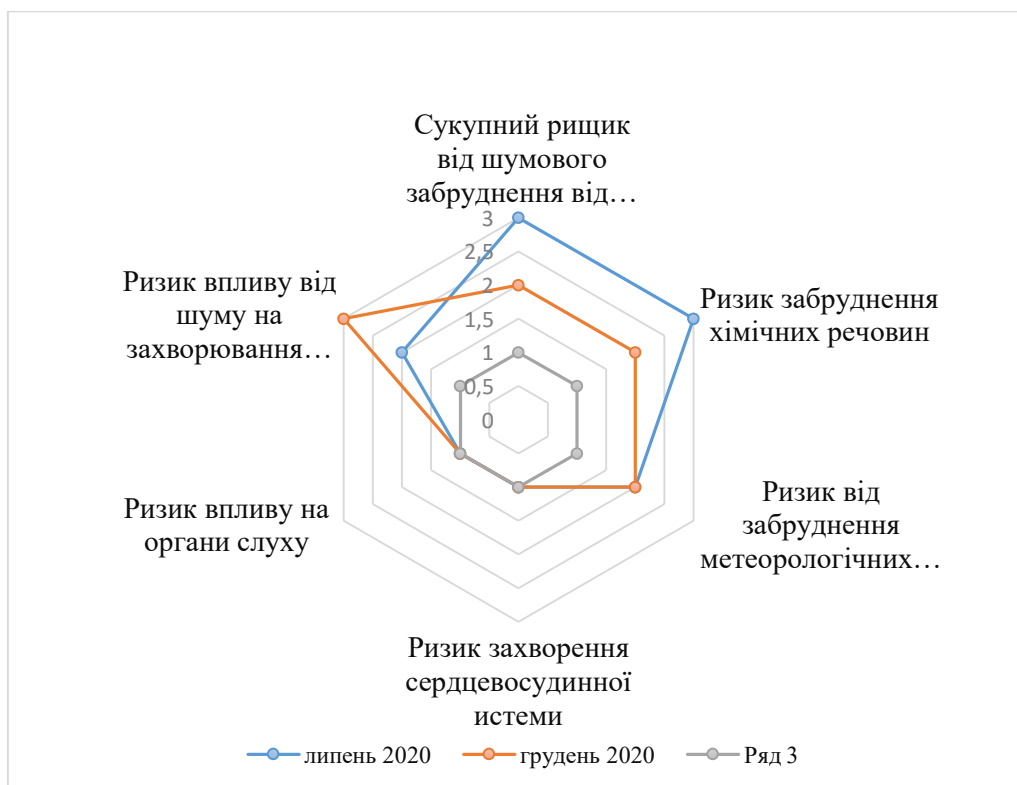


Рис. 5.11. Карта-схема комплексного ризику при виконанні робіт на відкритому повітрі біля автотранспортних магістралей пр. Перемоги – вул. Довженко (район Шулявського моста)

5.5. Безпека виробничого обладнання

Умови безпеки виробничого обладнання здійснюються за допомогою переліку наступних компонент: вибір обладнання за принципом дії та джерелом поглинання енергії та мінімальним поглинанням енергії (за необхідністю), параметри використання робочого процесу, застосування запобіжних засобів з захисту обладнання для уникнення надзвичайних ситуацій, автоматизація та дистанційне керування, встановлення та дотримання ергономічних вимог,

запобігання надмірного фізичного, нервового та психологічного навантаження працюючих.

Обладнання на виробництві використовується, як самостійно так і є ланкою технологічного процесу. Обладнання повинно відповідати всім вимогам в період експлуатації та мати необхідні документи та ліцензії.

Матеріал з якого виконане обладнання не повинен бути фактором ризику для працюючих, та не повинний здійснювати шкідливий вплив на організм працюючого. У процесі виробництва може виникати небезпека окремих елементів обладнання, та показники не повинні перевищувати норми, та коли це неможливо, слід правильно визначити категорію праці та клас важкості праці і вжити всіх заходів щодо забезпечення безпечних умов для працюючих.

Робота за небезпечними зонами виробничого обладнання, які можуть призвести до виробничого травматизму- це рухомі частини обладнання, обладнання з надлишковою енергією чи високими температури, повинні бути ізольовані та, огорожені, розміщені в місцях що зменшить ризик виробничого травматизму. Також слід переглянути організацію робочого процесу щоб уникнути негативному впливу на організм працюючого дії обладнання.

ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007

Вантажні, вантажно-захоплювальні, зажимні та підйомно-вантажне обладнання не повинні становити загрозу життю і здоров'ю працюючих, також слід вжити заходи на рахунок можливого відключення електропостачання, також самовільний змін стан обладнання при вмиканні/вимиканні енергоживлення.

У випадках коли обладнання з підвищеним ризиком, наприклад: пожежовибухобезпечне, таке обладнання не повинні накопичувати заряди в критичних кількостях та бути в доступі осіб, які не мають письмового розпорядження щодо роботи з небезпечним обладнанням.

При роботі з обладнанням, яке генерує шкідливі викиди, виділяє токсичні, вибухонебезпечні або пожежонебезпечні речовини, необхідно дотримуватись комплексу заходів для забезпечення безпеки працівників та мінімізації негативного впливу на довкілля. Обладнання такого типу повинно бути оснащене спеціальними пристроями для уловлювання, фільтрації або нейтралізації шкідливих речовин. Це можуть бути фільтрувальні системи, абсорбери, скрубери або інші аналогічні механізми, які забезпечують очищення повітря перед його викидом у виробниче середовище або атмосферу.

Якщо таке обладнання не має вбудованих систем нейтралізації, робочі зони повинні бути облаштовані автономними пристроями для локалізації викидів. Також необхідно передбачити резервні системи або мобільні рішення для забезпечення безпеки у разі аварійної ситуації. Обладнання повинно відповідати санітарно-гігієнічним нормам, зокрема забезпечувати якість повітря

робочої зони, а також відповідати екологічним вимогам щодо захисту навколишнього середовища.

У випадках, коли виробниче обладнання є джерелом шуму, ультразвукових або інфразвукових коливань, а також вібрацій, необхідно вживати спеціальних заходів щодо зменшення їхнього негативного впливу на працівників та навколишнє середовище. Ці фактори можуть спричиняти серйозні проблеми для здоров'я, знижувати ефективність роботи та сприяти виникненню різних захворювань, зокрема порушення слуху, серцево-судинних захворювань і нервових розладів.

Щоб мінімізувати ці ризики, необхідно враховувати ці аспекти при проектуванні та експлуатації виробничих потужностей. Такі джерела шуму або вібрацій повинні бути розміщені у спеціально відведених місцях, ізольованих від основної робочої зони. Для зниження рівня небажаних фізичних впливів використовуються різноманітні технічні засоби: встановлюються шумозахисні бар'єри, віброізоляційні матеріали, амортизатори або інші спеціалізовані конструкції, які дозволяють зменшити вплив шкідливих факторів на працівників.

Особливу увагу слід приділяти регулярному контролю за рівнем шуму, вібрації та інших фізичних параметрів у виробничих приміщеннях, щоб переконатися, що ці показники не перевищують встановлені норми. Рівень шуму та вібрації, а також інші фізичні фактори повинні відповідати вимогам діючих нормативно-правових актів, які регулюють безпеку праці та охорону здоров'я. Вони визначають гранично допустимі рівні шуму та вібрацій, що дозволяють забезпечити безпечні умови праці для всіх працівників.

Крім того, важливо проводити навчання працівників щодо правильного використання обладнання, обслуговування систем шумозахисту та віброізоляції, а також організувати контроль за станом цих систем. Таким чином, системний підхід до організації робочих місць з урахуванням факторів шуму і вібрацій допоможе знизити ризики для здоров'я працівників та створити більш комфортні умови для роботи.

Важливим є регулярний моніторинг стану виробничого середовища та дотримання технологічної дисципліни. Це включає перевірку рівнів забруднення, оцінку ефективності роботи систем очищення, а також навчання працівників правилам безпеки. Таким чином, створюються умови для забезпечення охорони здоров'я працівників, зниження виробничих ризиків і підтримки екологічної рівноваги.

Обладнання, розташоване на виробничих об'єктах, повинно бути забезпечене не лише загальним, але й локальним освітленням, яке враховує специфіку роботи та умови експлуатації. Локальне освітлення має бути

правильно спроектоване, встановлене та відповідати чинним нормативним документам, таким як державні стандарти та санітарно-гігієнічні вимоги.

Особливості локального освітлення:

1. Рівень освітленості: Локальне освітлення повинно забезпечувати достатній рівень світла для комфортної та безпечної роботи з обладнанням, відповідно до норм освітленості для конкретного типу виробничих операцій.

2. Тип освітлювальних пристроїв: Використання сучасних джерел світла, таких як LED-світильники, які забезпечують високу якість освітлення, низьке енергоспоживання та тривалий термін експлуатації.

3. Розташування освітлювальних пристроїв: Лампи та світильники повинні бути розташовані таким чином, щоб уникати відблисків, тіней і засліплення працівників. Розташування враховує конструкцію обладнання, зони доступу та основні робочі ділянки.

4. Регулювання світла: У зонах, де виникає потреба у змінній інтенсивності освітлення, можуть застосовуватись регульовані світильники, які дозволяють змінювати рівень освітлення залежно від умов роботи.

Вплив недостатнього освітлення на здоров'я працівників

Неналежна кількість або якість освітлення може спричинити:

- Зорове перенапруження: Постійна робота в умовах недостатнього освітлення викликає втому очей, зниження концентрації уваги та підвищує ризик помилок.

- Погіршення зору: Довготривала робота в умовах поганого освітлення може призводити до розвитку порушень зору, таких як короткозорість або астенопія.

- Підвищення травматизму: Погане освітлення ускладнює ідентифікацію небезпечних зон, елементів обладнання або інструментів, що підвищує ризик нещасних випадків.

- Погіршення загального стану здоров'я: Освітлення, яке не відповідає санітарним нормам, може негативно впливати на психоемоційний стан працівників, викликати головний біль, втому та зниження працездатності.

Рекомендації щодо організації локального освітлення

1. Дотримання норм: Освітлення має відповідати нормативним документам, таким як Державні санітарні норми та Правила охорони праці.

2. Регулярна перевірка: Стан освітлювальних приладів повинен регулярно перевірятися, а несправні елементи мають бути оперативно замінені.

3. Профілактика: Освітлювальні пристрої потрібно очищати від пилу та бруду, оскільки забруднення може зменшувати інтенсивність освітлення.

4. Навчання працівників: Робітники мають бути проінформовані про важливість належного освітлення для їхнього здоров'я та ефективної роботи.

Технічні вимоги до локального освітлення

- Колірна температура світла: Для зручності роботи бажано використовувати джерела світла з нейтральною колірною температурою (4000–5000 K), які зменшують зорове навантаження.
- Коефіцієнт пульсації світла: Має бути мінімальним, щоб уникнути неприємного мерехтіння, яке викликає втоми.
- Захист світильників: В умовах забруднення, високої вологості чи небезпечних середовищ світильники повинні мати захисні кожухи з відповідним класом захисту (наприклад, IP65).

Правильна організація локального освітлення на виробництві не тільки підвищує ефективність роботи працівників, але й сприяє збереженню їхнього здоров'я, знижує ризики травматизму та забезпечує безпечні умови праці.

Виробнича зона працюючого починається з схеми та конструкції робочого середовища (розміри, розташування засобів керування, моніторингові данні, додаткове обладнання та ін.). При розробці виробничої зони для безпечної роботи працюючого слід керуватися нормативними актами:

Однією із складових безпеки виробничого обладнання є конструкція робочого місця, його розміри, взаємне розміщення органів управління, засобів відображення інформації, допоміжного обладнання тощо. Розробляючи конструкції робочого місця слід дотримуватися вимог ДСТУ 8604:2015 ДСТУ 2189-93 ДСТУ EN ISO 6385, Наказ Міністерства соціальної політики України №2072 від 28.12.2017 та інших чинних нормативів. При цьому розміри робочого місця і його елементів мають забезпечувати виконання операцій в зручних робочих позах і не ускладнювати рухи працюючих. Перевагу слід віддавати виконанню робочих операцій в сидячому положенні, або періодичній зміні положень сидячи та стоячи – якщо виконання робіт не вимагає постійного переміщення працівника. Конструкція крісла і підставки для ніг повинна відповідати існуючим ергономічним вимогам [9].

5.6. Організація безпечної діяльності технологічних процесів

Функціонування сучасного виробництва базується на чітко організованій і злагодженій праці людей, які виконують різноманітні виробничі функції. Кожен працівник відіграє важливу роль у досягненні загальних цілей підприємства, забезпечуючи високу якість виконання своїх обов'язків відповідно до встановлених стандартів і процедур.

Організація технологічних процесів спрямована на створення таких умов, за яких досягається ефективна взаємодія між працівниками, засобами виробництва (обладнанням) і предметами праці. Це стає можливим завдяки ретельному плануванню, оптимальному проектуванню робочих місць і впровадженню сучасних технологій.

Рациональне розташування обладнання, чітке планування виробничих зон і належний рівень автоматизації забезпечують ефективність технологічних процесів. Водночас велика увага приділяється потребам людей: створюються ергономічні робочі місця, які сприяють комфортній роботі, запобігають втомі й мінімізують ризик травм.

Організація праці враховує не лише продуктивність, але й фізичні та психологічні потреби працівників. Комфортний мікроклімат у виробничих приміщеннях, належне освітлення, безпечний рівень шуму та дотримання екологічних норм є основними чинниками збереження здоров'я персоналу.

Ефективна організація виробничих процесів також передбачає впровадження інноваційних підходів, автоматизації рутинних операцій і постійне навчання працівників. Це дає змогу підвищити якість виконання завдань, зменшити витрати часу та ресурсів, а також забезпечити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Таким чином, функціонування виробництва – це складний процес, який поєднує чітке планування, технічну досконалість і турботу про працівників. Успіх підприємства залежить від здатності адаптуватися до сучасних викликів і забезпечувати баланс між ефективністю виробництва та створенням комфортних і безпечних умов праці для кожного співробітника.

Успішна організація праці – це системний підхід до управління робочими процесами, який спрямований на створення умов, що забезпечують продуктивність, безпеку та комфорт працівників. Основною метою такого підходу є збереження здоров'я співробітників, підтримка їхньої працездатності та підвищення загальної ефективності діяльності підприємства.

Організація праці повинна бути орієнтована на мінімізацію впливу негативних факторів, які можуть спричиняти фізичний або психологічний дискомфорт. Це досягається шляхом створення комфортного виробничого середовища. Наприклад, належний рівень освітлення, вентиляції та температури є важливими аспектами для забезпечення оптимальних умов роботи. Крім того, зниження рівня шуму та вібрацій, а також ізоляція працівників від інших несприятливих факторів сприяють збереженню їхнього здоров'я та підвищенню мотивації до праці.

Особливу увагу слід приділяти впровадженню ергономічних рішень. Робочі місця мають бути спроектовані з урахуванням анатомічних і

фізіологічних особливостей працівників, щоб зменшити втому та ризик травм. Наприклад, регульовані сидіння, підставки для ніг та зручне розташування обладнання дозволяють працівникам виконувати свої обов'язки ефективно і без шкоди для здоров'я.

Ще одним ключовим аспектом організації праці є забезпечення безпеки на робочому місці. Це включає регулярний аналіз потенційних ризиків, впровадження заходів із запобігання аваріям та використання засобів індивідуального захисту. Навчання працівників правилам техніки безпеки та проведення регулярних інструктажів є обов'язковими для зменшення кількості нещасних випадків і травматизму.

Ефективне використання виробничого обладнання та техніки також відіграє важливу роль в організації праці. Кожен елемент виробничого процесу повинен функціонувати в оптимальному режимі, забезпечуючи максимальну продуктивність із мінімальними витратами ресурсів. Для цього необхідно проводити планові технічні огляди, модернізацію обладнання та своєчасний ремонт.

Організація праці також включає планування і контроль усіх виробничих процесів. Це дозволяє своєчасно виявляти недоліки, усувати проблеми та досягати високої ефективності роботи. Крім того, важливо забезпечувати підвищення кваліфікації працівників. Регулярне навчання та вдосконалення професійних навичок дозволяють співробітникам адаптуватися до нових умов, освоювати сучасні технології та підвищувати свою продуктивність.

Таким чином, успішна організація праці – це багатогранний процес, який включає турботу про фізичне і психологічне благополуччя працівників, підвищення рівня безпеки, раціональне використання обладнання та постійний розвиток персоналу. Все це дозволяє досягти стабільності, продуктивності та довгострокового успіху підприємства.

Таким чином, основна мета організації праці полягає у створенні умов, які забезпечують баланс між ефективністю виробництва та благополуччям працівників, що є ключовими факторами сталого розвитку будь-якого підприємства.

Поняття організації безпечної діяльності працюючого є комплексним поняттям, яке поєднує технічні, організаційні, санітарно-гігієнічні спрямування, що забезпечують ефективне використання робочого часу, виробничих навичок та творчих здібностей працюючого на підприємстві.

Мета організації безпечної діяльності складається з двох частин, які мають зв'язок між собою:

- ккд підприємства, або підвищення доходу підприємства;
- підвищення безпечних умов праці.

Без безпечних умов для діяльності працюючих унеможлиблюється ефективна і корисна діяльність усього підприємства. Без створення належних умов безпеки працівники не можуть працювати на високому рівні продуктивності та якості, що призводить до зниження загальної ефективності підприємства. У свою чергу, відсутність цієї ефективності створює дефіцит ресурсів, що необхідні для забезпечення безпечних умов праці. Це становить замкнуте коло, де одна проблема викликає іншу, що, в кінцевому результаті, може негативно впливати на стабільність і прибутковість підприємства.

Тому особливу увагу слід приділяти організації безпечної діяльності на всіх етапах технологічних процесів. Безпека праці повинна бути інтегрованою частиною виробничого процесу, а не окремим елементом, що розглядається тільки як додаткові витрати або вимоги. Всі технологічні процеси повинні бути спроектовані та організовані так, щоб мінімізувати потенційні небезпеки для працівників. Це включає в себе не лише використання сучасних технічних засобів і обладнання, а й регулярне проведення навчань, тренінгів, впровадження систем контролю за умовами праці, а також розробку ефективних методів запобігання аварійним ситуаціям.

Акцент при організації безпечної діяльності технологічних процесів слід робити на таких аспектах, як аналіз ризиків, оптимізація робочих місць, впровадження новітніх технологій, що знижують рівень небезпеки, а також забезпечення належної підготовки персоналу. Успішна реалізація цих заходів дозволить створити умови для безпечної роботи, забезпечити високий рівень продуктивності та знизити витрати на лікування працівників, компенсуючи ці витрати через підвищення ефективності та стабільності підприємства.

Усі види виробничих та технологічних процесів на підприємстві можуть розроблятися в результаті роботи працюючих. Робота працюючого є доцільною діяльністю робітника, яка направлена на пристосування до предметів та потреб. Виробничий процес розглядається з двох боків:

- сукупність змін, що діють на предмет праці, - це відносимо до технологічного процесу;
- сукупність дій працюючих за використанням нервово-м'язової енергії, що спрямовує свою дію на зміну предмету – це відносимо до трудового процесу працюючого.

З даних визначень випливає, наявний зв'язок між технологічним і трудовим процесами.

Трудовий процес – під собою розуміє сукупність дій, методів і засобів доцільного за технологічним процесом впливу на предмет праці за допомогою знарядь праці працюючого [14].

Технологічний процес – це процес послідовної зміни властивостей та інших характеристик предметів або сировини з метою виготовлення певної продукції [15].

Основні принципи організації технологічних процесів: спеціалізація, пропорційність, паралельність, прямоточність, безперервність, ритмічність, автоматичність, гнучкість, гомеостатичність. Недотримання цих принципів призводить до небезпеки роботи працівників. (попереднє посилання). Розглянемо кожний принцип окремо:

- паралельність – спрямоване на виконання операцій технологічного процесу водночас;
- прямоточність – принцип процесів праці з найкоротшим алгоритмом дій, або маршрутом на всіх стадіях;
- безперервність – має на увазі, що перерви суміжних технологічних процесів мають бути мінімальними, або взагалі відсутніми;
- ритмічність – забезпечення роботи підрозділів підприємства за певним ритмом, планомірна та повторно;
- автоматичність – економічно обґрунтована організація діяльності виробництва з виключенням залучення праці людини;
- гнучкість – організація та зміни технологічних умов праці виробничого процесу шляхом модифікації, переходу до автоматизації;
- гомеостатичність – полягає в тому, щоб виробництво було здатне виконувати свої функції в межах допустимих відхилень.

На рис.5.11 представлена схема елементів технологічного процесу підприємств, з неї виділяємо основні елементи – системи дії підприємства: ресурси, використання ресурсів, отриманий результат, це дає розуміння на якому етапі відбувається певна дія технологічного процесу. Основним є процес праці та використання ресурсів.

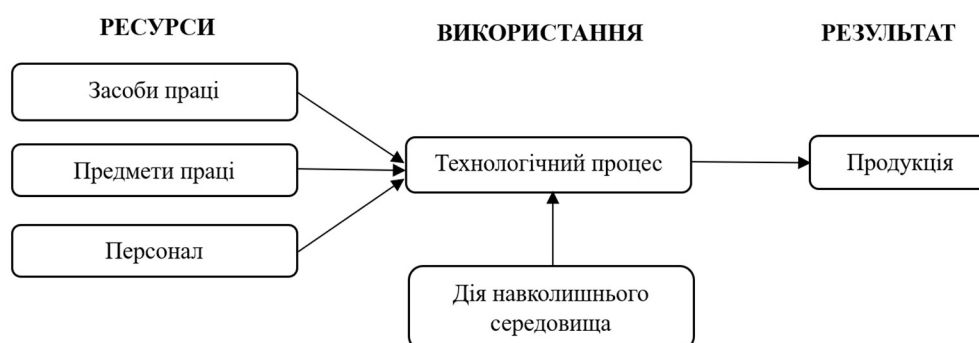


Рис. 5.11 Схема елементів технологічного процесу підприємства

Ще одним важливим елементом організації технологічного процесу є організація та обслуговування робочих місць. Робоче місце кожного працюючого повинно бути адаптоване до конкретних умов виробничого та

технологічного процесу, що здійснюється на підприємстві. Врахування специфіки кожної виробничої одиниці дозволяє досягти оптимального поєднання ефективності, безпеки та комфорту для працівників. Організація робочого місця охоплює не лише правильне розміщення обладнання, але й забезпечення всіх необхідних умов для здійснення праці.

Кожен робочий процес має свою класифікацію в залежності від рівня механізації та автоматизації. Відповідно до цього, місця для роботи можуть бути поділені на кілька типів: ручні, машино-ручні, автоматизовані та апаратні. Ручні робочі місця передбачають повну або часткову участь працівника у виконанні технологічного процесу без використання механізмів. Машино-ручні робочі місця передбачають поєднання роботи людини з механізмами, де працівник виконує контрольні чи допоміжні функції. Автоматизовані робочі місця передбачають застосування автоматичних систем для виконання більшості операцій, що знижує навантаження на людину. Апаратні робочі місця зв'язуються з обслуговуванням спеціалізованих апаратів або установок, що працюють в автоматичному або напіваавтоматичному режимі.

Такий поділ робочих місць дозволяє більш ефективно організувати виробничий процес, зменшити вплив людського фактора, покращити безпеку і підвищити продуктивність праці. Крім того, важливим аспектом є забезпечення належного обслуговування робочих місць, яке включає регулярне технічне обслуговування, підтримку належного стану обладнання та інструментів, а також створення комфортних умов для праці, що позитивно впливає на ефективність роботи та стан здоров'я працівників.

Класифікація робочих місць дозволяє розробити безпечні умови праці для працюючого, що буде сприяти збереженню фізичного ресурсу працюючого, що буде позитивно впливати на якість та обсяг виконуваної роботи.

На підприємствах України, де впроваджено ризикоорієнтовану систему управління охороною праці (СУОП), використовують різні методи оцінки ризиків. Але всі вони передбачають складання карт ідентифікації небезпек, або карти ризиків, розроблення заходів для їх усунення або зниження рівня ризиків. Для зменшення на підприємствах ризику пливу шкідливого та помірної небезпеки на працюючих використовуються різні заходи, один з яких слід застосовувати – метод карт підприємства підприємства, та розташування обладнання, поділ на відповідні зони дозволить забезпечити безпечні, помірної небезпеки та небезпечні, це дозволить зменшити ризики пливу шкідливого та помірної небезпеки на працюючих підприємства. Працюючі обізнані в питання можливих небезпек зможуть уникати ризиків пов'язаних з обладнанням та техногенним впливом підприємств на життя та здоров'я працюючих.

Українські підприємства відповідно до інтеграції з Європейським законодавством користуються у своїй діяльності стандартами системи управління якістю продукції. Стандарти ISO 9000 версії 2000 р. ґрунтуються на найсучаснішому досвіді системного управління якістю, вони гармонізовані з вимогами стандартів ISO 14000 з управління навколишнім середовищем. Стандарти введені в дію в Україні з 1 листопада 2001 року, затверджені як національні. Серед них:

- ДСТУ ISO 9000–2001 «Системи управління якістю. Основні положення та словник» описує основні положення системи управління якістю та визначає термінологію, ідентифікуючи поняття у сфері управління якістю;

- ДСТУ ISO 9001–2001 «Системи управління якістю. Вимоги» визначає вимоги до систем управління якістю для тих випадків, коли підприємству необхідно продемонструвати свою здатність постачати продукцію, яка відповідає вимогам споживачів та обов'язковим вимогам, та спрямований на підвищення задоволеності споживачів;

- ДСТУ ISO 9004–2001 «Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності» містить рекомендації, як стосуються результативності й ефективності системи управління якістю. Його мета – поліпшення діяльності підприємства, а також задоволеність споживачів та інших зацікавлених сторін [8].

Разом вони становлять комплекс узгоджених стандартів та системи управління якістю, що покращує взаємозв'язку та взаємозалежності та будує взаємне розуміння в торгівлі, так національній так торгівельній, важливо відзначити, що базуються на 8 принципах управління якістю, керівництво може використовувати наді застосунки для покращення показників якісної діяльності виробництва. Нижче представлені вісім підсистем:

1. Орієнтація на замовника. Організації залежать від своїх замовників, мають розуміти поточні та майбутні їхні потреби, виконувати вимоги та спрямовувати дії на покращення отриманих результатів.

2. Лідерство. Встановлення тісного взаємозв'язку, контакту та єдності, щодо направленості підприємства. Взаємозв'язок треба не тільки встановити, а й підтримувати середовище серед працюючих, в якому працюючі можуть бути дотичними до виконання завдання, надані організації.

3. Залучення працівників. Працюючі на всіх рівнях роботи підприємства та діяльності складають функціональну основу підприємства, залучення працюючих, дає змогу використовувати свої здібності на користь організації.

4. Процесний підхід. Кожен процес – представляється окремою системою, один з якого рухається в межах окремої підсистеми та обумовлює певний підхід.

5. Системний підхід до управління. Ідентифікація й управління взаємопов'язаними процесами, як системою, що сприяють організації в ефективнішому досягненні поставленої мети.

6. Постійне поліпшення. Прагнення до покращення активують дії працюючих підприємства для покращення роботи організації підприємства в цілому.

7. Прийняття рішень на основі фактів. Аналіз даних та отриманої інформації дозволяє приймати ефективні рішення в організації роботи підприємства.

8. Взаємовигідні відносини із постачальниками. Підприємство та постачальники сировини є взаємозалежними, і взаємовигідні відносини покращують здатність обох сторін створювати цінності отриманої, готової сировини або продукції [16].

Практичні данні свідчать про успішність використання підприємствами восьми принципів, що свідчать про прибуток підприємств та створення цінностей та стабільного розвитку. Вісім принципів управління формують основу стандартів серії ISO 9000 [8].

Міжнародний досвід відзначає, що для побудови безпечних умов праці на підприємстві є використання стандартів ISO 9000. Ці стандарти застосовують у різних галузях та сферах послуг, головною цінністю є підвищення якості роботи підприємства. Завдяки своїй універсальності вони застосовуються, як і процесійний підхід до управління якістю, в усіх без винятку галузях виробництва і сфері послуг.

Сучасна система складається з великою кількістю процесів - від кількох сотень до декількох тисяч. Для ефективного функціонування підприємства визначаються взаємодіючі процеси й управляти ними [16]. Процесним підходом зазначають застосування в межах підприємства системи процесів разом з їхніми визначеннями та взаємодіям. Перевагою процесного підходу безперервний контроль зав'язків окремих процесів в межах систем роботи підприємства, а саме:

- розуміння та виконання вимог;
- необхідності розглядати підприємство в аспекті створення безпечних умов праці.
- отримання результатів роботи підприємства;
- постійного покращення роботи підприємства на основі об'єктивних даних.

Запитання до самоконтролю:

1. Якими параметрами слід керуватися при роботі з виробничим обладнанням?
2. Алгоритм системного підходу, щодо оцінки та прогнозування впливу всіх шкідливих факторів на здоров'я працівника?
3. Які критерії між собою об'єднує діяльність технологічних процесів?
4. Особлива відмінність технологічного процесу від трудового процесу?
5. Назвіть основні принципи технологічного процесу?
6. Які основні підсистеми використовуються в алгоритмі?
7. Основні принципи трудового процесу?
8. Опишіть практичне застосування алгоритму в трудовому процесі?
9. Складові безпеки виробничого обладнання?
10. До чого призведе виключення однієї системи алгоритму?
11. Які методи зниження рівня шуму та вібрацій використовуються у виробничих приміщеннях?
12. Які нормативно-правові акти регулюють допустимі рівні фізичних факторів на робочих місцях?
13. Як впливають ультразвукові та інфразвукові коливання на здоров'я працівників, і які заходи для їх нейтралізації застосовуються на виробництві?
14. Як забезпечити ефективну організацію робочого місця для працівників, що працюють з механізмами, що генерують шкідливі фізичні фактори?
15. Які існують технологічні інновації для зменшення шкідливого впливу шуму та вібрацій на робочих місцях?

Список використаних джерел до п'ятого розділу

1. Закон № 328-XIV від 22.12.1998 Про загальну структуру. [Електронний ресурс] – Режим доступу :https://zakononline.com.ua/documents/show/190740___190805 (дата зверення 05.05.2023).
2. Постанова кабінету Міністрів №337 Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві. Електронний ресурс – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/337-2019-%D0%BF#Text> (Дата зверення 08.05.2023).
3. Закон України Основи законодавства України про охорону здоров'я [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text> (Дата зверення 16.05.2023).
4. Державні санітарні норми 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (Дата зверення 20.05.2023)

5. Експертус. Служба охорони праці. Електронне видання. Електронний ресурс – <https://pro-op.com.ua/article/92-optimaln-ta-dopustim-mkroklmatichn-umovi> (Дата звернення 27.05.2023).
6. Закон про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»: Наказ МОЗУ від 08.04.2014 № 248. Верховна рада України. Законодавство України. 2014 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text> (Дата звернення 30.05.2023).
7. Управління інспекційної діяльності міжрегіонального управління Державної служби з охорони праці. Гігієна праці та експертиза умов праці. Шум та його шкідливі наслідки. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uz.dsp.gov.ua/index.php/diialnist/hihiiena-pratsi/749-shum-ta-ioho-shkidlyvi-naslidky> (Дата звернення 12.06.2023).
8. Гарант-стандарт. Сертифікація ISO. Сертифікат ISO 9001 ISO 9001:2015 Електронний ресурс – <http://surl.li/tvpjy> (дата звернення 30.05.2023).
9. Ковальова А.В. Оцінка виробничого ризику при виконанні дорожніх робіт. Дис. К. : КНУБА, 2022 – 202с.
10. Дані реєстрацій. Ліга.Бізнес. Електронний ресурс. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/atqya> (Дата звернення 20.11.2023).
11. Верховна рада України. Законодавство України. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: Постанова МОЗ, ДСН 3.3.6.042-99. 1999. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua> (Дата звернення 27.11.2023).
13. Журнал «Охорона праці і пожежна безпека». Робота в спеку: яких заходів безпеки варто дотримуватися. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/news/roboata-v-speku-yakyh-zahodiv-bezpeky-varto-dotrymuvatysya> (Дата звернення 30.11.2023).
14. Рекомендації лікарів щодо організації режиму праці в умовах підвищеної температури повітря. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/247497108> (Дата звернення 17.12.2023).
15. Гігієнічних регламентах гранично допустимих концентрацій хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць: Наказ МОЗУ від 14.01.2020 № 52. [Чинний від 05.08.2021]
16. Гецерун Г.М., Масікевич Ю.Г., Гольонко Р.А. Аналіз забруднення атмосферних опадів домішками на вулицях міста. Науковий вісник НЛТУ України, 2019, т.19, №1. – 66-69с.
17. Системи управління якістю діяльності організації ISO 9004 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://surl.li/tvpok> (Дата звернення 17.12.2023).

Навчальне видання

ТКАЧЕНКО Тетяна Миколаївна
ВОЛОШКІНА Олена Семенівна
КОРДУБА Ірина Богданівна
ЖУКОВА Олена Григорівна
КОВАЛЬОВА Анастасія Володимирівна

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Редагування та коректура
Комп'ютерне верстання

Підписано до друку _____ Формат 60 x 84^{1/68}
Ум. друкю арк. 9,30. Обл.-вид.фрк.10,0
Тираж ____ прим. Вид.№

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітряних сил, 31, Київ, Україна 03037
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
Видавничої справи ДК № 808 _____