

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Зав. кафедри екології

доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » червня 2026 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»
на тему: **«Удосконалення системи екологічного управління
діяльністю радіаційних об'єктів НАЕК "Енергоатом"»**

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,
групи Е-1-22 спеціальності 101 «Екологія»

_____ Олеся ТИЩЕНКО

Керівник _____ доц. Таміла АНАНЬЄВА

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології

Кафедра: Екології

Освітньо-професійна програма: Екологія

Спеціальність: 101 Екологія

Ступінь вищої освіти Бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри екології

доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я

на підготовку кваліфікаційної роботи

Тищенко Олесі Артемівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення системи екологічного управління діяльністю радіаційних об'єктів «НАЕК "Енергоатом"»

2. Науковий керівник: Ананьєва Т.В., к.б.н., доцент

затверджена наказом по ДДАЕУ від «25» лютого 2026 р. № 410

3. Термін подання здобувачем роботи: «16» червня 2026 р.

4. Вихідні дані до роботи: Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про поводження з радіоактивними відходами», «Про оцінку впливу на довкілля», стандарти ДСТУ ISO 14001:2015 та ДСТУ ISO 45001:2019, Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) та Основні санітарні правила (ОСПУ-2005), нефінансові звіти АТ «НАЕК "Енергоатом"», форми державної статистичної звітності № 2-ТП (водгосп) та № 1-екологічні витрати, дані моніторингу Автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки (АСКРО), технічна та екологічна документація ВП «Аварійно-технічний центр»

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити): Огляд діяльності та радіаційних об'єктів АТ «НАЕК "Енергоатом"», Характеристика ВП «Аварійно-технічний центр», Аналіз

дотримання екологічного законодавства та функціонування системи екологічного управління за міжнародними стандартами, Оцінка впливу виробництва електроенергії на довкілля (радіаційний стан, атмосферне повітря, водні ресурси, управління відходами), Розробка шляхів удосконалення системи екологічного управління діяльністю радіаційних об'єктів.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема організаційної структури управління АТ «НАЕК "Енергоатом"», Карта-схема розташування радіаційних об'єктів, Основні завдання діяльності ВП АТЦ НАЕК «Енергоатом», Принципова схема оборотної системи технічного водопостачання АЕС, Блок-схема технологічного циклу поводження з радіоактивними відходами, Діаграми оцінки впливу на довкілля (показники викидів та скидів), Концептуальна схема модернізованої системи екологічного управління.

Дата видачі завдання: «09» березня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	09.03.2026– 27.03.2026	Виконано
2	Характеристика місця проведення досліджень	30.03.2026– 10.04.2026	Виконано
3	Матеріали і методи досліджень	13.04.2026– 24.04.2026	Виконано
4	Отримання та аналіз результатів досліджень	27.04.2026– 22.05.2026	Виконано
5	Охорона праці	25.05.2026– 29.05.2026	Виконано
6	Оформлення роботи	01.06.2026– 13.06.2026	Виконано

Здобувач

(підпис)

Олеся ТИЩЕНКО

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Таміла АНАНЬЄВА

(Ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Вступ; 1 Огляд літератури; 2 Місце проведення досліджень; 3 Методика і матеріали; 4 Результати досліджень; 5 Охорона праці; Висновки; Список використаної літератури. Повний обсяг роботи – 92 сторінок друкованого тексту, 7 рисунків, 2 таблиці. Список використаної літератури містить 21 найменування.

Мета дослідження – теоретичне обґрунтування, комплексний аналіз функціонування діючої системи екологічного управління радіаційними об'єктами АТ «НАЕК "Енергоатом"» (на прикладі ВП «Аварійно-технічний центр») та розробка науково обґрунтованих рекомендацій щодо її удосконалення.

Об'єкт дослідження – процес управління екологічними аспектами діяльності радіаційних об'єктів компанії АТ «НАЕК "Енергоатом"» в умовах сучасних техногенних та безпекових викликів.

Предмет дослідження – нормативно-правові, організаційні, методичні та технічні підходи щодо оптимізації системи екологічного управління на підприємствах атомної енергетики.

Основними завданнями дослідження є:

1. Вивчити структуру та специфіку виробничої діяльності АТ «НАЕК "Енергоатом"» і його радіаційних об'єктів.
2. Охарактеризувати загальні відомості та функції ВП «Аварійно-технічний центр» як бази проведення досліджень.
3. Проаналізувати стан дотримання екологічного законодавства та функціонування системи екологічного управління відповідно до міжнародного стандарту ISO 14001.
4. Здійснити комплексний аналіз впливу виробничої діяльності підприємства на довкілля (радіаційний стан, атмосферне повітря, водні ресурси, управління відходами).

5. Розробити практичні рекомендації та шляхи удосконалення системи екологічного управління радіаційних об'єктів компанії.

Методи, які застосовувалися: метод порівняльно-правового аналізу, метод екологічного аудиту документації, метод інституційного моніторингу звітності, статистичні та графічні методи, метод екологічного експертного оцінювання та прогнозування.

Ключові слова: ЕКОЛОГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ, НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ», РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА, АВАРІЙНО-ТЕХНІЧНИЙ ЦЕНТР, ISO 14001, ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ, РАДІОАКТИВНІ ВІДХОДИ, АСКРО, ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	10
1.1 Акціонерне товариство "НАЕК "Енергоатом": задачі, діяльність, структура	10
1.2 Радіаційні об'єкти НАЕК "Енергоатом"	15
1.2.1 Запорізька атомна електростанція	15
1.2.2 Південноукраїнська атомна електростанція	22
1.2.3 Хмельницька атомна електростанція	26
1.2.4 Рівненська атомна електростанція	31
2 МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
2.1 Відокремлений підрозділ «Аварійно-технічний центр» – загальні відомості	36
2.2 Основні напрями діяльності та функції підрозділу	39
3 МЕТОДИКА І МАТЕРІАЛИ	42
3.1 Дотримання екологічного законодавства у сфері природоохоронної діяльності	42
3.2 Функціонування системи екологічного управління відповідно до міжнародних стандартів	47
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	54
4.1 Аналіз впливу на довкілля, спричинений виробництвом електричної енергії	54
4.1.1 Радіаційний стан довкілля	57
4.1.2 Охорона атмосферного повітря	62
4.1.3 Охорона водних ресурсів	67
4.1.4 Управління відходами	72
4.2 Шляхи удосконалення системи екологічного управління діяльністю радіаційних об'єктів	78
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	84
ПРОПОЗИЦІЇ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ДІЯЛЬНІСТЮ РАДІАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ	87
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	91

ВСТУП

Забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку є одним з основних пріоритетів сучасної енергетичної стратегії України. Важливу роль у цьому процесі відіграє атомна енергетика, яка виробляє більше половини всієї електроенергії в країні. Акціонерне товариство «Національна атомна енергогенеруюча компанія "Енергоатом"» керує чотирма працюючими атомними електростанціями (Запорізькою, Південноукраїнською, Хмельницькою та Рівненською), які вважаються радіаційними об'єктами та підприємствами з підвищеним екологічним ризиком.

Функціонування атомних станцій вимагає постійного контролю не тільки за ядерною безпекою, але й за впливом техногенних факторів на навколишнє середовище. Це включає спостереження за радіаційним фоном довкілля, захист повітря від хімічних викидів з резервних джерел, зменшення впливу на водні ресурси через теплове та хімічне забруднення, а також ефективне управління окремими видами відходів.

У сучасних умовах, що супроводжуються безпрецедентними викликами у сфері геополітики та військової сфери, виникає нагальна потреба в оновленні наявних підходів до екологічного управління. Ефективно реагувати на ці виклики неможливо без хорошої координації з службами, які займаються кризовими ситуаціями та аваріями. Важливу роль у підготовці до ліквідації наслідків можливих надзвичайних ситуацій відіграє Відокремлений підрозділ «Аварійно-технічний центр АТ НАЕК "Енергоатом"», який забезпечує матеріально-технічну та організаційну основу для швидкого реагування.

Впровадження та постійне покращення системи екологічного управління (СЕУ) відповідно до національних природоохоронних законів і міжнародних стандартів серії ISO 14001 [1, 4, 9] є ефективним способом зменшення екологічних ризиків. Але швидкі зміни в законодавстві, впровадження європейських екологічних норм і необхідність підвищення

стійкості радіаційних об'єктів роблять важливим пошук нових шляхів і методів покращення екологічного менеджменту НАЕК "Енергоатом".

Мета цього дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні та детальному аналізі роботи існуючої системи екологічного управління радіаційними об'єктами АТ «НАЕК "Енергоатом"», зокрема на прикладі ВП «Аварійно-технічний центр». Також планується розробка науково обґрунтованих рекомендацій для її покращення, щоб зменшити техногенний вплив на довкілля та підвищити рівень екологічної безпеки.

Щоб досягти поставленої мети, потрібно вирішити такі завдання:

1. Вивчити структуру, завдання та особливості роботи АТ «НАЕК "Енергоатом"» і його основних радіаційних об'єктів: Запорізька АЕС, Південноукраїнська АЕС, Хмельницька АЕС, Рівненська АЕС.

2. Описати загальні дані, основні напрямки роботи та функції ВП «Аварійно-технічний центр» як місця проведення досліджень.

3. Вивчити дотримання на підприємстві екологічних законів у сфері охорони природи та оцінити функціонування системи екологічного управління відповідно до міжнародних стандартів.

4. Провести всебічний аналіз впливу діяльності компанії на навколишнє середовище. Зокрема, оцінити радіаційний стан довкілля, рівень захисту атмосферного повітря та водних ресурсів, а також систему управління відходами.

5. Запропонувати можливі шляхи покращення системи екологічного управління на радіаційних об'єктах компанії.

Об'єкт дослідження – це процес управління екологічними аспектами роботи радіаційних об'єктів компанії АТ «НАЕК "Енергоатом"» у нинішніх умовах техногенних викликів і проблем безпеки.

Предметом дослідження є правила, організаційні структури, методи та технічні рішення, які сприяють покращенню та підвищенню ефективності системи екологічного управління на підприємствах, що займаються атомною енергетикою, а також у кризових підрозділах.

Дослідження проводилось у Відокремленому підрозділі «Аварійно-технічний центр» АТ «НАЕК "Енергоатом"».

Методи дослідження: системно-структурний та порівняльний аналіз (щоб вивчити нормативну базу та структуру СЕУ); статистичні та графічні методи (для обробки даних моніторингу викидів, скидів та радіаційного стану); метод екологічного експертного оцінювання та прогнозування (для створення рекомендацій щодо поліпшення управління).

Пропозиції та рекомендації, які було сформульовано в цій роботі, можуть бути використані екологічними службами АТ «НАЕК "Енергоатом"» та ВП «Аварійно-технічний центр». Це допоможе оптимізувати процедури моніторингу, підвищити екологічну прозорість діяльності радіаційних об'єктів і зменшити ризики виникнення надзвичайних екологічних ситуацій.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Акціонерне товариство "НАЕК "Енергоатом": задачі, діяльність, структура

Акціонерне товариство «Національна атомна енергогенеруюча компанія "Енергоатом"» (АТ «НАЕК "Енергоатом"») є важливою компанією в енергетичній сфері України та одним із основних елементів, що допомагає країні бути енергетично незалежною [5]. Компанія грає важливу роль у роботі національної економіки, адже атомна енергетика забезпечує велику частину стабільного постачання електроенергії для країни. Завдяки своїй діяльності АТ «НАЕК "Енергоатом"» не тільки забезпечує безперебійне виробництво електричної енергії, а й допомагає зміцнити економічну безпеку, розвивати промисловість і підтримувати важливу інфраструктуру України.

Компанію створили у 1996 році шляхом об'єднання українських атомних електростанцій і спеціалізованих підприємств у сфері ядерної енергетики в одну централізовану структуру. Головною метою цього об'єднання було покращення управління ядерною енергетикою, забезпечення належного рівня ядерної та радіаційної безпеки, а також координація виробничої і науково-технічної діяльності. Протягом багатьох років компанія залишалася державною, а у січні 2024 року, відповідно до Закону України «Про акціонерне товариство «Національна атомна енергогенеруюча компанія "Енергоатом"», завершила процес корпоратизації.^[5] Після цього підприємство офіційно стало акціонерним товариством, 100% акцій якого належать державі через Кабінет Міністрів України та не можуть бути приватизовані. Така організаційна форма управління спрямована на підвищення прозорості роботи компанії, поліпшення корпоративного управління та відповідність міжнародним стандартам у сфері енергетики. АТ «НАЕК "Енергоатом"» є єдиним оператором усіх діючих атомних

електростанцій України та здійснює повний комплекс заходів, пов'язаних із виробництвом електричної енергії на атомних енергоблоках. До початку повномасштабного вторгнення та тимчасової окупації частини українських територій компанія експлуатувала 15 атомних енергоблоків із загальною встановленою потужністю 13 835 МВт. Це дозволяло забезпечувати понад половину всієї електроенергії, що вироблялася в Україні, роблячи атомну генерацію основою національної енергосистеми. Навіть в умовах воєнного стану та підвищених ризиків для критичної інфраструктури компанія продовжує виконувати свої функції, підтримуючи стабільність енергопостачання держави.

Одним із найважливіших напрямів діяльності АТ «НАЕК "Енергоатом"» є забезпечення безпечної експлуатації ядерних установок. Компанія здійснює свою діяльність відповідно до законодавства України, міжнародних норм і рекомендацій Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) [2, 11] Особлива увага приділяється дотриманню вимог ядерної, радіаційної та екологічної безпеки, оскільки будь-які порушення у сфері атомної енергетики можуть мати масштабні наслідки для населення та навколишнього середовища. Саме тому підприємство постійно вдосконалює системи контролю, модернізує обладнання та проводить навчання персоналу з питань безпеки.

Основними завданнями компанії є забезпечення надійної, стабільної та ефективної роботи енергоблоків атомних електростанцій. Важливо також, щоб електрична та теплова енергія вироблялася без перерв, щоб задовольнити потреби людей, промислових підприємств, транспортної інфраструктури та соціальної сфери. Крім того, компанія зосереджується на підвищенні культури безпеки серед працівників, впровадженні сучасних методів управління та розвитку систем екологічного менеджменту відповідно до міжнародного стандарту ISO 14001:2015.

Важливе місце у діяльності АТ «НАЕК "Енергоатом"» займає система управління радіоактивними відходами та використаним ядерним паливом, яка є одним із ключових елементів забезпечення ядерної та екологічної

безпеки держави. Компанія здійснює комплекс заходів, спрямованих на безпечне зберігання, транспортування, переробку та контроль за поводженням із радіоактивними матеріалами відповідно до вимог міжнародного законодавства, екологічних норм і стандартів Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ). Для реалізації цих завдань в Україні створюються та модернізуються спеціалізовані інфраструктурні об'єкти, серед яких особливе значення має Централізоване сховище використаного ядерного палива. Функціонування цього об'єкта дозволяє суттєво скоротити залежність України від іноземних послуг у сфері зберігання та переробки ядерного палива, що, у свою чергу, сприяє зміцненню енергетичної незалежності держави, підвищенню рівня національної безпеки та зниженню витрат на транспортування відпрацьованого палива за кордон. Одночасно компанія приділяє значну увагу підтриманню високого рівня аварійної готовності на всіх об'єктах атомної енергетики. На електростанціях та допоміжних підприємствах постійно здійснюється контроль технічного стану обладнання, проводяться профілактичні перевірки, модернізація систем безпеки та комплексні навчання для персоналу. Працівники регулярно проходять спеціальну підготовку й відпрацьовують алгоритми дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного чи воєнного характеру. Особливу роль у цій системі відіграють спеціалізовані аварійно-технічні підрозділи, які забезпечують оперативне реагування на можливі інциденти, локалізацію аварій, мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище та захист населення від потенційних радіаційних ризиків. Загалом напрями діяльності АТ «НАЕК "Енергоатом"» є надзвичайно широкими та охоплюють не лише виробництво електроенергії, а й реалізацію численних технічних, наукових, інженерних, екологічних та міжнародних проєктів. Одним із пріоритетних напрямів роботи компанії є генерація електроенергії на атомних електростанціях, що забезпечує стабільне функціонування енергосистеми України та покриття значної частини потреб населення й промисловості. Крім того, компанія здійснює управління гідроенергетичними об'єктами, зокрема Ташлицькою

гідроакумулювальною електростанцією та Олександрівською гідроелектростанцією, робота яких має важливе значення для балансування енергосистеми, регулювання навантаження в пікові години споживання електроенергії та підвищення загальної ефективності функціонування енергетичного сектору України.

Важлива увага приділяється екологічному управлінню та контролю за станом довкілля. Компанія постійно проводить перевірки радіаційної, хімічної та екологічної безпеки в захисних зонах і зонах спостереження навколо атомних електростанцій та інших небезпечних об'єктів. Результати цих досліджень дозволяють швидко оцінювати, як діяльність атомної енергетики впливає на навколишнє середовище, і забезпечують дотримання екологічних норм.

Інвестиційно-будівельна діяльність компанії спрямована на покращення та розвиток енергетичної інфраструктури. Зокрема, реалізуються проєкти, які передбачають продовження термінів роботи існуючих енергоблоків, підвищення їхньої потужності та ефективності, а також будівництво нових енергетичних об'єктів. У майбутньому це має допомогти зміцнити енергетичну безпеку країни і забезпечити стабільну роботу енергосистеми України.

В міжнародній діяльності АТ «НАЕК "Енергоатом"» важливу роль відіграє співпраця з іншими країнами. Компанія активно працює з МАГАТЕ, Європейським співтовариством з атомної енергії (Євратомом), Всесвітньою асоціацією операторів атомних електростанцій (WANO) та іншими міжнародними організаціями. Ця співпраця допомагає впроваджувати нові технології, обмінюватися досвідом, покращувати системи безпеки та інтегрувати Україну в європейську енергетичну сферу. Після того, як компанія стала акціонерним товариством, її управління стало двоступеневим. Найвищим органом управління є Загальні збори акціонерів, які виконують функції Кабінету Міністрів України. Контроль за роботою підприємства та стратегічне управління здійснює Наглядова рада, до якої входять представники держави та незалежні директори. Безпосереднє оперативне

керівництво компанією виконує Правління, яке відповідає за реалізацію виробничих, фінансових та організаційних рішень.

Організаційна структура АТ «НАЕК "Енергоатом"» складається з центральної дирекції, яка знаходиться в Києві, а також кількох відокремлених підрозділів і спеціалізованих філій (рис.1). Головний виробничий потенціал компанії зосереджений на чотирьох атомних електростанціях: ВП «Запорізька АЕС», ВП «Південноукраїнська АЕС», ВП «Рівненська АЕС» та ВП «Хмельницька АЕС». Кожна з цих станцій виконує важливу роль у задоволенні енергетичних потреб окремих регіонів і всієї країни в цілому.

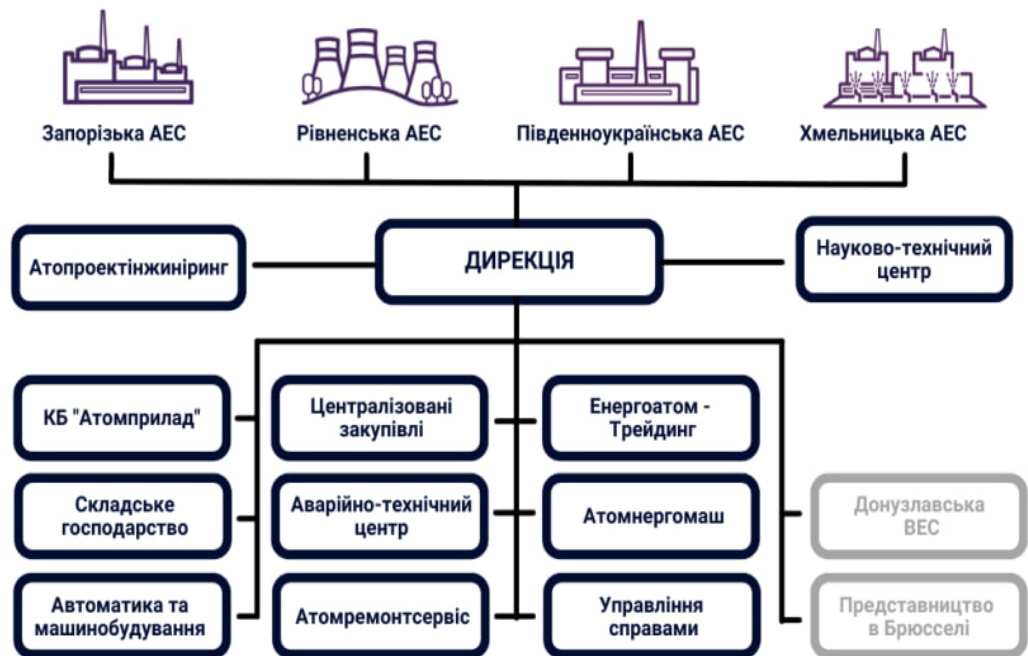


Рисунок 1 - Схема організаційної структури управління АТ «НАЕК "Енергоатом"»

Для стабільної роботи атомних електростанцій у компанії є спеціалізовані підрозділи, такі як ВП «Атомремонтсервіс», ВП «Атомпроектінжиніринг», ВП «Складське господарство» та ВП «Аварійно-технічний центр». Особливо важливим є аварійно-технічний центр, який відповідає за швидке технічне реагування, усунення наслідків аварій та виконання спеціальних робіт у випадках надзвичайних ситуацій. Робота

цього підрозділу є ключовою частиною загальної системи безпеки атомної енергетики України і допомагає зменшити можливі екологічні та техногенні ризики. [13]

1.2 Радіаційні об'єкти НАЕК "Енергоатом"

Основу виробничого потенціалу АТ «НАЕК "Енергоатом"» становлять чотири атомні електростанції, які забезпечують значну частину потреб України в електричній енергії та відіграють стратегічну роль у функціонуванні національної енергосистеми. Кожна з атомних електростанцій має власні технічні, природно-кліматичні та екологічні особливості, що визначають специфіку їх експлуатації, систем екологічного контролю та заходів із забезпечення ядерної й радіаційної безпеки. Експлуатація атомних енергоблоків супроводжується потенційними ризиками впливу на навколишнє природне середовище, зокрема можливими радіаційними, тепловими, хімічними та техногенними навантаженнями. Саме тому для кожної АЕС впроваджуються спеціалізовані системи екологічного менеджменту, що враховують регіональні природні умови, особливості водних ресурсів, характеристики ґрунтів, кліматичні фактори та густоту населення прилеглих територій. Важливою складовою діяльності всіх станцій є постійний моніторинг стану атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, рослинності та рівня радіаційного фону. Крім того, атомні електростанції України перебувають під постійним контролем національних регуляторних органів та міжнародних організацій, зокрема МАГАТЕ, що забезпечує відповідність їх діяльності міжнародним стандартам ядерної та екологічної безпеки [1, 2].

1.2.1 Запорізька атомна електростанція

Запорізька атомна електростанція (ЗАЕС) є не лише найбільшим ядерно-енергетичним об'єктом України, але й найпотужнішою атомною

електростанцією Європи, що робить її одним із ключових елементів енергетичної, техногенної та екологічної безпеки держави (рис. 2)

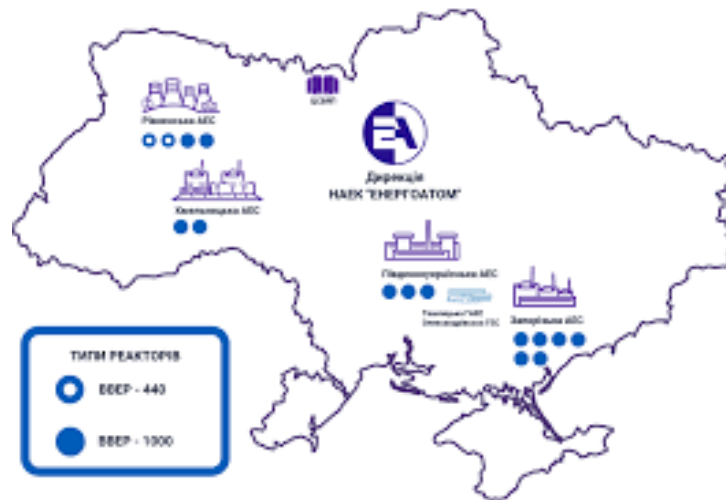


Рисунок 2 - Карта-схема розташування радіаційних об'єктів

Станція розташована у Запорізькій області поблизу міста Енергодар, на лівому березі колишнього Каховського водосховища, яке тривалий час виконувало критично важливу функцію джерела технічного водопостачання для охолодження реакторних установок та допоміжного обладнання. Будівництво станції стало частиною масштабної програми розвитку атомної енергетики, реалізованої наприкінці 1970-х років, коли стрімке зростання промислового виробництва вимагало створення нових високопотужних джерел генерації електроенергії. Будівництво першого енергоблока розпочалося у 1980 році, а вже у 1984 році він був введений в експлуатацію. Упродовж 1984–1989 років на станції послідовно вводилися в роботу нові енергоблоки, що дозволило сформувати унікальний енергетичний комплекс із шести реакторних установок типу ВВЕР-1000. Завершення будівництва шостого енергоблока у 1995 році після скасування мораторію на будівництво атомних об'єктів в Україні остаточно закріпило за ЗАЕС статус стратегічного об'єкта національного значення. У період повноцінної експлуатації станція виробляла близько п'ятої частини всієї електроенергії України, забезпечуючи стабільність функціонування Об'єднаної енергосистеми держави та підтримуючи роботу промисловості, транспорту, комунального господарства та об'єктів критичної інфраструктури. [10, 15]

Технічна структура Запорізької АЕС базується на шести енергоблоках із реакторами ВВЕР-1000 модифікації В-320, які належать до водо-водяних енергетичних реакторів корпусного типу на теплових нейтронах. Кожен енергоблок оснащений потужними системами безпеки, системами аварійного охолодження активної зони, багаторівневими бар'єрами локалізації радіоактивних речовин та автоматизованими комплексами контролю параметрів роботи реакторної установки. Турбінне обладнання представлене однотипними паротурбінними установками К-1000-60/1500 у поєднанні з генераторами ТВВ-1000, що забезпечувало високий рівень уніфікації обладнання, спрощувало процеси ремонту, модернізації та технічного обслуговування, а також дозволяло стандартизувати систему виробничого екологічного контролю. Саме технічна уніфікація станції створила передумови для формування комплексної системи екологічного управління, яка охоплювала контроль стану атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, біоти та рівнів радіаційного впливу в межах санітарно-захисної зони та зони спостереження.

Особливу роль у функціонуванні ЗАЕС відіграє система технічного водопостачання, оскільки реактори типу ВВЕР-1000 потребують постійного та безперервного охолодження (рис. 3). Для забезпечення стабільної роботи енергоблоків на станції була створена оборотна система технічного водопостачання із використанням штучного ставу-охолоджувача площею близько 47 км² та об'ємом понад 120 млн м³. Водойма була ізольована від Каховського водосховища спеціальною захисною дамбою, що дозволяло підтримувати необхідний температурний режим та забезпечувати циркуляцію охолоджувальної води. Для підвищення ефективності теплообміну використовувалися бризкальні басейни та блочні градирні, які сприяли зниженню температури циркуляційної води перед її повторним використанням. Проте експлуатація такої масштабної системи водоохолодження супроводжувалася значним антропогенним навантаженням на навколишнє середовище. Одним із основних екологічних викликів було теплове забруднення водойм, що призводило до зміни гідробіологічного

режиму, прискорення процесів евтрофікації, інтенсивного розвитку синьо-зелених водоростей та зменшення вмісту кисню у воді. Крім того, значні обсяги випаровування сприяли підвищенню мінералізації води та накопиченню солей у системі охолодження [14, 18].

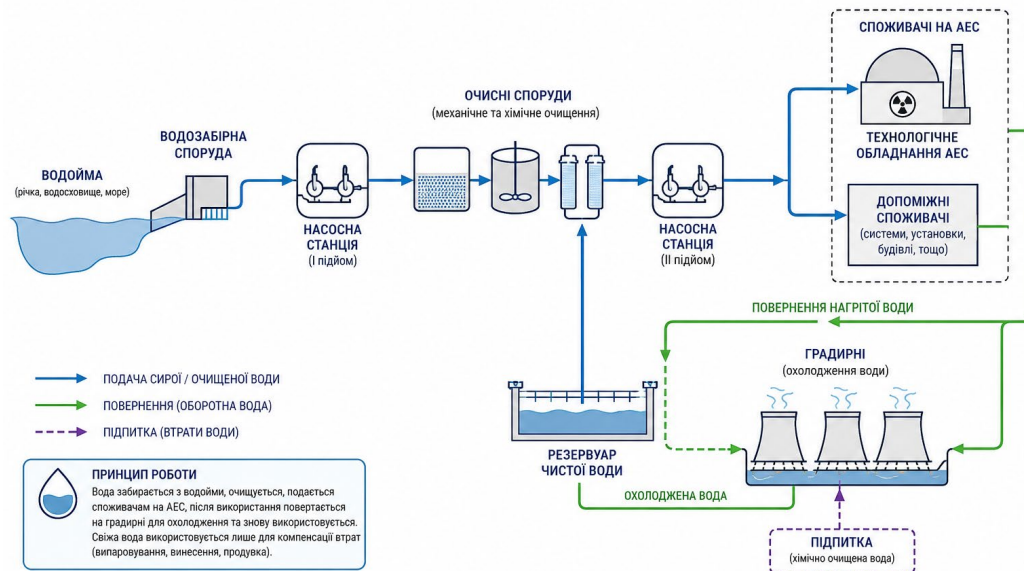


Рисунок 3 - Принципова схема оборотної системи технічного водопостачання АЕС

Саме тому на ЗАЕС була сформована багаторівнева система екологічного управління, яка включала постійний гідрохімічний, гідробіологічний та радіаційний моніторинг водних ресурсів. У межах цієї системи здійснювався регулярний контроль температури води, рівня мінералізації, концентрації біогенних речовин, показників кислотності, вмісту важких металів та радіонуклідів. Значна увага приділялася біомеліоративним заходам, спрямованим на підтримання екологічної рівноваги у ставі-охолоджувачі. Для природного очищення водойми від надлишкової рослинності та водоростей проводилося зариблення білим амуром, товстолобиком та іншими видами риб-меліораторів. Додатково здійснювалися роботи з очищення гідротехнічних споруд від молюсків і біологічних обростань, які могли впливати на ефективність роботи систем охолодження. Система екологічного менеджменту станції була інтегрована у міжнародні стандарти управління довкіллям, зокрема ISO 14001, що передбачало впровадження принципів постійного удосконалення екологічної

політики, оцінки екологічних ризиків та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Після руйнування греблі Каховської ГЕС у червні 2023 року екологічна ситуація навколо ЗАЕС зазнала кардинальних змін. Різке зниження рівня води у Каховському водосховищі призвело до осушення підвідних каналів та створило безпрецедентну загрозу для стабільності системи охолодження станції. У нових умовах екологічне управління стало одним із найважливіших напрямів забезпечення безпеки об'єкта. Інженерним службам вдалося зберегти технологічно необхідний рівень води у ставі-охолоджувачі завдяки його ізольованості, однак подальше функціонування системи вимагало впровадження альтернативних рішень щодо забезпечення водними ресурсами. Для підтримання роботи бризкальних басейнів та охолоджувальних систем почали використовуватися підземні свердловини, дренажні канали, мобільні насосні станції та резервні системи подачі води. Це суттєво ускладнило систему екологічного моніторингу, оскільки виникла необхідність контролю не лише радіаційних параметрів, але й стану ґрунтових вод, рівня засолення територій, деградації донних відкладень та ризиків руйнування гідротехнічних конструкцій. У сучасних умовах екологічне управління ЗАЕС передбачає застосування предиктивних моделей прогнозування змін гідрологічного режиму та оцінки довгострокових екологічних наслідків дефіциту водних ресурсів [11, 16].

Надзвичайно важливим елементом системи екологічної безпеки станції є поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами. Запорізька АЕС стала першою атомною електростанцією України, яка впровадила автономну систему довгострокового зберігання використаного ядерного палива безпосередньо на власному майданчику. Із 2001 року на території станції функціонує Сухе сховище відпрацьованого ядерного палива, де використовуються високоміцні вентильовані бетонні контейнери із багаторівневою системою захисту. Перевагою цієї технології є використання пасивного повітряного охолодження, що дозволяє мінімізувати споживання водних ресурсів та електроенергії. Разом із тим функціонування

ССВЯП потребує постійного автоматизованого радіаційного моніторингу, контролю потужності гамма-випромінювання, щільності нейтронного потоку та стану бетонних конструкцій. У межах системи екологічного управління особлива увага приділяється попередженню можливого забруднення ґрунтів, атмосферного повітря та водних ресурсів радіонуклідами [3, 12].

Комплекс поводження з радіоактивними відходами на ЗАЕС включає установки для пресування, сортування, спалювання та цементування радіоактивних матеріалів (рис. 4). Тверді відходи проходять процедури зменшення фізичного об'єму, що дозволяє оптимізувати процес їх зберігання, тоді як рідкі радіоактивні залишки переводяться у стабільну тверду матрицю шляхом цементування. Усі технологічні операції здійснюються під суворим дозиметричним контролем та супроводжуються системами фільтрації й очищення викидів. Додатково проводиться постійний екологічний моніторинг стану повітря, ґрунтів і підземних вод у межах промислового майданчика та санітарно-захисної зони.



Рисунок 4 - Блок-схема технологічного циклу поводження з радіоактивними відходами

Ключову роль у забезпеченні екологічної безпеки станції відіграє автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО), яка є одним із найважливіших елементів кризового екологічного моніторингу. Мережа датчиків, розташованих у 30-кілометровій зоні спостереження, у

режимі реального часу фіксує рівні гамма-фону, параметри атмосферного повітря, метеорологічні показники та активність газоаерозольних викидів. Отримані дані використовуються для моделювання можливого поширення радіоактивних речовин у разі аварійних ситуацій та оцінки потенційного впливу на населення і довкілля. Особливого значення система АСКРО набула після початку військової окупації ЗАЕС у березні 2022 року, коли ядерний об'єкт опинився в умовах постійної загрози зовнішнього втручання, пошкодження інфраструктури та порушення штатних режимів роботи.

На сучасному етапі екологічний стан ЗАЕС характеризується високим рівнем ризиків, пов'язаних із воєнними діями, можливістю втрати зовнішнього електропостачання, деградацією обладнання та обмеженим доступом міжнародних організацій до повної інформації про стан систем безпеки. Усі шість енергоблоків переведені у стан «холодного зупину», що дозволяє мінімізувати тепловиділення реакторів та зменшити ризики розплавлення активної зони. Однак навіть у такому режимі необхідним залишається постійне охолодження реакторів і басейнів витримки, а отже — стабільна робота систем технічного водопостачання та аварійного енергоживлення. У разі пошкодження високовольтних ліній електропередачі станція змушена покладатися на аварійні дизель-генератори, використання яких супроводжується додатковими хімічними викидами в атмосферу та ризиками дефіциту пального. Через порушення логістики постачання запасних частин і нестачу кваліфікованого персоналу зростає ймовірність відмов критично важливих систем екологічного контролю та радіаційного моніторингу. Саме тому в умовах сучасної кризи особливого значення набуває діяльність Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр», який відповідає за розгортання мобільних систем радіаційної розвідки, проведення дезактиваційних робіт, організацію кризового екологічного моніторингу та координацію заходів реагування у випадку виникнення масштабної транскордонної радіаційної аварії.

1.2.2 Південноукраїнська атомна електростанція

Південноукраїнська атомна електростанція (ПАЕС) є одним із найважливіших енергетичних об'єктів України та ключовим центром виробництва електроенергії у південному регіоні держави. Станція розташована на лівому березі річки Південний Буг у межах міста Южноукраїнськ Миколаївської області. Її географічне розташування має стратегічне значення, оскільки забезпечує стабільне енергопостачання південних областей України та підтримує функціонування промислових, транспортних і соціально важливих об'єктів. Будівництво Південноукраїнської АЕС розпочалося у 1975 році в межах масштабної державної програми розвитку атомної енергетики, яка передбачала створення потужних генеруючих центрів для забезпечення зростаючих потреб економіки у електроенергії. Перший енергоблок був введений в експлуатацію у 1982 році, другий – у 1985 році, а третій – у 1989 році. Усі три енергоблоки оснащені реакторними установками типу ВВЕР-1000, які належать до вододіафрагмованих енергетичних реакторів корпусного типу на теплових нейтронах. Загальна встановлена електрична потужність ядерного сегмента ПАЕС становить 3000 МВт, що робить її одним із найпотужніших енергогенеруючих підприємств України.^{ЩВД}

Особливістю Південноукраїнської АЕС є те, що вона функціонує не як окремий енергетичний об'єкт, а як центральна складова Південноукраїнського енергетичного комплексу (ПУЕК), до складу якого, крім атомної електростанції, входять Олександрівська гідроелектростанція та Ташлицька гідроакумулююча електростанція. Така інтегрована структура створює унікальний енергетичний вузол, у межах якого поєднуються різні типи генерації електроенергії – атомна, гідроенергетична та гідроакумулююча. Завдяки цьому ПУЕК забезпечує не лише базове виробництво електроенергії, а й можливість оперативного маневрування потужностями для покриття пікових навантажень в Об'єднаній енергетичній системі України. Водночас така складна конфігурація формує багаторівневий

екологічний вплив на довкілля, оскільки функціонування різних типів енергетичних об'єктів безпосередньо пов'язане зі зміною гідрологічного режиму річки Південний Буг, тепловим навантаженням на водні ресурси, впливом на біорізноманіття та трансформацією природних ландшафтів. Саме тому система екологічного управління ПАЕС є комплексною та інтегрованою, охоплюючи не лише саму атомну станцію, але й усі гідротехнічні об'єкти Південноукраїнського енергокомплексу.

Однією з найважливіших екологічних проблем, що визначає специфіку роботи Південноукраїнської АЕС, є дефіцит водних ресурсів. Басейн річки Південний Буг належить до маловодних регіонів України та характеризується нестабільним гідрологічним режимом, особливо в умовах зміни клімату, тривалих посушливих періодів та високих літніх температур. Для забезпечення роботи систем охолодження енергоблоків використовується Ташлицьке водосховище, створене в балці Ташлик та інтегроване у систему технічного водопостачання ПАЕС. У літній період, коли температура повітря та води значно підвищується, виникає проблема теплового забруднення водойми. Нагрівання циркуляційної води призводить до погіршення ефективності теплообміну, зниження коефіцієнта корисної дії турбін та необхідності обмеження потужності енергоблоків для недопущення перевищення встановлених екологічних нормативів щодо температури води у водоймі-охолоджувачі. У деякі періоди рівень зниження потужності енергоблоків може становити 30–40 % від номінального, що безпосередньо впливає на ефективність роботи енергосистеми України.

У зв'язку з цим система екологічного управління ПАЕС приділяє особливу увагу модернізації систем технічного водопостачання та мінімізації негативного впливу на водні ресурси. На станції реалізується масштабний екологічно орієнтований проєкт реконструкції системи охолодження, який передбачає введення в експлуатацію п'яти бризкальних басейнів, нової насосної станції та комплексу струмененапрямних споруд у Ташлицькому водосховищі. Це інженерне рішення дозволяє знижувати температуру циркуляційної води на 7–8°C у найбільш спекотні періоди року, скорочувати

обсяги випаровування та зменшувати водозабір із річки Південний Буг. Таким чином, система екологічного менеджменту ПАЕС спрямована не лише на забезпечення стабільної роботи енергоблоків, але й на збереження водних ресурсів регіону та недопущення деградації гідроекосистем.

Важливою складовою екологічного управління Південноукраїнської АЕС є постійний моніторинг стану навколишнього середовища. На підприємстві функціонує багаторівнева система екологічного контролю, яка включає радіаційний, гідрохімічний, атмосферний та біологічний моніторинг. Регулярно здійснюються вимірювання радіаційного фону, температури води, концентрації хімічних речовин, рівня мінералізації, вмісту важких металів та показників стану атмосферного повітря. Особливе значення має контроль впливу діяльності станції на біорізноманіття, оскільки ПАЕС розташована поблизу об'єктів природно-заповідного фонду, зокрема Національного природного парку «Бузький Гард». Ця територія є унікальним природним та історичним комплексом, де зосереджені рідкісні види флори й фауни, а також цінні природні ландшафти. Саме тому екологічне управління станції суворо регламентує рівні води в Олександрівському водосховищі та контролює режими роботи гідротехнічних споруд для недопущення затоплення історичних територій та порушення природного балансу екосистеми Південного Бугу.

Важливим напрямом діяльності ПАЕС є управління ядерним паливом та забезпечення енергетичної незалежності України шляхом диверсифікації джерел постачання палива. Саме Південноукраїнська АЕС стала одним із перших майданчиків в Україні, де було реалізовано програму переходу на використання тепловиділяючих збірок компанії Westinghouse. Особливе значення це мало для енергоблока № 3, який став першим українським блоком із повним завантаженням альтернативного ядерного палива. Реалізація цієї програми стала важливим кроком до зменшення залежності України від російських постачальників ядерного палива та підвищення рівня енергетичної безпеки держави. Крім економічного та політичного значення, диверсифікація палива мала також екологічний аспект, оскільки забезпечила

можливість впровадження новітніх технологій контролю стану паливних збірок, підвищення ефективності їх використання та вдосконалення систем ядерної безпеки. [2, 12]

На відміну від Запорізької АЕС, Південноукраїнська станція не має власного пристанційного сухого сховища відпрацьованого ядерного палива. У минулі роки використане паливо вивозилося для тимчасового зберігання та переробки до Російської Федерації, що створювало значні фінансові, логістичні та екологічні ризики. На сучасному етапі система екологічного управління ПАЕС адаптована до нової моделі поводження з відпрацьованим ядерним паливом, відповідно до якої транспортування ВЯП здійснюється до Централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива, розташованого у зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Для цього використовуються сучасні двоцільові контейнери технології Holtec International, які забезпечують високий рівень герметичності, механічного захисту та радіаційної безпеки під час транспортування територією України. Усі процеси перевезення супроводжуються суворим дозиметричним контролем та багаторівневою системою екологічного моніторингу.

Із початком повномасштабної військової агресії Російської Федерації екологічна та ядерна безпека Південноукраїнської АЕС опинилася під загрозою нового типу ризиків, пов'язаних із можливістю зовнішнього кінетичного ураження енергетичної інфраструктури. У вересні 2022 року російська ракета вибухнула приблизно за 300 метрів від ядерних реакторів станції, що спричинило пошкодження будівель комплексу та обладнання Олександрівської ГЕС. Цей інцидент продемонстрував безпрецедентний рівень загроз для об'єктів атомної енергетики та став підставою для перегляду підходів до оцінки екологічних і техногенних ризиків [6, 11].

У сучасних умовах система екологічного управління ПАЕС змушена адаптуватися до нових викликів воєнного часу. Основна увага приділяється забезпеченню автономності систем радіаційного та хімічного моніторингу на випадок тривалих блекаутів, захисту резервних дизель-генераторів і запасів паливно-мастильних матеріалів, а також підтриманню безперервної роботи

систем охолодження реакторів у разі втрати зовнішнього енергоживлення. Особливого значення набуває координація дій із Відокремленим підрозділом «Аварійно-технічний центр», який відповідає за підготовку сценаріїв аварійного реагування, розгортання мобільних систем радіаційної розвідки та організацію заходів цивільного захисту в умовах руйнування інфраструктури.

Ключовим елементом екологічної безпеки станції залишається автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО), яка у режимі реального часу здійснює моніторинг рівнів радіаційного фону, параметрів атмосферного повітря, активності газоаерозольних викидів та метеорологічних показників. Дані АСКРО безперервно передаються до кризових центрів Державної інспекції ядерного регулювання України та АТ «НАЕК "Енергоатом"», забезпечуючи оперативне реагування на можливі зміни радіаційної ситуації та своєчасне інформування населення південного регіону України. У сучасних умовах воєнного стану система екологічного управління Південноукраїнської АЕС фактично стала не лише інструментом контролю за впливом підприємства на довкілля, але й одним із ключових елементів забезпечення національної екологічної та радіаційної безпеки України.

1.2.3 Хмельницька атомна електростанція

Хмельницька атомна електростанція (ХАЕС) є одним із найважливіших об'єктів атомної енергетики України та стратегічним елементом енергетичної безпеки держави, особливо для західного макрорегіону країни. Станція розташована у місті Нетішин, на межі Хмельницької та Рівненської областей, у межах басейну річки Горинь, що формує специфічні природно-гідрологічні умови функціонування підприємства. Географічне розташування ХАЕС має надзвичайно важливе значення не лише для внутрішньої енергосистеми України, але й для розвитку міжнародної енергетичної інтеграції, оскільки саме ця станція є одним із ключових об'єктів, орієнтованих на розширення

експорту української електроенергії до країн Європейського Союзу. На сьогодні на Хмельницькій АЕС експлуатуються два енергоблоки з водоядерними енергетичними реакторами типу ВВЕР-1000 модифікації В-320, сумарна встановлена електрична потужність яких становить 2000 МВт. Перший енергоблок був введений в експлуатацію у 1987 році, а другий блок, будівництво якого завершувалося вже після проголошення незалежності України, розпочав промислову експлуатацію у 2004 році. Саме введення другого енергоблока стало важливим етапом розвитку української атомної енергетики, адже продемонструвало спроможність держави самостійно завершувати складні енергетичні проєкти та модернізувати інфраструктуру відповідно до сучасних міжнародних вимог безпеки.

Хмельницька АЕС відіграє ключову роль у забезпеченні стабільного електропостачання західних областей України, а також є важливим інструментом підтримки енергетичної стабільності держави в умовах інтеграції до європейського енергетичного простору. Особливого значення станція набула після синхронізації Об'єднаної енергетичної системи України з європейською мережею ENTSO-E. У перспективі ХАЕС розглядається як один із головних центрів виробництва електроенергії для експорту до країн Європейського Союзу, зокрема через модернізацію та відновлення міждержавних ліній електропередачі, серед яких важливе місце займає напрямок «Хмельницька АЕС – Жешув». Така інтеграція не лише підсилює економічний потенціал України, але й сприяє підвищенню енергетичної незалежності Європи від викопних джерел енергії, що робить діяльність ХАЕС важливою складовою загальноєвропейської політики декарбонізації та розвитку низьковуглецевої енергетики.

Одним із найважливіших напрямів функціонування Хмельницької АЕС є система екологічного управління, яка охоплює всі аспекти виробничої діяльності станції та спрямована на мінімізацію впливу на довкілля. Особливу роль у цьому контексті відіграє система технічного водопостачання, що функціонує за оборотною схемою. Основним елементом системи є штучний став-охолоджувач площею близько 22 км², створений на

річці Гнилий Ріг, яка є притокою річки Горинь. Водойма виконує критично важливу функцію забезпечення охолодження технологічного обладнання та підтримання стабільного температурного режиму роботи енергоблоків. Експлуатація такого масштабного гідротехнічного об'єкта вимагає постійного екологічного контролю, оскільки навіть незначні зміни температурного чи хімічного режиму води можуть впливати на стан локальних екосистем та водних біоресурсів [10, 15].

Система екологічного менеджменту ХАЕС у сфері управління водними ресурсами вважається однією з найбільш розвинених серед українських атомних електростанцій. На станції функціонує комплексна програма моніторингу гідрологічного, гідрохімічного та біологічного стану ставу-охолоджувача. Регулярні дослідження, які проводить еколого-хімічна лабораторія підприємства, підтверджують стабільність якості води та ефективність природоохоронних заходів. За окремими показниками вода у ставі-охолоджувачі навіть характеризується вищою якістю, ніж вода річки Горинь у межах прилеглих територій. Система екологічного управління контролює рівень мінералізації, температуру води, вміст кисню, концентрацію біогенних речовин, показники кислотності, наявність важких металів та можливу присутність радіонуклідів. Важливим принципом діяльності ХАЕС є дотримання політики «нульових скидів» неочищених промислових вод у відкриті водойми. Це означає, що всі технологічні стоки проходять багаторівневу систему очищення та контролю перед повторним використанням або утилізацією, що суттєво знижує ризики негативного впливу на водні екосистеми регіону [4, 18].

Особлива увага в системі екологічного управління приділяється підтриманню балансу водних ресурсів. Вода, яка надходить до ставу-охолоджувача, компенсує природні втрати внаслідок випаровування та технологічного використання. У сучасних умовах зміни клімату, підвищення середньорічних температур та періодичних посушливих явищ питання ефективного управління водними ресурсами набуває дедалі більшого значення. Саме тому ХАЕС впроваджує сучасні методи прогнозування

гідрологічних змін, оцінки водного балансу та моделювання можливих екологічних ризиків, пов'язаних зі зміною кліматичних умов. Система екологічного менеджменту також включає заходи з контролю біологічного стану водойми, недопущення процесів евтрофікації та підтримання стабільного функціонування водної екосистеми.

Специфічною особливістю Хмельницької АЕС є її статус найбільшого перспективного майданчика розвитку атомної енергетики в Європі. Стратегічні плани розвитку підприємства передбачають добудову енергоблоків №3 та №4 із використанням уже наявних будівельних конструкцій, а також спорудження нових енергоблоків №5 та №6 за американською технологією AP1000 компанії Westinghouse. Реактори AP1000 належать до покоління III+ і характеризуються принципово новим рівнем ядерної та екологічної безпеки. Головною особливістю цих установок є використання пасивних систем безпеки, які здатні забезпечувати охолодження реактора навіть у випадку повної втрати зовнішнього електроживлення та без необхідності втручання оператора. У контексті сучасних викликів, пов'язаних із ризиками воєнних дій та можливими блекаутами, такі технології мають надзвичайно важливе значення для забезпечення стійкості атомної енергетики [4, 12].

Реалізація проєктів із розширення ХАЕС потребує проведення масштабної процедури Оцінки впливу на довкілля (ОВД), яка є одним із ключових інструментів сучасного екологічного управління. Система екологічного менеджменту станції здійснює комплексне моделювання потенційних змін у межах 30-кілометрової зони спостереження, включаючи аналіз радіоекологічних, кліматичних, гідрологічних, соціально-економічних та біологічних факторів. Особлива увага приділяється оцінці можливого впливу майбутніх енергоблоків на водні ресурси, атмосферне повітря, ґрунти, флору та фауну прилеглих територій. У межах ОВД також проводяться громадські обговорення, консультації з органами місцевого самоврядування та науковими установами, що забезпечує прозорість

екологічної політики підприємства та врахування інтересів місцевих громад [4, 14].

Важливим елементом системи екологічної безпеки ХАЕС є автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО), яка включає мережу постів безперервного моніторингу у зоні спостереження навколо станції. Система в режимі реального часу контролює рівні гамма-фону, параметри атмосферного повітря, активність газоаерозольних викидів, метеорологічні показники та інші екологічні параметри. Отримані дані автоматично передаються до кризових центрів НАЕК «Енергоатом» та Державної інспекції ядерного регулювання України, що дозволяє оперативно реагувати на будь-які зміни радіаційної обстановки. Крім радіаційного контролю, система екологічного управління станції здійснює моніторинг викидів від резервних дизель-генераторів, котелень та інших допоміжних об'єктів, а також контролює процеси поводження з промисловими й радіоактивними відходами.

Через розташування ХАЕС у густонаселеному регіоні з розвиненим аграрним сектором питання екологічної безпеки та соціальної відповідальності мають для станції особливе значення. Екологічне управління підприємства тісно пов'язане із забезпеченням відкритості та прозорості інформації щодо стану довкілля. Регулярна публікація екологічних звітів, оприлюднення результатів моніторингу радіаційного фону, стану атмосферного повітря та водних ресурсів є важливими складовими політики ХАЕС. Підприємство активно співпрацює з місцевими громадами, органами влади, науковими установами та міжнародними організаціями у сфері екологічного моніторингу та реалізації природоохоронних заходів. Усі ці принципи відповідають вимогам міжнародного стандарту ISO 14001:2015, який передбачає системний підхід до управління екологічними аспектами діяльності підприємства, постійне вдосконалення екологічної політики та мінімізацію негативного впливу на довкілля.

1.2.4 Рівненська атомна електростанція

Рівненська атомна електростанція (РАЕС) є одним із ключових підприємств атомної енергетики України та важливим елементом системи енергетичної й екологічної безпеки держави. Станція розташована у північно-західній частині України, на території Західного Полісся, у місті Вараш Рівненської області, на правому березі річки Стир. Географічне розташування РАЕС визначає специфічні природно-кліматичні умови її функціонування, оскільки Поліський регіон характеризується високою лісистістю, значною кількістю заболочених територій, високим рівнем ґрунтових вод та особливими гідрогеологічними характеристиками. Саме ці фактори суттєво впливають на організацію системи екологічного управління, радіаційного моніторингу та оцінки потенційних ризиків для довкілля. [19, 20]

Рівненська АЕС має унікальну виробничу структуру серед усіх атомних електростанцій України. Вона стала першою в державі атомною електростанцією з реакторами типу ВВЕР і сьогодні залишається єдиним об'єктом АТ «НАЕК "Енергоатом"», на якому одночасно експлуатуються два різні покоління реакторних установок. Загальна встановлена електрична потужність станції становить 2835 МВт. Енергоблоки №1 та №2 оснащені реакторами типу ВВЕР-440 модифікації В-213 потужністю по 440 МВт кожен. Вони були введені в експлуатацію у 1980 та 1981 роках відповідно й на сьогодні залишаються єдиними діючими реакторами такого типу на території України. Енергоблоки №3 та №4 обладнані сучаснішими реакторами ВВЕР-1000 модифікації В-320 потужністю по 1000 МВт кожен, введеними в експлуатацію у 1986 та 2004 роках відповідно. [2, 10]

Така неоднорідна структура виробничих потужностей формує складну систему технічного та екологічного управління. Для різних типів реакторів необхідно підтримувати окремі регламенти експлуатації, різні алгоритми технічного обслуговування, специфічні системи контролю безпеки та окремі підходи до поводження з ядерним паливом і радіоактивними відходами. У межах системи екологічного управління це означає необхідність

паралельного функціонування двох комплексів нормативно-технічної документації, програм моніторингу та процедур оцінки ризиків. Саме тому РАЕС вважається одним із найскладніших об'єктів з точки зору організації екологічного менеджменту та корпоративного управління серед усіх підприємств української атомної енергетики.

Однією з найважливіших особливостей Рівненської АЕС є специфічна система технічного водопостачання. На відміну від Запорізької чи Хмельницької АЕС, які використовують масштабні ставки-охолоджувачі, РАЕС застосовує оборотну систему охолодження з використанням башенних випарних градирень. На промисловому майданчику функціонує шість потужних охолоджувальних веж, які забезпечують охолодження циркуляційної води після проходження через конденсатори турбін. Для енергоблоків №1, №2 та №3 використовуються окремі комплекси градирень, тоді як для енергоблока №4 споруджено одну з найбільших випарних градирень України висотою близько 150 метрів. Ця споруда є не лише важливим інженерним об'єктом, але й одним із ключових елементів системи екологічного управління станції [14, 18].

Джерелом підживлення системи технічного водопостачання є річка Стир, з якої здійснюється забір води для компенсації втрат, пов'язаних із випаровуванням та продувкою систем охолодження. У сучасних умовах зміни клімату та сезонного обміління річок Поліського регіону питання раціонального використання водних ресурсів набуває особливої актуальності. Система екологічного управління РАЕС здійснює постійний контроль за обсягами водозабору, щоб не допустити порушення екологічного мінімуму стоку річки Стир. Це є надзвичайно важливим для збереження місцевих водних екосистем, іхтіофауни та природного гідрологічного балансу регіону. Регулярно проводяться гідрологічні дослідження, моніторинг рівня води, контроль температурного режиму та оцінка впливу роботи станції на якість поверхневих вод.

Важливим аспектом екологічного управління РАЕС є також контроль локального мікрокліматичного впливу градирень. Робота охолоджувальних

веж супроводжується викидом значних обсягів водяної пари в атмосферу, що формує специфічні локальні кліматичні явища. У районі станції спостерігається підвищення вологості повітря, утворення туманів та локальної низької хмарності. Такі явища можуть впливати на мікроклімат прилеглих територій, стан рослинності та особливості атмосферної циркуляції. У межах системи екологічного менеджменту проводяться постійні метеорологічні спостереження, аналізуються напрямки поширення вологих повітряних мас та моделюються можливі довгострокові зміни локального клімату.

Особливе значення для екологічного управління РАЕС мають природні умови Західного Полісся, які визначають специфіку радіоекологічного контролю. Поліські ґрунти характеризуються низькою сорбційною здатністю, високою вологістю та значною проникністю для радіонуклідів. У разі потрапляння радіоактивних речовин у навколишнє середовище їх міграція у підземні водоносні горизонти та включення до природних харчових ланцюгів відбувається значно швидше, ніж у степових чи лісостепових регіонах України. Особливу небезпеку становить потенційне накопичення радіонуклідів у грибах, ягодах, мохах та лісовій продукції, яка традиційно активно використовується місцевим населенням.

Саме тому система екологічного управління РАЕС має розширену програму радіоекологічного моніторингу. Автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО) станції включає мережу постів безперервного спостереження у 30-кілометровій зоні спостереження. Контролюються не лише рівні гамма-фону, атмосферне повітря та поверхневі води, але й біологічні індикатори стану довкілля – хвоя дерев, мохи, торф'яні ґрунти, сільськогосподарська продукція, молоко, овочі, ягоди та гриби. Такі комплексні дослідження дозволяють оперативно виявляти навіть мінімальні зміни радіоекологічної ситуації та гарантувати безпечність проживання населення на прилеглих територіях. Система моніторингу працює у безперервному режимі, а отримані дані регулярно передаються до Державної

інспекції ядерного регулювання України та кризових центрів НАЕК «Енергоатом».

Важливим напрямом розвитку Рівненської АЕС є диверсифікація ядерного палива та зменшення залежності України від російських постачальників. Особливе значення мало впровадження палива компанії Westinghouse для реакторів типу ВВЕР-440. У вересні 2023 року на енергоблоці №1 РАЕС вперше у світі було завантажено паливо Westinghouse, адаптоване спеціально для реакторів цього типу. Це стало важливою подією не лише для України, але й для всієї світової атомної енергетики, оскільки раніше реактори ВВЕР-440 були повністю залежними від російського палива через специфіку конструкції паливних збірок. Реалізація цього проєкту дозволила значно знизити геополітичні ризики та підвищити рівень енергетичної й екологічної безпеки держави.

Поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами на РАЕС є складовою сучасної екологічної стратегії підприємства. Після технологічного витримування у басейнах витримки відпрацьоване паливо транспортується до Централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива у Чорнобильській зоні. Такий підхід дозволяє уникнути накопичення значних обсягів високоактивних матеріалів безпосередньо на майданчику станції та знижує довгострокові екологічні ризики. Усі процеси транспортування супроводжуються багаторівневим дозиметричним контролем, використанням герметичних контейнерів та постійним радіаційним моніторингом.

В умовах воєнного стану система екологічного управління РАЕС набула нового значення. Географічна близькість станції до північного кордону України вимагає підвищених заходів фізичного захисту та аварійної готовності. Система екологічного менеджменту інтегрована із заходами цивільного захисту та кризового реагування. Особлива увага приділяється забезпеченню автономності систем радіаційного моніторингу, резервному енергоживленню постів АСКРО та підтриманню безперервного

функціонування каналів передачі інформації навіть у разі пошкодження зовнішньої інфраструктури.

Сучасна екологічна стратегія РАЕС передбачає використання альтернативних джерел енергії для забезпечення роботи критично важливих систем моніторингу. На окремих об'єктах впроваджуються сонячні панелі, акумуляторні комплекси та резервні автономні джерела живлення, що дозволяє підтримувати функціонування систем екологічного контролю навіть під час тривалих блекаутів. Такі рішення підвищують стійкість станції до кризових ситуацій та забезпечують безперервний контроль радіаційної обстановки.

У взаємодії з Відокремленим підрозділом «Аварійно-технічний центр» Рівненська АЕС розглядається як один із ключових об'єктів для оперативного розгортання мобільних пунктів дезактивації, радіометричного контролю та кризового екологічного моніторингу. У разі виникнення надзвичайної ситуації саме РАЕС має забезпечити швидке розгортання систем радіаційної розвідки та координацію заходів екологічного реагування у Західному регіоні України. Таким чином, система екологічного управління Рівненської АЕС виконує не лише функцію контролю за впливом підприємства на довкілля, але й є важливим елементом загальнодержавної системи екологічної та радіаційної безпеки України.

2 МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Відокремлений підрозділ «Аварійно-технічний центр» – загальні відомості

Філія «Відокремлений підрозділ "Аварійно-технічний центр"» (ВП АТЦ) є одним із найбільш спеціалізованих та стратегічно важливих структурних підрозділів у системі НАЕК «Енергоатом», діяльність якого спрямована на забезпечення належного рівня ядерної, радіаційної, техногенної та екологічної безпеки держави. Створення підрозділу стало важливим етапом у формуванні національної системи аварійного реагування у сфері використання ядерної енергії та було обумовлене необхідністю забезпечення оперативної готовності до ліквідації можливих надзвичайних ситуацій на об'єктах атомної енергетики України. В умовах функціонування атомної енергетики особливого значення набуває питання мінімізації ризиків, пов'язаних із потенційними аваріями, що можуть супроводжуватися радіоактивним або хімічним забрудненням навколишнього природного середовища, негативним впливом на здоров'я населення та порушенням екологічної рівноваги територій. Саме тому функціонування спеціалізованого аварійно-технічного підрозділу є необхідною складовою державної системи безпеки у сфері використання ядерної енергії.

ВП АТЦ був створений 2 вересня 2003 року відповідно до наказів Міністерства палива та енергетики України від жовтня 2002 року та наказу НАЕК «Енергоатом» від листопада 2002 року. Необхідність створення такого підрозділу була зумовлена потребою виконання міжнародних зобов'язань України у сфері ядерної та радіаційної безпеки, а також імплементацією вимог Міжнародне агентство з атомної енергії щодо функціонування централізованих систем аварійного реагування у державах, які експлуатують ядерні установки. Формування підрозділу здійснювалося з урахуванням міжнародного досвіду у сфері ліквідації наслідків техногенних аварій та

катастроф, зокрема досвіду подолання наслідків Чорнобильська катастрофа, яка продемонструвала необхідність існування спеціалізованих мобільних формувань, здатних оперативно реагувати на надзвичайні ситуації радіаційного характеру, виконувати роботи з локалізації джерел небезпеки, проводити дезактиваційні заходи та забезпечувати захист персоналу, населення і довкілля. Створення ВП АТЦ стало важливим кроком у напрямі вдосконалення системи протиаварійного реагування України та підвищення загального рівня безпеки функціонування атомної енергетики [6, 8, 11].

У організаційно-правовому аспекті ВП АТЦ функціонує як відокремлений підрозділ без статусу юридичної особи, проте має власну матеріально-технічну базу, систему управління, спеціалізоване обладнання та кадровий потенціал. До структури центру входять аварійно-рятувальні формування, оперативні групи реагування, інженерно-технічні служби, мобільні радіаційно-хімічні лабораторії, підрозділи дезактивації та спеціалізовані служби забезпечення. Підрозділ оснащений сучасними технічними засобами для проведення радіаційного контролю, дозиметричного аналізу, хімічного моніторингу, виконання аварійно-відновлювальних робіт та здійснення заходів із локалізації й ліквідації наслідків аварій. У розпорядженні центру перебуває спеціалізований автомобільний транспорт підвищеної прохідності, пересувні лабораторні комплекси, автономні джерела енергозабезпечення, засоби індивідуального та колективного захисту, системи оперативного зв'язку та інше обладнання, необхідне для роботи в умовах підвищеної небезпеки. Адміністративний центр ВП АТЦ розташований у місті Київ, однак сили та засоби підрозділу можуть бути оперативно розгорнуті в будь-якому регіоні держави залежно від характеру та масштабу надзвичайної ситуації. Особлива увага приділяється забезпеченню постійної готовності до реагування у районах розташування діючих атомних електростанцій України, зокрема Запорізька АЕС, Південноукраїнська АЕС, Рівненська АЕС та Хмельницька АЕС. У разі виникнення аварійної ситуації підрозділ забезпечує оперативне прибуття мобільних груп, проведення радіаційної розвідки, здійснення

дезактиваційних робіт, локалізацію джерел забруднення, технічне забезпечення аварійно-рятувальних заходів, а також взаємодію з іншими службами цивільного захисту та органами державного управління [6, 7].

У системі екологічного управління НАЕК «Енергоатом» ВП АТЦ виконує функцію завершального елементу багаторівневої системи захисту довкілля від наслідків можливих аварій на об'єктах атомної енергетики. Якщо екологічні служби безпосередньо на атомних електростанціях здійснюють переважно превентивну діяльність, пов'язану з поточним екологічним моніторингом, контролем викидів і скидів, дотриманням нормативів екологічної безпеки та реалізацією природоохоронних заходів, то ВП АТЦ залучається до виконання робіт у разі виникнення проєктних або запроєктних аварій, які можуть супроводжуватися значним радіоактивним чи хімічним забрудненням компонентів навколишнього природного середовища. Одним із найважливіших напрямів діяльності центру є проведення радіаційного та екологічного моніторингу в умовах надзвичайних ситуацій. Фахівці підрозділу здійснюють контроль стану атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, рослинності та інших компонентів довкілля із застосуванням сучасних автоматизованих систем вимірювання та спеціалізованого лабораторного обладнання. Отримані результати використовуються для оперативного оцінювання рівнів забруднення, прогнозування масштабів поширення радіонуклідів, визначення меж небезпечних зон та розроблення комплексу заходів щодо мінімізації негативного впливу на населення і навколишнє природне середовище. Важливим напрямом діяльності ВП АТЦ є також підготовка персоналу атомної галузі до дій у надзвичайних ситуаціях. На базі підрозділу регулярно проводяться спеціалізовані навчання, тренування, командно-штабні та протиаварійні навчальні збори, під час яких відпрацьовуються алгоритми реагування на аварії різного ступеня складності. Проведення таких заходів сприяє підвищенню професійної підготовки персоналу, удосконаленню взаємодії між структурними підрозділами та підвищенню загального рівня готовності державної системи реагування до можливих техногенних загроз.

Крім того, ВП АТЦ бере участь у реалізації заходів із удосконалення нормативно-методичної бази у сфері аварійного реагування, впровадженні сучасних технологій радіаційного контролю та розвитку міжнародного співробітництва у сфері ядерної та екологічної безпеки. Таким чином, діяльність ВП АТЦ має надзвичайно важливе значення для забезпечення стабільного та безпечного функціонування атомної енергетики України, реалізації державної політики у сфері ядерної та радіаційної безпеки, захисту населення та збереження навколишнього природного середовища від можливих негативних наслідків аварійних ситуацій на ядерних об'єктах.

2.2 Основні напрями діяльності та функції підрозділу

Основною метою діяльності філії відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр» (ВП «АТЦ») є забезпечення постійної високої готовності до оперативного, скоординованого та ефективного реагування у разі виникнення радіаційних аварій на ядерних установках, що перебувають у підпорядкуванні Компанії, а також під час здійснення перевезень радіоактивних матеріалів, де відправником, перевізником або вантажоотримувачем виступає акціонерне товариство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» чи його структурні підрозділи (рис.5).

Діяльність філії здійснюється з урахуванням міжнародних зобов'язань України, а також відповідно до рекомендацій та вимог Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), що стосуються питань ядерної безпеки, підготовки та здійснення заходів з ліквідації наслідків ядерних катастроф та аварій. Особлива увага приділяється дотриманню сучасних стандартів безпеки, запровадженню передових технологій та збереженню належного рівня професійної підготовки персоналу для ефективного виконання завдань аварійного реагування.



Рисунок 5 - Основні завдання діяльності ВП АТЦ НАЕК «Енергоатом»

Філія ВП «АТЦ» виконує широкий спектр спеціалізованих інженерних робіт, зокрема таких, що класифікуються як радіаційно-небезпечні. До таких робіт належать водолазні операції (зокрема підводно-технічні), проведення вибухових робіт, застосування робототехнічних засобів для виконання завдань у важкодоступних або забруднених радіацією зонах на ядерних об'єктах Компанії.

Одним із ключових напрямів діяльності підрозділу є надання всебічної технічної та оперативної допомоги атомним електростанціям (АЕС) України та Центральному сховищу відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) у ліквідації наслідків аварійних ситуацій та інших надзвичайних подій, що становлять загрозу для безпеки персоналу, населення і довкілля. Крім того, підрозділ здійснює заходи з ліквідації наслідків аварій під час транспортування радіоактивних матеріалів, забезпечуючи мінімізацію можливих наслідків для навколишнього середовища.

Основні види робіт, які виконує ВП «АТЦ», включають:

- проведення інженерної та радіаційної розвідки місцевості, споруд і обладнання для оцінки рівня забруднення та планування подальших робіт;

- організація і здійснення внутрішніх перевезень небезпечних вантажів та радіоактивних відходів у межах об'єктів Компанії;
- виконання заходів із дезактивації приміщень, споруд, обладнання та інших поверхонь, що зазнали радіаційного забруднення;
- проведення спеціальних інженерних, у тому числі аварійно-відновлювальних робіт, спрямованих на локалізацію і ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій;
- здійснення спеціальних вибухових робіт, а також водолазних і підводно-технічних операцій для забезпечення безпеки ядерних об'єктів;
- роботи з фрагментації радіоактивних відходів для зменшення їх об'ємів і полегшення подальшого зберігання або захоронення;
- виконання робіт з гідроізоляції залізобетонних конструкцій для запобігання проникненню забруднених вод та зменшення ризику радіаційного розповсюдження у довкіллі.

Цей комплекс заходів забезпечує високий рівень технічної готовності підрозділу до виконання завдань будь-якої складності у сфері аварійного реагування та підтримки ядерної і радіаційної безпеки на об'єктах НАЕК «Енергоатом».

3 МЕТОДИКА І МАТЕРІАЛИ

3.1 Дотримання екологічного законодавства у сфері природоохоронної діяльності

Методологічною основою оцінювання ефективності системи екологічного управління (СЕУ) радіаційних об'єктів НАЕК «Енергоатом» є комплексний багаторівневий аналіз відповідності діяльності підприємств атомної енергетики вимогам національного екологічного, природоохоронного, санітарного та ядерного законодавства України, а також міжнародним нормам і стандартам у сфері радіаційної безпеки, охорони довкілля та екологічного менеджменту. Необхідність застосування комплексного підходу до оцінювання ефективності функціонування СЕУ обумовлена специфікою діяльності підприємств атомної енергетики, які належать до об'єктів підвищеної екологічної та техногенної небезпеки. Експлуатація ядерних установок безпосередньо пов'язана з використанням значних обсягів природних ресурсів, утворенням радіоактивних і промислових відходів, потенційною можливістю виникнення радіаційних аварій, а також необхідністю постійного контролю за станом навколишнього природного середовища в районах розташування атомних електростанцій. У зв'язку з цим система екологічного управління на підприємствах атомної енергетики виконує не лише функцію дотримання природоохоронних нормативів, а й є важливим елементом загальної системи національної безпеки держави, оскільки її ефективність безпосередньо впливає на рівень захисту населення, стабільність екосистем та екологічну безпеку територій.

У межах дослідження оцінювання функціонування СЕУ здійснюється на основі аналізу законодавчих актів, нормативно-правових документів, державних санітарних правил, норм радіаційної безпеки, технічної документації, екологічної звітності та внутрішніх матеріалів підприємства. Джерельну базу дослідження становлять чинні нормативні документи

України, офіційні матеріали державних органів екологічного та ядерного контролю, статистична звітність, результати екологічного й радіаційного моніторингу, внутрішні звіти підприємства, а також документація Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр». Важливу роль у формуванні методологічної бази дослідження відіграють також рекомендації та стандарти Міжнародне агентство з атомної енергії, які визначають міжнародні підходи до забезпечення ядерної та радіаційної безпеки, організації систем аварійного реагування та впровадження сучасних механізмів екологічного контролю. Застосування різнопланових джерел інформації дозволяє забезпечити комплексність дослідження, здійснити об'єктивну оцінку ефективності природоохоронної діяльності підприємства та визначити рівень інтеграції екологічних вимог у систему управління атомною енергетикою.^[1]

Правовий базис функціонування системи екологічного управління в атомній галузі України формується багаторівневою системою нормативно-правових актів, виконання яких є обов'язковою умовою експлуатації ядерних установок і здійснення діяльності у сфері використання ядерної енергії. Основоположним нормативним актом у сфері охорони довкілля є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», який визначає базові принципи державної екологічної політики, регламентує механізми державного контролю у сфері природокористування та встановлює юридичну відповідальність за порушення природоохоронного законодавства. Закон закріплює обов'язок підприємств забезпечувати раціональне використання природних ресурсів, дотримання екологічних нормативів, запобігання забрудненню атмосферного повітря, водних ресурсів і земель, а також здійснення систематичного екологічного моніторингу. Для підприємств атомної енергетики особливе значення мають положення щодо спеціального водокористування, оскільки функціонування атомних електростанцій пов'язане з використанням значних обсягів води для охолодження енергоблоків та забезпечення роботи технологічних систем. У зв'язку з цим підприємства атомної енергетики зобов'язані дотримуватися

встановлених нормативів скидів, контролювати температурний режим водних об'єктів та здійснювати постійний моніторинг якості поверхневих і підземних вод у районах розташування АЕС. Водночас важливим напрямом природоохоронної діяльності є контроль за викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря, які утворюються в процесі роботи допоміжного обладнання, резервних дизель-генераторів, транспортних засобів та енергетичних установок. Система екологічного управління передбачає реалізацію комплексу природоохоронних заходів, спрямованих на мінімізацію техногенного навантаження на навколишнє природне середовище, підвищення ефективності використання ресурсів та забезпечення дотримання встановлених нормативів екологічної безпеки [2].

Ключовим нормативно-правовим актом у сфері забезпечення ядерної та радіаційної безпеки є Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», який визначає основні принципи державної політики у сфері використання ядерної енергії та закріплює принцип пріоритетності безпеки над економічними або виробничими інтересами. Закон регламентує порядок ліцензування діяльності у сфері використання ядерної енергії, встановлює вимоги до радіаційного захисту персоналу та населення, визначає правила експлуатації ядерних установок, порядок здійснення державного нагляду та процедури аварійного реагування. Особливе значення мають положення щодо функціонування санітарно-захисних зон і зон спостереження навколо атомних електростанцій, у межах яких здійснюється постійний радіаційний та екологічний контроль. Аналіз функціонування системи екологічного управління передбачає дослідження рівня дотримання встановлених нормативів радіаційної безпеки, ефективності систем радіаційного моніторингу та відповідності діяльності підприємства вимогам державного регулювання у сфері ядерної безпеки. Важливим елементом правового забезпечення екологічної безпеки є також Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами», який регламентує порядок збору, сортування, транспортування, переробки, кондиціонування, тимчасового зберігання та остаточного захоронення радіоактивних матеріалів. У процесі

функціонування атомних електростанцій утворюються різні категорії радіоактивних відходів, поводження з якими потребує суворого дотримання вимог радіаційної безпеки та екологічного законодавства. Система екологічного управління передбачає контроль за технологічними процесами поводження з РАВ, станом сховищ радіоактивних матеріалів, ефективністю систем локалізації та рівнем радіаційного впливу на компоненти довкілля (рис.6). Окреме значення має Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», який визначає процедури обов'язкового оцінювання екологічних наслідків планованої діяльності, пов'язаної з модернізацією ядерних установок, продовженням термінів експлуатації енергоблоків або будівництвом нових об'єктів атомної енергетики. Проведення оцінки впливу на довкілля є необхідною умовою реалізації масштабних проєктів у сфері атомної енергетики та дозволяє визначити потенційні екологічні ризики, оцінити можливий вплив на атмосферне повітря, водні ресурси, земельні угіддя та здоров'я населення, а також розробити комплекс заходів щодо мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище [3].

Порівняння фактичних показників із нормативними значеннями дозволяє оцінити ступінь екологічної безпеки функціонування підприємства, визначити ефективність природоохоронних заходів та встановити рівень відповідності діяльності вимогам законодавства. Важливим методом дослідження є метод екологічного аудиту документації, який передбачає аналіз ліцензій, дозволів на спеціальне водокористування, документів щодо поводження з відходами, програм екологічного моніторингу, матеріалів радіаційного контролю, аварійних планів реагування та іншої природоохоронної документації. Дослідження дозволяє оцінити рівень організації екологічного менеджменту, відповідність документації чинним нормативним вимогам та ефективність реалізації природоохоронної політики підприємства.

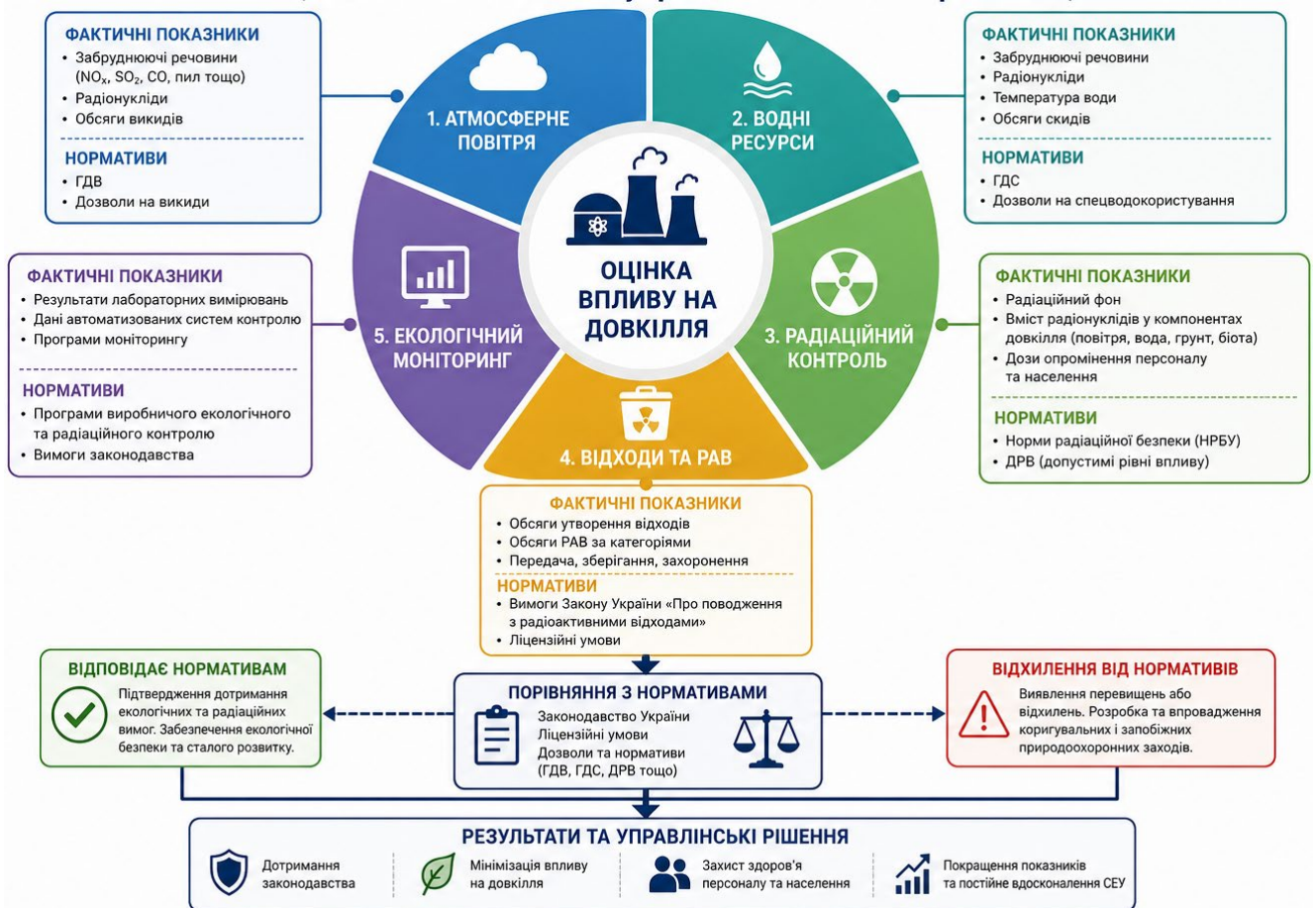


Рисунок 6 - Діаграми оцінки впливу на довкілля (показники викидів та скидів)

Метод інституційного моніторингу звітності передбачає аналіз державної статистичної звітності, внутрішніх квартальних і річних екологічних звітів підприємства, матеріалів екологічного моніторингу та офіційних документів контролюючих органів. У процесі дослідження використовуються форми державної статистичної звітності № 2-ТП (водгосп), № 1-екологічні витрати, звіти щодо утворення відходів, використання природних ресурсів, обсягів екологічних платежів та фінансування природоохоронної діяльності. Аналіз цих матеріалів дозволяє визначити динаміку змін екологічних показників, рівень екологічних витрат підприємства та ефективність реалізації природоохоронних програм.

Особлива увага у дослідженні приділяється специфіці функціонування Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр», який виконує функції спеціалізованого підрозділу аварійного реагування у структурі НАЕК «Енергоатом». Діяльність цього підрозділу має особливе значення для

забезпечення екологічної та радіаційної безпеки, оскільки саме він забезпечує виконання невідкладних робіт у разі виникнення аварійних ситуацій радіаційного або техногенного характеру. Методика оцінювання діяльності ВП «Аварійно-технічний центр» враховує вимоги Кодексу цивільного захисту України, нормативних документів Державна інспекція ядерного регулювання України, державних санітарних правил та норм радіаційної безпеки щодо організації аварійного реагування, проведення радіаційної розвідки, дезактиваційних робіт і забезпечення захисту персоналу та населення. Аналізу підлягають рівень технічної готовності підрозділу, забезпеченість спеціалізованими засобами індивідуального захисту, ефективність систем зв'язку та оповіщення, функціонування мобільних лабораторій радіаційного контролю, організація навчань і тренувань, а також рівень готовності до ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Проведений аналіз матеріалів природоохоронної діяльності свідчить про те, що інтеграція вимог екологічного, санітарного та ядерного законодавства у систему управління підприємствами атомної енергетики забезпечує належний рівень екологічної безпеки, сприяє мінімізації техногенного навантаження на навколишнє природне середовище та дозволяє підтримувати стабільний контроль за станом довкілля. Реалізація природоохоронних заходів, удосконалення систем екологічного моніторингу, розвиток механізмів аварійного реагування та впровадження сучасних підходів до екологічного менеджменту є необхідними умовами безпечного функціонування атомної енергетики України та забезпечення дотримання міжнародних стандартів у сфері ядерної, радіаційної та екологічної безпеки [4].

3.2 Функціонування системи екологічного управління відповідно до міжнародних стандартів

Фундаментальною основою сучасного екологічного менеджменту НАЕК «Енергоатом» є корпоративна Система екологічного управління (СЕУ), розроблена, впроваджена та сертифікована відповідно до вимог

міжнародного стандарту ISO 14001:2015, який в Україні функціонує як національний стандарт ДСТУ ISO 14001:2015 «Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування» (рис. 7)

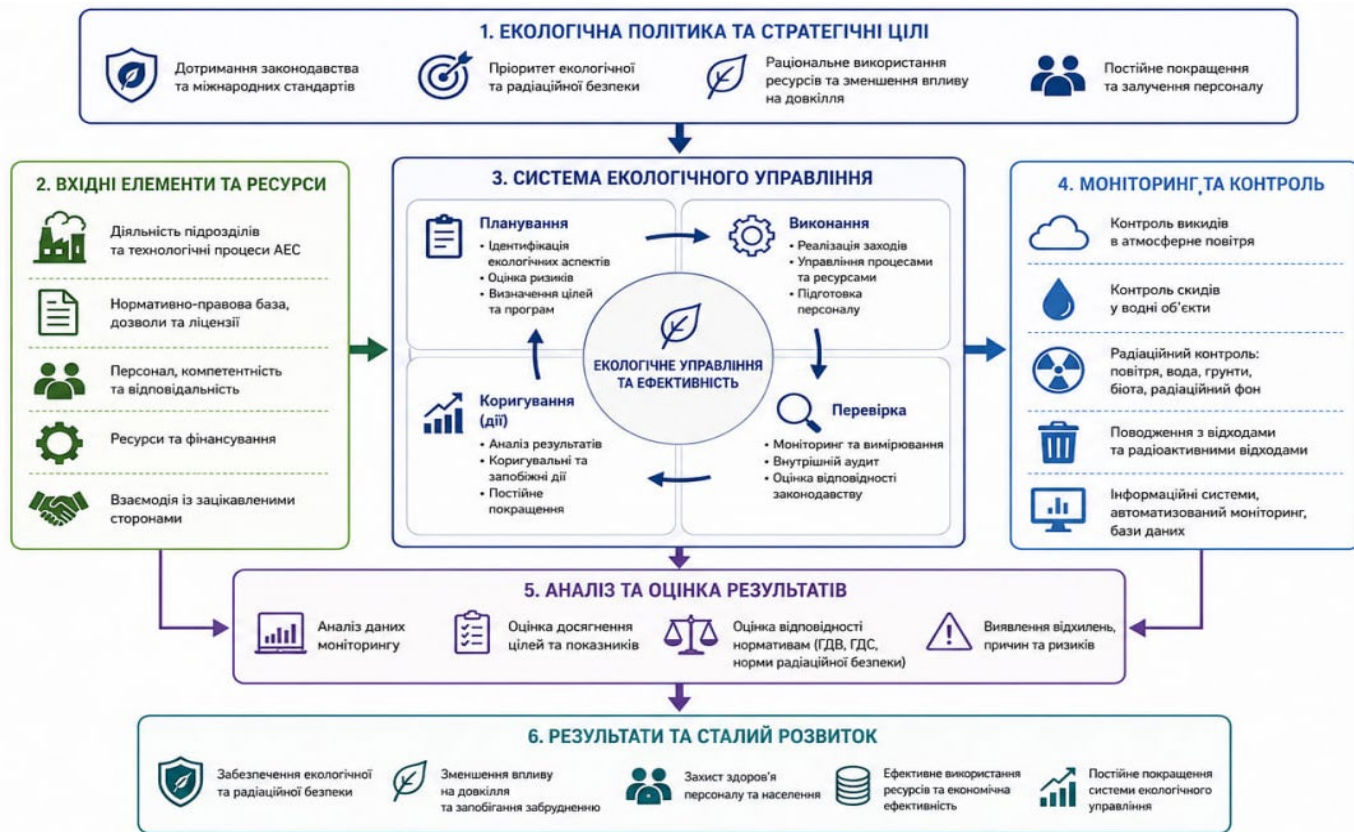


Рисунок 7 - Концептуальна схема модернізованої системи екологічного управління

Впровадження СЕУ стало важливим етапом удосконалення системи корпоративного управління підприємством та забезпечило перехід від традиційного реактивного підходу до вирішення екологічних проблем, який ґрунтувався переважно на ліквідації наслідків порушень або аварійних ситуацій, до сучасної концепції проактивного екологічного менеджменту, заснованого на принципах оцінювання екологічних ризиків, превентивного управління екологічними аспектами та безперервного вдосконалення природоохоронної діяльності. У сучасних умовах функціонування атомної енергетики система екологічного управління розглядається не лише як інструмент забезпечення дотримання екологічного законодавства, а як складова загальної системи управління безпекою підприємства, інтегрована в механізми стратегічного планування, виробничого контролю, управління

ризиками та корпоративної політики у сфері охорони довкілля. Значення СЕУ для підприємств атомної енергетики є особливо важливим у зв'язку з тим, що діяльність ядерних установок супроводжується потенційними екологічними ризиками, пов'язаними з утворенням радіоактивних відходів, використанням значних обсягів природних ресурсів, можливістю виникнення аварійних ситуацій та необхідністю постійного контролю за рівнем впливу на навколишнє природне середовище. Саме тому інтеграція міжнародних екологічних стандартів у систему управління підприємством дозволяє забезпечити стабільний контроль за екологічними аспектами діяльності, підвищити ефективність природоохоронних заходів та мінімізувати негативний техногенний вплив на довкілля.

Методологія функціонування СЕУ в системі НАЕК «Енергоатом» та його відокремлених підрозділах, зокрема у ВП «Аварійно-технічний центр», базується на класичній концепції безперервного вдосконалення Демінга-Шухарта, відомій як цикл PDCA (Plan–Do–Check–Act – Плануй, Роби, Перевіряй, Дій). Застосування цієї концепції забезпечує системність управління екологічною діяльністю, послідовність реалізації природоохоронних заходів та можливість постійного підвищення екологічної результативності підприємства. В умовах функціонування радіаційно небезпечних об'єктів цикл PDCA інтегрується в загальну систему культури безпеки, що є одним із ключових принципів діяльності підприємств атомної енергетики. На етапі планування (Plan) керівництво компанії формує екологічну політику підприємства, яка визначає стратегічні цілі у сфері охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів, мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище та дотримання вимог екологічного законодавства. Екологічна політика є офіційним документом, що відображає принципи діяльності підприємства у сфері екологічної безпеки та визначає основні напрями вдосконалення системи екологічного управління. У межах цього етапу здійснюється ідентифікація екологічних аспектів діяльності підприємства, оцінювання екологічних ризиків, аналіз чинних нормативно-правових вимог та

визначення цільових екологічних показників. Особливе значення має процедура визначення значущих екологічних аспектів, оскільки саме вона дозволяє встановити пріоритетні напрями природоохоронної діяльності підприємства та забезпечити концентрацію ресурсів на найбільш важливих екологічних проблемах.

Етап впровадження та функціонування (Do) передбачає практичну реалізацію екологічної політики та екологічних програм підприємства. На цьому етапі здійснюється розподіл екологічних функцій і відповідальності між структурними підрозділами та працівниками, забезпечення підприємства необхідними матеріально-технічними, фінансовими та кадровими ресурсами, організація навчання персоналу у сфері екологічної та радіаційної безпеки, а також впровадження процедур операційного контролю за діяльністю, що має значний вплив на навколишнє природне середовище. У системі НАЕК «Енергоатом» значна увага приділяється професійній підготовці персоналу, оскільки ефективність функціонування СЕУ значною мірою залежить від рівня екологічної компетентності працівників та їхньої готовності діяти відповідно до вимог екологічної безпеки. У межах цього етапу розробляються та впроваджуються інструкції з поводження з радіоактивними відходами, регламенти контролю викидів і скидів забруднюючих речовин, процедури радіаційного контролю, плани аварійного реагування та інші документи, що регламентують екологічно безпечне виконання виробничих процесів. Важливе значення має також забезпечення належного технічного стану обладнання, впровадження ресурсозберігаючих технологій та модернізація систем екологічного контролю, що дозволяє знизити рівень техногенного навантаження на довкілля.

Етап перевірки (Check) є важливим елементом функціонування системи екологічного управління та передбачає проведення систематичного моніторингу екологічних показників, контролю за дотриманням нормативних вимог та оцінювання ефективності реалізованих природоохоронних заходів. У межах цього етапу здійснюється контроль параметрів, які характеризують вплив підприємства на довкілля, зокрема рівнів викидів і скидів

забруднюючих речовин, обсягів утворення відходів, стану атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів та рівня радіаційного фону. Важливою складовою системи перевірки є проведення внутрішніх екологічних аудитів, метою яких є встановлення відповідності функціонування СЕУ вимогам стандарту ISO 14001, внутрішнім нормативним документам підприємства та чинному екологічному законодавству. Внутрішній аудит дозволяє своєчасно виявляти невідповідності, оцінювати результативність природоохоронної діяльності та визначати напрями вдосконалення системи екологічного управління. Крім внутрішнього контролю, підприємства атомної енергетики проходять зовнішні аудити з боку органів державного екологічного та ядерного нагляду, а також міжнародних організацій, що забезпечує додатковий рівень контролю за дотриманням вимог екологічної та радіаційної безпеки.

Етап поліпшення (Act) передбачає прийняття управлінських рішень щодо усунення виявлених невідповідностей, удосконалення природоохоронної діяльності та модернізації системи екологічного управління. На основі результатів екологічного моніторингу, внутрішніх аудитів, перевірок контролюючих органів та аналізу ефективності природоохоронних заходів керівництво підприємства визначає необхідність коригувальних і попереджувальних дій, спрямованих на підвищення екологічної результативності діяльності. У межах цього процесу здійснюється оновлення екологічних програм, удосконалення процедур управління, впровадження нових технологій екологічного контролю та підвищення рівня ресурсної ефективності виробництва. Реалізація принципу безперервного вдосконалення дозволяє підприємству адаптувати систему екологічного управління до змін законодавства, технічного розвитку галузі та нових екологічних викликів.

Центральним елементом функціонування СЕУ є методика ідентифікації та оцінювання екологічних аспектів. Екологічний аспект визначається як елемент діяльності, продукції або послуг організації, який взаємодіє або може взаємодіяти з навколишнім природним середовищем. На підприємствах

атомної енергетики екологічні аспекти мають складний і багатокомпонентний характер, оскільки діяльність АЕС пов'язана з утворенням радіоактивних відходів, використанням водних ресурсів, викидами забруднюючих речовин, тепловим впливом на водойми та потенційною можливістю виникнення аварійних ситуацій. У системі НАЕК «Енергоатом» екологічні аспекти класифікуються за умовами діяльності на нормальні, анормальні та аварійні. Нормальні аспекти виникають у процесі штатної експлуатації обладнання та виробничих систем. Анормальні аспекти пов'язані з режимами пуску, зупину, технічного обслуговування, ремонтних робіт або випробувань обладнання. Аварійні аспекти пов'язані з можливими проєктними та запроєктними аваріями, наслідки яких можуть супроводжуватися радіоактивним або хімічним забрудненням навколишнього середовища.

Для оцінювання значущості екологічних аспектів використовується матричний метод експертних оцінок, який передбачає визначення рівня екологічного ризику за сукупністю критеріїв. Кожен аспект оцінюється за такими показниками, як масштаб впливу, ступінь небезпеки забруднюючої речовини, частота або ймовірність виникнення, чутливість природного середовища та рівень законодавчого регулювання. Масштаб впливу може бути локальним, регіональним або транскордонним. За ступенем небезпеки оцінюються радіонукліди, токсичні хімічні речовини, паливно-мастильні матеріали, промислові та побутові відходи. Важливе значення має також оцінювання суспільного резонансу та потенційного впливу екологічного аспекту на здоров'я населення. Аспекти, що за результатами оцінювання набирають показники вище встановленого критичного рівня, визнаються значущими та підлягають посиленому контролю. Саме для таких аспектів розробляються спеціальні природоохоронні програми, впроваджуються додаткові заходи моніторингу та виділяється пріоритетне фінансування.

Особливу специфіку має функціонування системи екологічного управління у Відокремленому підрозділі «Аварійно-технічний центр», діяльність якого орієнтована на забезпечення готовності до реагування на

аварійні ситуації радіаційного та техногенного характеру. Якщо для атомних електростанцій у штатних умовах експлуатації найбільш значущими аспектами є утворення експлуатаційних радіоактивних відходів, скиди теплої води або контроль за викидами в атмосферне повітря, то для ВП АТЦ ключовим напрямом екологічного управління є забезпечення готовності до управління аварійними екологічними аспектами. У системі екологічного управління Аварійно-технічного центру особлива увага приділяється плануванню та тестуванню заходів аварійного реагування, контролю екологічних аспектів під час проведення навчань і реальних виїздів, запобіганню вторинному забрудненню під час проведення дезактиваційних робіт, екологічно безпечному поводженню з матеріалами та відходами, які утворюються в процесі ліквідації наслідків аварій. Важливим напрямом діяльності є також забезпечення екологічної безпеки під час експлуатації спеціалізованої техніки, контролю за використанням паливно-мастильних матеріалів, поводження з рідкими радіоактивними розчинами та організації систем збору й кондиціонування радіоактивно забруднених матеріалів. Таким чином, інтеграція міжнародних стандартів ISO 14001 у систему корпоративного управління НАЕК «Енергоатом» забезпечує системність, прозорість і безперервне вдосконалення екологічної діяльності підприємства. Сертифікація СЕУ відповідно до міжнародних стандартів підтверджує прагнення компанії забезпечувати високий рівень екологічної та радіаційної безпеки, мінімізувати негативний техногенний вплив на довкілля та гарантувати екологічно безпечне функціонування атомної енергетики України.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Аналіз впливу на довкілля, спричинений виробництвом електричної енергії

Оцінка впливу на довкілля є однією з фундаментальних складових системи екологічного управління (СЕУ) радіаційних об'єктів НАЕК «Енергоатом» та виступає важливим інструментом забезпечення екологічної, техногенної й радіаційної безпеки у сфері використання ядерної енергії. У сучасних умовах функціонування атомної енергетики процедура оцінки впливу на довкілля має не лише природоохоронне, а й стратегічне значення, оскільки дозволяє своєчасно виявляти потенційні екологічні ризики, прогнозувати можливі наслідки виробничої діяльності для навколишнього природного середовища та визначати комплекс необхідних заходів щодо їх мінімізації. Для підприємств атомної енергетики оцінка впливу на довкілля є невід'ємною частиною системи управління безпекою, оскільки експлуатація ядерних установок супроводжується використанням значних обсягів природних ресурсів, утворенням радіоактивних і промислових відходів, тепловим та техногенним впливом на екосистеми, а також потенційною можливістю виникнення аварійних ситуацій, наслідки яких можуть мати довгостроковий характер для довкілля та населення.

Основною метою оцінки впливу на довкілля є забезпечення прийняття екологічно обґрунтованих управлінських рішень ще на стадії планування або модернізації діяльності об'єкта. Такий підхід дозволяє не лише оцінити поточний стан навколишнього природного середовища, а й спрогнозувати можливі зміни екологічних показників під впливом діяльності підприємства, визначити рівень потенційного ризику для атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, рослинного і тваринного світу, а також здоров'я населення. Особливого значення процедура оцінки впливу на довкілля набуває під час продовження строків експлуатації енергоблоків, реконструкції виробничих

систем, модернізації обладнання або реалізації нових інвестиційних проєктів у сфері атомної енергетики. У таких випадках оцінювання дозволяє визначити, наскільки запланована діяльність відповідає вимогам екологічного законодавства, міжнародним стандартам ядерної безпеки та принципам сталого розвитку.

Базовим принципом екологічної безпеки українських атомних електростанцій є підтримання рівня радіаційного та загальнопромислового впливу на навколишнє природне середовище настільки низьким, наскільки це є розумно та технічно досяжним. Цей принцип відповідає міжнародній концепції ALARA (As Low As Reasonably Achievable), яка є одним із ключових принципів радіаційного захисту та широко застосовується у світовій практиці експлуатації ядерних установок. Реалізація принципу ALARA передбачає не лише обов'язкове дотримання встановлених нормативів радіаційної безпеки, а й постійне прагнення до подальшого зниження рівня техногенного та радіаційного навантаження на довкілля і населення навіть у тих випадках, коли нормативні показники не перевищуються. У системі екологічного управління НАЕК «Енергоатом» цей принцип інтегрований у процеси планування виробничої діяльності, проведення екологічного моніторингу, організації поводження з радіоактивними відходами, модернізації обладнання та розроблення заходів аварійного реагування.

Практична реалізація принципу ALARA на підприємствах атомної енергетики передбачає використання сучасних технологій очищення газоаерозольних викидів, систем контролю скидів забруднюючих речовин, автоматизованих систем радіаційного моніторингу та комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу виробничих процесів на навколишнє середовище. Значна увага приділяється модернізації обладнання, підвищенню енергоефективності технологічних процесів, впровадженню ресурсозберігаючих технологій, оптимізації систем охолодження та вдосконаленню механізмів поводження з радіоактивними відходами. Крім того, у межах функціонування СЕУ

здійснюється постійний контроль за рівнем радіаційного фону в санітарно-захисних зонах і зонах спостереження навколо АЕС, проводиться моніторинг стану атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, рослинності та інших компонентів довкілля.

Оцінка впливу на довкілля в атомній енергетиці має комплексний характер та охоплює широкий спектр екологічних аспектів. Під час проведення оцінювання аналізуються потенційні джерела радіаційного та хімічного забруднення, рівень теплового впливу на водні об'єкти, ризики утворення та накопичення відходів, вплив на біорізноманіття, зміну стану екосистем і можливі соціально-економічні наслідки для населення прилеглих територій. Особливу увагу приділяють аналізу аварійних ризиків, моделюванню можливих сценаріїв надзвичайних ситуацій та оцінюванню ефективності систем аварійного реагування. У процесі оцінювання враховуються також кумулятивні ефекти впливу виробничої діяльності, які можуть виникати внаслідок тривалого функціонування об'єкта та накопичення техногенного навантаження на довкілля.

Важливим елементом оцінки впливу на довкілля є організація екологічного моніторингу, який забезпечує отримання достовірної інформації про стан компонентів навколишнього природного середовища та дозволяє своєчасно виявляти зміни екологічних показників. У системі НАЕК «Енергоатом» функціонують автоматизовані системи контролю радіаційного стану, лабораторії екологічного та дозиметричного контролю, мережі спостереження за якістю атмосферного повітря і водних ресурсів. Отримані результати використовуються для оцінювання ефективності природоохоронних заходів, прогнозування можливих екологічних ризиків та підготовки управлінських рішень щодо вдосконалення екологічної політики підприємства.

Особливе значення у системі оцінки впливу на довкілля має діяльність Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр», який забезпечує готовність до реагування на аварійні ситуації радіаційного та техногенного характеру. У разі виникнення надзвичайної ситуації підрозділ здійснює

радіаційну розвідку, екологічний моніторинг, локалізацію джерел забруднення, проведення дезактиваційних заходів та оцінювання масштабів впливу аварії на довкілля. Функціонування такого підрозділу є важливою складовою системи екологічної безпеки атомної енергетики, оскільки дозволяє мінімізувати наслідки можливих аварій та забезпечити оперативне реагування на екологічні загрози.

Таким чином, оцінка впливу на довкілля у системі управління радіаційними об'єктами НАЕК «Енергоатом» є не лише обов'язковою процедурою, передбаченою екологічним законодавством України, а й одним із ключових механізмів забезпечення екологічної, техногенної та радіаційної безпеки держави. Реалізація принципу ALARA, впровадження сучасних технологій екологічного контролю, проведення постійного моніторингу та інтеграція природоохоронних заходів у систему корпоративного управління забезпечують мінімізацію негативного впливу атомної енергетики на довкілля та створюють необхідні умови для безпечного функціонування ядерної галузі України.

4.1.1 Радіаційний стан довкілля

Радіаційний фактор є найбільш специфічним, складним та екологічно значущим аспектом функціонування підприємств атомної енергетики, оскільки саме він визначає рівень потенційного впливу ядерних установок на навколишнє природне середовище, здоров'я населення та стан екологічної безпеки держави загалом. На відміну від традиційних галузей промисловості, де основними джерелами негативного впливу є хімічні забруднення, теплові викиди або механічне порушення природних комплексів, у сфері атомної енергетики особливу небезпеку становить можливість потрапляння радіоактивних речовин у компоненти біосфери. Навіть за умов штатної експлуатації атомних електростанцій питання контролю за рівнем радіаційного впливу має стратегічне значення, оскільки стабільність функціонування системи ядерної та радіаційної безпеки безпосередньо

впливає на екологічну ситуацію в регіонах розташування АЕС та рівень довіри населення до атомної енергетики. Саме тому одним із ключових напрямів функціонування системи екологічного управління НАЕК «Енергоатом» є організація багаторівневої системи радіаційного контролю та моніторингу довкілля, яка забезпечує постійне спостереження за радіаційною обстановкою, оперативне виявлення будь-яких змін екологічних показників та прогнозування потенційних ризиків для населення і природних екосистем.

Система радіоекологічного моніторингу на підприємствах атомної енергетики України базується на принципах безперервності спостереження, достовірності отриманих даних, оперативності реагування та багаторівневого контролю. Основним технічним інструментом такого контролю є Автоматизовані системи контролю радіаційної обстановки (АСКРО), які функціонують на всіх українських атомних електростанціях. Мережа датчиків АСКРО охоплює як промислові майданчики атомних електростанцій, так і території санітарно-захисних зон та 30-кілометрових зон спостереження навколо Запорізька атомна електростанція, Південноукраїнська атомна електростанція, Хмельницька атомна електростанція та Рівненська атомна електростанція. Система працює у цілодобовому автоматичному режимі та забезпечує постійний контроль потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання, рівня радіаційного фону, концентрації радіонуклідів у повітрі та інших параметрів, що характеризують стан радіаційної обстановки. Інформація з датчиків надходить до диспетчерських центрів у режимі реального часу, що дозволяє оперативно реагувати навіть на незначні відхилення від нормативних показників. Важливою особливістю системи АСКРО є її інтеграція з національними та міжнародними системами радіаційного моніторингу, що забезпечує обмін інформацією між різними органами державного контролю, кризовими центрами та міжнародними організаціями у сфері ядерної безпеки.

Функціонування АСКРО має важливе значення не лише для контролю за радіаційною ситуацією, а й для підтримання прозорості діяльності

підприємств атомної енергетики. Дані автоматизованого моніторингу використовуються під час оцінювання впливу діяльності АЕС на навколишнє середовище, підготовки екологічної звітності, проведення екологічних аудитів та інформування населення про стан радіаційної безпеки в регіонах розташування станцій. У сучасних умовах відкритість та доступність екологічної інформації є важливим чинником забезпечення суспільної довіри до атомної енергетики, тому результати радіаційного моніторингу регулярно аналізуються, систематизуються та використовуються для формування офіційних екологічних звітів підприємства. Водночас автоматизовані системи не є єдиним інструментом радіаційного контролю. Значну роль у забезпеченні екологічної безпеки відіграють спеціалізовані еколого-хімічні та радіологічні лабораторії атомних електростанцій, які здійснюють детальний лабораторний аналіз компонентів довкілля.

Лабораторний радіоекологічний контроль передбачає регулярний відбір та дослідження великої кількості проб атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, донних відкладень, рослинності та сільськогосподарської продукції. Особлива увага приділяється контролю продуктів харчування, оскільки саме через харчові ланцюги радіонукліди можуть потрапляти до організму людини. Для оцінювання рівня техногенного навантаження досліджуються молоко, м'ясо, риба, зернові культури, овочі, фрукти та питна вода, вироблені або отримані на територіях зон спостереження. Під час лабораторних досліджень застосовуються сучасні спектрометричні та радіометричні методи аналізу, які дозволяють визначати навіть мінімальні концентрації техногенних радіонуклідів у природних середовищах. Основними контрольованими радіонуклідами є цезій-137, стронцій-90, ізотопи йоду, тритій, вуглець-14 та інші продукти поділу ядерного палива. Результати досліджень порівнюються з нормативами радіаційної безпеки та природним фоновим рівнем радіоактивності, характерним для відповідних регіонів. Багаторічні результати моніторингу свідчать про відсутність тенденцій до накопичення штучних радіонуклідів у

компонентах довкілля навколо українських атомних електростанцій у штатних умовах експлуатації.

Радіаційний вплив атомних електростанцій на довкілля у нормальному режимі функціонування відбувається переважно двома шляхами — через газоаерозольні викиди в атмосферу та рідинні скиди у водні об'єкти. Газоаерозольні викиди формуються у процесі роботи вентиляційних систем енергоблоків, систем очищення повітря та допоміжного обладнання. До складу таких викидів можуть входити інертні радіоактивні гази, ізотопи йоду та незначні кількості аерозольних радіонуклідів. Найбільш контрольованими речовинами є йод-131, цезій-137, стронцій-90 та інші довгоживучі ізотопи. Для мінімізації потрапляння радіоактивних речовин у навколишнє середовище на атомних електростанціях функціонують багатоступеневі системи очищення та фільтрації вентиляційних викидів. Такі системи включають механічні, сорбційні та аерозольні фільтри високого ступеня очищення, ефективність яких дозволяє затримувати переважну більшість радіоактивних частинок. Аналіз багаторічних даних екологічного моніторингу підтверджує, що фактичні обсяги викидів на українських АЕС є надзвичайно низькими та становлять лише незначні частки від встановлених гранично допустимих викидів. У більшості випадків ці показники не перевищують навіть десятих або сотих часток відсотка від нормативних значень, встановлених органами державного ядерного регулювання.

Не менш важливим напрямом екологічного контролю є моніторинг рідинних скидів, оскільки атомні електростанції використовують значні обсяги води для охолодження реакторних установок та забезпечення роботи технологічних систем. Особливу увагу система екологічного управління приділяє контролю за вмістом тритію та вуглецю-14 — специфічних радіонуклідів, які складніше піддаються очищенню та можуть потрапляти у водні екосистеми. Для мінімізації такого впливу на підприємствах атомної енергетики використовуються оборотні або замкнені системи технічного водопостачання, що дозволяє значно скоротити обсяги скидів у відкриті водойми. Додатково функціонують установки спеціального водоочищення,

які забезпечують очищення технологічних вод від радіоактивних домішок та інших забруднюючих речовин. Контроль якості води здійснюється як у водоймах-охолоджувачах, так і в прилеглих річкових системах, підземних водах та інших водних об'єктах. Результати спостережень свідчать про те, що концентрації радіонуклідів у водоймах залишаються на рівнях, які не становлять небезпеки для водних організмів, екосистем та населення. Крім радіаційного контролю, значна увага приділяється також оцінюванню теплового впливу атомних станцій на водні об'єкти, оскільки підвищення температури води може впливати на стан гідробіоценозів та змінювати екологічну рівновагу водойм.

Особливу роль у системі забезпечення радіаційної безпеки відіграє Відокремлений підрозділ «Аварійно-технічний центр», який виконує функції незалежного інструменту оперативного реагування та додаткового контролю за станом радіаційної обстановки. Під час проведення протиаварійних тренувань, навчань та перевірок фахівці АТЦ здійснюють радіаційну розвідку із застосуванням мобільних радіометричних лабораторій, сучасних дозиметричних комплексів та безпілотних літальних апаратів, оснащених спеціалізованими датчиками радіаційного контролю. Такі мобільні системи дозволяють оперативно проводити незалежне оцінювання радіаційної обстановки, здійснювати перехресну перевірку даних АСКРО та визначати масштаби можливого радіоактивного забруднення у разі виникнення позаштатних ситуацій. Крім того, АТЦ бере участь у моделюванні можливих аварійних сценаріїв, розробленні заходів локалізації наслідків аварій та підготовці персоналу до дій в умовах надзвичайних ситуацій.

Особливої актуальності питання радіаційного моніторингу та екологічної безпеки набули після військової окупації Запорізька атомна електростанція у 2022 році. Військова присутність на території найбільшої атомної електростанції Європи створила безпрецедентні ризики для ядерної та екологічної безпеки України та всього європейського регіону. Порушення нормального режиму функціонування систем екологічного управління, проблеми із забезпеченням стабільного зовнішнього електропостачання,

пошкодження інфраструктури та обмеження доступу міжнародних експертів значно ускладнили здійснення повноцінного екологічного контролю на об'єкті. У цих умовах кризовий центр НАЕК «Енергоатом» та ВП «Аварійно-технічний центр» активно використовують сучасні системи підтримки прийняття рішень, зокрема європейську систему RODOS, яка дозволяє здійснювати моделювання можливого розповсюдження радіонуклідів, прогнозувати масштаби потенційного радіоактивного забруднення та оцінювати транскордонний вплив можливих аварійних ситуацій. [8, 11]

Комплексний аналіз результатів багаторічних досліджень, даних автоматизованого радіаційного моніторингу та лабораторного контролю свідчить про те, що за умов нормальної штатної експлуатації українських атомних електростанцій радіаційний вплив на навколишнє природне середовище залишається мінімальним і контрольованим. Рівні гамма-фону у межах зон спостереження відповідають природним або доаварійним значенням, характерним для відповідних регіонів, а концентрації техногенних радіонуклідів у повітрі, воді, ґрунтах та біологічних об'єктах не перевищують встановлених нормативів радіаційної безпеки. Це підтверджує ефективність функціонування систем екологічного управління, автоматизованого радіаційного контролю, природоохоронних технологій та багаторівневої системи забезпечення ядерної і радіаційної безпеки, що функціонує в атомній енергетиці України.

4.1.2 Охорона атмосферного повітря

Хоча радіаційний моніторинг і контроль за рівнем іонізуючого випромінювання є пріоритетними напрямками діяльності підприємств атомної енергетики, управління викидами хімічних (нерадіоактивних) забруднюючих речовин в атмосферне повітря також належить до ключових складових екологічної результативності НАЕК «Енергоатом». Функціонування атомних електростанцій, допоміжної інфраструктури та спеціалізованих аварійно-технічних підрозділів супроводжується експлуатацією значної кількості

енергетичних, транспортних і технологічних об'єктів, робота яких пов'язана зі спалюванням органічного палива та утворенням газоподібних і твердих забруднювачів. Незважаючи на те, що обсяги таких викидів суттєво менші порівняно з підприємствами теплової енергетики чи металургійної промисловості, вони все одно формують локальне техногенне навантаження на атмосферне повітря та потребують постійного контролю в межах системи екологічного управління. Саме тому одним із важливих напрямів функціонування СЕУ в атомній енергетиці є забезпечення контролю за станом атмосферного повітря, регулювання діяльності джерел викидів, проведення екологічного моніторингу та реалізація заходів щодо мінімізації негативного впливу технологічних процесів на повітряний басейн.

У межах системи екологічного управління всі джерела хімічних викидів на підприємствах атомної енергетики поділяються на стаціонарні та мобільні. Такий підхід дозволяє більш ефективно організовувати процедури екологічного контролю, інвентаризації, нормування та моніторингу викидів забруднюючих речовин. До стаціонарних джерел належать об'єкти, місце розташування яких є постійним і які здійснюють викиди через стаціонарні димові або вентиляційні системи. Основними стаціонарними джерелами викидів на промислових майданчиках атомних електростанцій є пуско-резервні котельні, резервні дизель-генераторні станції, установки технічного обслуговування обладнання, зварювальні дільниці, системи аварійного енергозабезпечення та інші допоміжні технологічні об'єкти. До мобільних джерел належать транспортні засоби, спеціалізована інженерна техніка, аварійно-рятувальні машини, мобільні лабораторії, автобуси, вантажний транспорт та інші механізми, оснащені двигунами внутрішнього згорання.

Важливим елементом технологічної інфраструктури атомних електростанцій є пуско-резервні котельні, призначені для забезпечення енергоблоків парою під час проведення пускових і ремонтних операцій, підтримання технологічних режимів, а також забезпечення тепlopостачання промислових майданчиків та міст-супутників у холодний період року. Залежно від технічних особливостей конкретної станції та типу

встановленого обладнання, пуско-резервні котельні можуть працювати на природному газі, мазуті або дизельному паливі. Під час процесу спалювання палива в атмосферне повітря надходять оксиди азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю, вуглекислий газ, вуглеводні, а також тверді суспендовані частинки у вигляді сажі та золи. Найбільшу екологічну небезпеку серед цих речовин становлять оксиди азоту та діоксид сірки, які здатні брати участь у процесах утворення кислотних дощів, фотохімічного смогу та вторинного забруднення атмосфери. Крім того, викиди вуглекислого газу розглядаються як один із чинників глобальних кліматичних змін, що обумовлює необхідність поступового підвищення енергоефективності та оптимізації процесів спалювання палива навіть у ядерній енергетиці.

Особливе місце у структурі стаціонарних джерел займають резервні дизель-генераторні станції, які є критично важливими елементами систем безпеки атомних електростанцій. Їх основне призначення полягає у забезпеченні автономного електроживлення систем охолодження реакторів, аварійного обладнання та інших важливих технологічних систем у разі повної втрати зовнішнього електропостачання. Саме резервні дизель-генератори забезпечують підтримання ядерної безпеки у кризових ситуаціях, тому вони постійно перебувають у режимі готовності та регулярно проходять планові випробування під навантаженням. Під час таких тестувань відбувається спалювання значних обсягів дизельного палива, що супроводжується утворенням оксидів азоту, оксиду вуглецю, летких органічних сполук, сажі, дрібнодисперсного пилу та сполук сірки. Незважаючи на відносно короткочасний характер роботи генераторів, викиди від них характеризуються високою інтенсивністю та потребують постійного екологічного контролю. У сучасних умовах, особливо після початку масштабних атак на енергетичну інфраструктуру України, роль резервних дизельних систем суттєво зросла, що додатково підвищує значення контролю за їх екологічними показниками.

Окрему увагу у межах дослідження приділено діяльності Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр», оскільки саме цей

підрозділ виконує функції оперативного реагування на надзвичайні ситуації радіаційного та техногенного характеру. Специфіка функціонування ВП АТЦ обумовлює наявність власних стаціонарних джерел викидів, до яких належать автономні системи опалення виробничих приміщень, ремонтні та зварювальні дільниці, технічні майстерні, ділянки обслуговування спеціальної техніки та резервні дизельні генератори кризового центру. Під час проведення зварювальних робіт в атмосферу можуть надходити оксиди металів, аерозолі зварювання, пил та газоподібні сполуки. Робота ремонтних зон і технічних майстерень супроводжується випаровуванням паливно-мастильних матеріалів, використанням лакофарбових речовин та утворенням дрібнодисперсного пилу. Водночас найбільш значущими джерелами забруднення залишаються дизельні системи резервного енергозабезпечення, які забезпечують автономність кризового центру та підтримання його функціонування в умовах надзвичайних ситуацій.

Суттєве екологічне навантаження формують також мобільні джерела викидів, представлені автотранспортним і спеціалізованим технічним парком підприємств атомної енергетики. Особливістю ВП «Аварійно-технічний центр» є наявність великої кількості важкої спеціалізованої техніки, призначеної для виконання аварійно-рятувальних, дезактиваційних та інженерних робіт. До складу такого парку входять мобільні лабораторії радіаційної розвідки, дезактиваційні машини, пожежно-рятувальна техніка, пересувні командні пункти, інженерні комплекси, автобуси для евакуації персоналу та інші спеціалізовані транспортні засоби. Переважна більшість цієї техніки оснащена дизельними двигунами внутрішнього згоряння, робота яких супроводжується утворенням значної кількості продуктів відпрацьованих газів. Найбільшу екологічну небезпеку серед них становлять оксиди азоту, дрібнодисперсний пил PM_{2.5} та PM₁₀, канцерогенні поліциклічні ароматичні вуглеводні, зокрема бенз(а)пірен, а також чадний газ і леткі органічні сполуки. Особливу проблему становить дрібнодисперсний пил, який здатний тривалий час перебувати в атмосфері та негативно впливати на органи дихання людини.

Для мінімізації негативного впливу хімічних викидів на атмосферне повітря в системі екологічного управління НАЕК «Енергоатом» реалізується комплекс організаційних, технічних та контрольних заходів. Одним із базових елементів екологічного менеджменту є процедура інвентаризації джерел викидів, відповідно до якої всі стаціонарні джерела підлягають державному обліку та паспортизації. На основі результатів інвентаризації підприємства отримують дозволи на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, які встановлюють нормативи гранично допустимих викидів та визначають умови експлуатації відповідного обладнання. Важливе значення має також система виробничого екологічного контролю, у межах якої спеціалізовані лабораторії здійснюють регулярний інструментально-лабораторний контроль складу та обсягів викидів безпосередньо на димових трубах котелень, вентиляційних системах і вихлопних трактах дизельних генераторів. Результати контролю порівнюються з нормативними показниками та використовуються для оцінювання ефективності природоохоронних заходів.

Важливим напрямом підвищення екологічної результативності є технічна модернізація обладнання та транспортної інфраструктури. На підприємствах атомної енергетики впроваджуються сучасні палинкові системи зі зниженим рівнем утворення оксидів азоту, оптимізуються режими спалювання палива, удосконалюються системи очищення відпрацьованих газів та поступово оновлюється автотранспортний парк. Значна увага приділяється переходу на транспортні засоби з вищими екологічними стандартами, зокрема Євро-5 та Євро-6, а також використанню електромобілів для внутрішньомайданчикових потреб. Додатково система екологічного управління регламентує процедури вхідного контролю паливно-мастильних матеріалів. Використання дизельного палива з низьким вмістом сірки дозволяє суттєво скоротити викиди діоксиду сірки та зменшити утворення вторинних атмосферних забруднювачів.

Комплексний аналіз результатів екологічного моніторингу свідчить про те, що сумарні обсяги нерадіоактивних викидів в атмосферне повітря від

об'єктів НАЕК «Енергоатом» та ВП «Аварійно-технічний центр» не перевищують установлених нормативних критеріїв і перебувають у межах допустимих екологічних показників (табл.1).

Таблиця 1 - Викиди в атмосферне повітря

Найменування	2025 рік (тонн)	2025 рік (г/кВт-год)	2024 рік (тонн)	2024 рік (г/кВт-год)	2023 рік (тонн)	2023 рік (г/кВт-год)
Азоту оксиди	3566,851		984,577	0,644	3566,851	
Бутилацетат	1,129	0,00103			1,129	0,00103
Ванадію п'ятиокис	0,137	0,00125			0,137	0,00125
Водень хлористий	0,018	0,0000271			0,018	0,0000271
Вуглецю окис	18,94	0,0254			18,94	0,0254
Вуглецю двоокис	3453,661	25,7			3453,661	25,7
Вуглеводні	35,893	0,044			35,893	0,044
Газоподібні фтористі сполуки	0,105	0,0000832			0,105	0,0000832
Тверді речовини	17,498	0,0193			17,498	0,0193
Кадмію сполуки	0,000000996	0,000026			0,000000996	0,000026
Марганець та його сполуки	0,001	0,028			0,001	0,028
Нікель та його сполуки	0	4,85E-08			0	4,85E-08
Озон	0	0			0	0
Ртуть та її сполуки	0	0			0	0
Свинець та його сполуки	0	0			0	0
Сірководень	0,135	0,000132			0,135	0,000132
Сірковуглець	0	0			0	0
Спирт н-бутиловий	0,729	0,000806	0,75268	0,000579	0,729	0,000806
Стирол	0	0	0	0	0	0
Фенол	0,004	0,00000622	0,00037	0,000000317	0,004	0,00000622
Формальдегід	0,122	0,000151	0,02945	0,000023	0,122	0,000151
Хром та його сполуки	0,008	0,00000744	0,001599	2,75E-08	0,008	0,00000744
Радіоактивні відходи	0	0,000000037	0	0	0	0,000000037

Водночас специфіка функціонування атомної енергетики, наявність великої кількості резервних дизельних систем, необхідність підтримання їх

постійної готовності та зростання ролі аварійної інфраструктури в умовах воєнних ризиків обумовлюють потребу у безперервному операційному контролі, удосконаленні природоохоронних технологій та постійному підвищенні ефективності системи екологічного управління відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 14001 [4, 13].

4.1.3 Охорона водних ресурсів

Водні ресурси є одним із найважливіших екологічних, технологічних і стратегічних компонентів функціонування підприємств атомної енергетики, оскільки саме вода забезпечує стабільну роботу систем охолодження реакторних установок, підтримання технологічних процесів, функціонування енергетичного обладнання та реалізацію комплексу заходів із забезпечення ядерної й радіаційної безпеки. У сучасній атомній енергетиці вода виконує не лише роль природного ресурсу, а й виступає критично важливим елементом виробничої інфраструктури, без якого неможливе безпечне функціонування енергоблоків. Експлуатація атомних електростанцій безпосередньо пов'язана із забором, транспортуванням, використанням, очищенням та повторним поверненням значних обсягів води у виробничі цикли. Вода використовується для охолодження конденсаторів турбін, забезпечення роботи систем аварійного охолодження, підтримання технологічних параметрів у допоміжних контурах, функціонування установок хімічного водоочищення, пожежогасіння, а також для господарсько-побутових і санітарних потреб персоналу та міст-супутників атомних електростанцій. Саме тому у структурі системи екологічного управління НАЕК «Енергоатом» управління водними ресурсами займає одне з провідних місць і розглядається як важливий елемент забезпечення екологічної безпеки, сталого природокористування та мінімізації техногенного навантаження на водні екосистеми.

Особливе значення питання охорони водного середовища набуває у зв'язку з тим, що гідротехнічна інфраструктура українських атомних

електростанцій безпосередньо пов'язана з великими річковими системами держави. Запорізька атомна електростанція функціонує у басейні річки Дніпро, Південноукраїнська атомна електростанція використовує водні ресурси річки Південний Буг, а Рівненська атомна електростанція та Хмельницька атомна електростанція взаємодіють із водними системами Полісся та басейнами річок Стир і Горинь. Така інтеграція атомної енергетики у водогосподарський комплекс країни вимагає надзвичайно жорсткого екологічного контролю, оскільки будь-які порушення режимів водокористування або неефективне функціонування систем очищення потенційно можуть впливати на стан поверхневих і підземних вод, біорізноманіття, гідробіологічні процеси та забезпечення населення водними ресурсами. Саме тому система екологічного управління в атомній енергетиці ґрунтується на принципах раціонального природокористування, мінімізації безповоротного водоспоживання, підтримання стабільного гідрологічного режиму водних об'єктів та запобігання будь-яким формам хімічного, теплового чи радіаційного забруднення.

Одним із ключових напрямів екологічного менеджменту у сфері водокористування є впровадження оборотних та замкнених систем технічного водопостачання, що дозволяють багаторазово використовувати один і той самий об'єм води у виробничих циклах. На всіх українських атомних електростанціях функціонують складні системи циркуляційного охолодження, які забезпечують ефективне відведення тепла від енергетичного обладнання при мінімальному використанні природних водних ресурсів. Для цього використовуються великі штучні стави-охолоджувачі, як на Запорізькій та Хмельницькій АЕС, або баштові градирні, що функціонують на Рівненській АЕС. Завдяки таким технологічним рішенням безпосередній забір води з природних джерел здійснюється лише для компенсації втрат, пов'язаних із випаровуванням, продувкою систем або технічними потребами. Це дозволяє значно знизити навантаження на природні водні об'єкти та мінімізувати ризики порушення природного водного балансу. Система екологічного управління забезпечує постійний

контроль за дотриманням лімітів спеціального водокористування, визначених у відповідних дозволах, а також здійснює моніторинг обсягів забору, циркуляції та скидання води. Особливого значення такий контроль набуває у періоди сезонного маловоддя, коли природна здатність річкових систем до самовідновлення та самоочищення суттєво знижується.

Важливим екологічним аспектом діяльності атомних електростанцій є тепловий вплив на гідроекосистеми. Під час роботи енергоблоків значна кількість теплової енергії передається охолоджувальній воді, яка після проходження технологічного циклу повертається до ставів-охолоджувачів або циркуляційних систем із підвищеною температурою. Незважаючи на те, що такі води є нормативно чистими за хімічними та радіаційними показниками, їх термічний вплив може спричиняти суттєві зміни екологічного стану водойм. Підвищення температури води призводить до зниження концентрації розчиненого кисню, зміни гідробіологічних процесів, активізації евтрофікації, масового розвитку синьо-зелених водоростей та порушення природного балансу водних екосистем. Особливо інтенсивно такі процеси проявляються у літній період, коли високі температури повітря додатково посилюють нагрівання водойм. Одним із негативних наслідків теплового впливу є активне розмноження молюска *Dreissena*, який утворює колонії на внутрішніх поверхнях трубопроводів і гідротехнічного обладнання, що ускладнює функціонування систем охолодження та потребує додаткових технічних заходів.

Для мінімізації теплового навантаження на водні екосистеми у межах системи екологічного управління реалізується комплекс природоохоронних і технічних заходів. Значна увага приділяється проведенню іхтіологічної біомеліорації, яка передбачає регулярне зариблення водойм-охолоджувачів спеціально підібраними видами риб-меліораторів, такими як білий амур і товстолобик. Ці види риб активно поїдають водну рослинність та надлишковий фітопланктон, що сприяє природному очищенню водойм, зниженню інтенсивності «цвітіння» води та підтриманню стабільного екологічного балансу. Біологічна меліорація дозволяє зменшити необхідність

застосування хімічних засобів боротьби з евтрофікацією та є прикладом використання екологічно орієнтованих методів управління природними ресурсами. Паралельно здійснюється технічна модернізація систем охолодження, зокрема будівництво бризкальних басейнів і вдосконалення градирень, що дозволяє ефективніше розсіювати надлишкове тепло та знижувати температуру води перед її поверненням у циркуляційну систему. Такі заходи суттєво знижують загальне теплове навантаження на водойми та сприяють збереженню їх екологічної стійкості.

Окремим напрямом екологічного контролю є моніторинг хімічного складу стічних і зворотних вод. Основними джерелами надходження хімічних речовин є продувочні води систем охолодження, в яких накопичуються природні солі через випаровування, а також регенераційні розчини установок хімічного водоочищення. У таких водах можуть міститися сульфати, хлориди, фосфати, сполуки азоту, нафтопродукти та інші компоненти, здатні впливати на екологічний стан водних об'єктів. З метою запобігання забрудненню довкілля на атомних електростанціях функціонують сучасні комплекси очисних споруд, які забезпечують механічне, фізико-хімічне та біологічне очищення стічних вод. Господарсько-побутові та нафтомісткі стоки проходять багатоступеневу очистку перед скиданням або повторним використанням. Водночас технологічні води, що можуть містити радіоактивні або хімічні домішки, направляються на установки спецводоочищення, де використовуються іонообмінні фільтри, сорбційні матеріали та інші технології глибокої очистки. Це дозволяє підтримувати концентрації забруднюючих речовин значно нижче нормативів гранично допустимого скиду та мінімізувати негативний вплив на водні екосистеми (табл. 2).

Специфічне місце у системі екологічного управління водними ресурсами займає діяльність Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр». На відміну від атомних електростанцій, ВП АТЦ не здійснює масштабного використання водних ресурсів для технологічних потреб, оскільки не бере безпосередньої участі у виробництві електроенергії.

Таблиця 2 - Скиди у водні об'єкти

Найменування	2025 рік (тонн)	2025 рік (г/кВт- год)	2024 рік (тонн)	2024 рік (г/кВт- год)	2023 рік (тонн)	2023 рік (г/кВт- год)
Завислі речовини	111,813	0,0723			111,813	0,0723
Нафтопродукти	0,495	0,000381			0,495	0,000381
Нітрити	8,429	0,0128			8,429	0,0128
Сульфати	9681,305	7,11	9048,473	0,207	9681,305	7,11
Фосфати	5,149	0,00459			5,149	0,00459
Хлориди	3883,649	2,83	3661,968	2,09	3883,649	2,83
Радіоактивні відходи	0	0	0	0	0	0

Однак діяльність підрозділу супроводжується ризиками утворення специфічних рідких відходів під час проведення аварійно-рятувальних, тренувальних і дезактиваційних робіт. Основним екологічним аспектом у цьому випадку є поводження з розчинами, що утворюються під час спеціальної обробки техніки, обладнання, захисного одягу та інструментів. Такі розчини можуть містити поверхнево-активні речовини, комплексоутворювачі, залишки паливно-мастильних матеріалів, а у разі реальних аварій – і радіоактивні речовини, змиті з поверхонь техніки чи обладнання. З метою запобігання потраплянню цих речовин у довкілля система екологічного управління ВП АТЦ передбачає функціонування спеціалізованих майданчиків для дезактивації із замкненими системами збору стічних вод та герметичними накопичувальними резервуарами. Усі рідкі відходи збираються, ізолюються та транспортуються на установки спецводоочищення або комплекси поводження з рідкими радіоактивними відходами, де проходять процедури упарювання, цементування, бітумування чи іншої форми кондиціонування.

Комплексний аналіз результатів екологічного моніторингу свідчить про те, що впровадження замкнених систем циркуляції води, використання сучасних технологій очищення, проведення постійного лабораторного контролю хімічних і радіологічних параметрів, а також функціонування надійної системи локалізації специфічних дезактиваційних розчинів у ВП «Аварійно-технічний центр» забезпечують високий рівень екологічної безпеки у сфері водокористування. Діяльність об'єктів НАЕК «Енергоатом» відповідає вимогам водного законодавства України, міжнародним

екологічним стандартам та принципам сталого природокористування. Реалізація природоохоронних заходів дозволяє підтримувати стабільний екологічний стан поверхневих і підземних водних об'єктів, запобігати деградації водних екосистем та мінімізувати ризики локального й транскордонного забруднення водного середовища в умовах функціонування атомної енергетики України [4, 14].

4.1.4 Управління відходами

Ефективне управління відходами є одним із найбільш складних, багатокомпонентних та екологічно відповідальних напрямів діяльності підприємств атомної енергетики, оскільки функціонування ядерних установок супроводжується утворенням великої кількості різномірних за фізичними, хімічними та радіологічними характеристиками відходів, які потребують спеціального контролю, ізоляції та переробки. На відміну від більшості інших галузей промисловості, атомна енергетика одночасно працює з двома фундаментально різними категоріями відходів — загальнопромисловими та радіоактивними, що суттєво ускладнює систему екологічного менеджменту та вимагає впровадження багаторівневої структури екологічного контролю. У системі екологічного управління НАЕК «Енергоатом» поводження з відходами розглядається не лише як технологічний процес, а як стратегічний напрям забезпечення екологічної, санітарної та радіаційної безпеки держави. Саме тому система управління відходами на підприємствах компанії побудована відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 14001:2015, законодавства України у сфері охорони навколишнього природного середовища, поводження з небезпечними відходами та радіаційної безпеки, а також рекомендацій МАГАТЕ щодо безпечного поводження з радіоактивними матеріалами. Основним принципом функціонування цієї системи є повний контроль життєвого циклу відходів — від моменту їх утворення до остаточного кондиціонування, захоронення або передачі на спеціалізовану переробку.

Такий підхід дозволяє мінімізувати ризики потрапляння небезпечних речовин у компоненти біосфери, запобігати забрудненню ґрунтів, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря та забезпечувати стабільний екологічний стан територій розміщення атомних електростанцій.

У межах системи екологічного управління особлива увага приділяється принципу мінімізації утворення відходів безпосередньо на етапі виробничих процесів. Для цього на підприємствах впроваджуються ресурсозберігаючі технології, сучасні системи очищення, повторне використання окремих матеріалів, оптимізація технологічних циклів та поступовий перехід до принципів циркулярної економіки. Мінімізація обсягів відходів має надзвичайно важливе значення не лише з екологічної, а й з економічної точки зору, оскільки зменшує навантаження на системи зберігання, транспортування та переробки, а також дозволяє скоротити витрати на утилізацію небезпечних матеріалів. Система екологічного менеджменту забезпечує обов'язковий облік усіх потоків відходів, їх класифікацію за рівнем небезпеки, контроль місць накопичення та суворе дотримання процедур транспортування і передачі спеціалізованим підприємствам. Особливу увагу приділяють недопущенню змішування різних категорій відходів, оскільки це може суттєво ускладнити подальшу переробку та збільшити ризики вторинного забруднення довкілля.

Загальнопромислові відходи, які утворюються у процесі функціонування атомних електростанцій та допоміжних підрозділів, поділяються на декілька категорій залежно від ступеня їхньої небезпеки. Найбільш екологічно небезпечними є відходи I–III класів небезпеки, до яких належать ртутьвмісні лампи, акумуляторні батареї, відпрацьовані мастила, нафтовмісні шлами, фільтрувальні матеріали, залишки хімічних реагентів, осади установок водоочищення, лакофарбові матеріали та інші токсичні речовини. Ці відходи становлять потенційну загрозу через можливість виділення важких металів, токсичних органічних сполук або нафтопродуктів у навколишнє середовище. З метою запобігання такому впливу система екологічного управління передбачає їх обов'язковий роздільний збір,

зберігання у герметичній спеціалізованій тарі та розміщення виключно на обладнаних майданчиках із водонепроникним покриттям, системами збору стічних вод та захистом від атмосферних опадів. Після накопичення такі відходи передаються ліцензованим підприємствам, які мають право здійснювати утилізацію, регенерацію або знешкодження небезпечних речовин. Значна частина мастил і нафтопродуктів проходить процедури регенерації, що дозволяє повторно використовувати ресурси та скорочувати загальні обсяги відходів.

Водночас важливим напрямом екологічного менеджменту є поводження з безпечними або малонебезпечними відходами IV класу небезпеки. До цієї категорії належать металобрухт, деревина, папір, картон, пластик, будівельні матеріали, скло та тверді побутові відходи. У межах реалізації принципів циркулярної економіки система екологічного управління орієнтована на максимальне повернення таких матеріалів у господарський обіг. Металобрухт чорних і кольорових металів передається на металургійні підприємства для вторинної переробки, папір та картон – на підприємства целюлозно-паперової промисловості, а полімерні матеріали – на спеціалізовані комплекси рециклінгу. Такий підхід дозволяє суттєво скоротити навантаження на полігони твердих побутових відходів, зменшити використання первинних природних ресурсів та сприяє формуванню екологічно орієнтованої моделі виробництва.

Найбільш специфічним і складним напрямом екологічної діяльності атомної енергетики є система поводження з радіоактивними відходами (РАВ), які утворюються в процесі експлуатації реакторних установок, ремонту обладнання, очищення технологічних контурів, роботи систем спецводоочищення, проведення дезактиваційних робіт та функціонування вентиляційних систем. Радіоактивні відходи класифікуються за фізичним станом, рівнем активності та періодом напіврозпаду радіонуклідів. До них належать рідкі радіоактивні відходи (РРАВ), тверді радіоактивні відходи (ТРАВ), відпрацьовані фільтри, сорбенти, забруднений металобрухт, захисний одяг, інструменти та інші матеріали, що контактували з

радіоактивними речовинами. Основною метою екологічного менеджменту у цій сфері є мінімізація обсягів утворення РАВ, локалізація радіонуклідів та переведення відходів у стабільний фізико-хімічний стан, придатний для безпечного довгострокового зберігання або остаточного захоронення.

На українських атомних електростанціях функціонують спеціалізовані комплекси переробки радіоактивних відходів, оснащені сучасними технологічними лініями. Одним із перших етапів обробки ТРАВ є їх сортування та фрагментація. Відходи розділяють залежно від рівня активності, матеріального складу та можливості подальшої переробки. Великогабаритні металеві конструкції та елементи обладнання проходять процедури механічного подрібнення або різання, що дозволяє оптимізувати їх подальше транспортування та зберігання. Низькоактивні тверді відходи підлягають пресуванню або суперпресуванню під високим тиском, унаслідок чого їх об'єм зменшується у декілька разів. Це суттєво скорочує потребу у площах для зберігання та дозволяє підвищити ефективність використання сховищ. Горючі тверді відходи, серед яких захисний одяг, папір, текстиль, полімерні матеріали та обтиральне ганчір'я, спалюються у спеціалізованих високотемпературних печах. Такі установки оснащені багатоступеневими системами очищення димових газів, включаючи аерозольні фільтри, сорбційні установки та системи очищення від дрібнодисперсних частинок, що забезпечує мінімізацію викидів радіонуклідів у атмосферне повітря. У результаті спалювання утворюється концентрований зольний залишок невеликого об'єму, який підлягає подальшому кондиціонуванню та ізоляції.

Особливо складним напрямом є поводження з рідкими радіоактивними відходами, які утворюються під час очищення технологічних контурів, функціонування систем спецводоочищення та проведення дезактиваційних заходів. Для їх переробки використовуються установки упарювання, фільтрації, сорбції та цементування. На першому етапі надлишкова вода видаляється шляхом випаровування, що дозволяє концентрувати радіонукліди у невеликому об'ємі кубового залишку. Після цього концентровані розчини змішуються зі спеціальними цементними

композиціями та розміщуються у захисних контейнерах. Після затвердіння формується міцна цементна матриця, яка ефективно ізолює радіонукліди та запобігає їх міграції у навколишнє середовище навіть у довгостроковій перспективі. Така технологія вважається однією з найбільш надійних у міжнародній практиці поводження з РАВ і широко застосовується на об'єктах атомної енергетики.

Специфічне місце у системі екологічного управління займає діяльність Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр», який виконує функції кризового реагування та ліквідації наслідків аварійних ситуацій. На відміну від атомних електростанцій, ВП АТЦ не здійснює безпосереднього виробництва електроенергії, проте його діяльність супроводжується утворенням особливих категорій відходів, пов'язаних із проведенням рятувальних, дезактиваційних та локалізаційних робіт. У процесі ліквідації наслідків аварій або під час тактико-спеціальних навчань утворюються забруднені засоби індивідуального захисту, респіратори, рукавички, захисні костюми, сорбційні матеріали, фільтри, дезактиваційні реагенти, а у випадку реальних інцидентів — і радіоактивно забруднені елементи довкілля, включаючи ґрунт, рослинність та уламки конструкцій. Система екологічного управління ВП АТЦ передбачає суворий поетапний алгоритм поводження з такими матеріалами. Безпосередньо у зоні проведення робіт усі відходи проходять первинний радіометричний контроль для визначення рівня їхньої активності та потенційної небезпеки. Після цього матеріали сортуються та пакуються у спеціалізовані герметичні контейнери, металеві бочки або поліетиленові мішки підвищеної міцності, які унеможливають розсіювання радіоактивного пилу або витікання рідин. Кожне пакування обов'язково маркується відповідно до вимог радіаційної безпеки із зазначенням типу відходів, місця їх утворення, дати пакування та рівня активності. Надалі такі відходи транспортуються на спеціально обладнані майданчики тимчасового зберігання, оснащені системами екологічного моніторингу, вентиляції та захисту від атмосферних впливів. Оскільки ВП АТЦ не має власних сховищ для остаточного захоронення радіоактивних відходів, усі накопичені

матеріали у максимально короткі терміни передаються на комплекси переробки РАВ атомних електростанцій або спеціалізованим державним підприємствам, зокрема ДК «УкрДО «Радон»», які здійснюють кондиціонування, довгострокове зберігання та остаточне захоронення радіоактивних матеріалів.

Комплексний аналіз функціонування системи управління відходами на підприємствах НАЕК «Енергоатом» та у ВП «Аварійно-технічний центр» свідчить про високий рівень екологічної організації, технологічної дисципліни та ефективності впроваджених природоохоронних заходів. Чітке розділення потоків різних категорій відходів, застосування сучасних технологій переробки радіоактивних матеріалів, суворий радіометричний контроль, використання герметичних контейнерів та функціонування централізованої системи поводження з РАВ дозволяють мінімізувати екологічні ризики та повністю виключити неконтрольоване потрапляння небезпечних речовин у компоненти довкілля. Реалізація таких заходів забезпечує підтримання стабільного екологічного стану територій розташування атомних електростанцій, зменшує довгостроковий техногенний вплив на біосферу та гарантує дотримання міжнародних стандартів екологічної й радіаційної безпеки у сфері атомної енергетики України.

4.2 Шляхи удосконалення системи екологічного управління діяльністю радіаційних об'єктів

Проведений комплексний аналіз функціонування системи екологічного управління (СЕУ) на об'єктах АТ «НАЕК «Енергоатом»» та у Відокремленому підрозділі «Аварійно-технічний центр» засвідчує, що на сучасному етапі розвитку атомної енергетики України екологічний менеджмент компанії загалом відповідає вимогам національного природоохоронного законодавства, міжнародних стандартів екологічної безпеки та положенням стандарту ISO 14001:2015. Водночас сучасні

глобальні та національні виклики, пов'язані з воєнними ризиками, загрозами техногенних аварій, нестабільністю енергетичної інфраструктури, кіберзагрозами, кліматичними змінами, необхідністю декарбонізації економіки та інтеграцією України до європейського екологічного простору, вимагають суттєвого переосмислення концепції функціонування екологічного управління у сфері атомної енергетики. Система екологічного менеджменту, яка ще декілька років тому вважалася достатньо ефективною в умовах стабільної експлуатації енергетичних об'єктів, сьогодні повинна трансформуватися у високоадаптивну, цифровізовану та кризостійку структуру, здатну забезпечувати екологічну безпеку навіть за умов воєнного стану, тривалих блекаутів, руйнування інфраструктури або потенційних надзвичайних ситуацій радіаційного характеру. Особливої актуальності це питання набуло після окупації Запорізька атомна електростанція, що продемонструвало вразливість традиційних систем моніторингу та необхідність створення резервних, автономних і технологічно незалежних екологічних механізмів реагування.

Одним із ключових напрямів модернізації СЕУ має стати глибока цифровізація екологічного моніторингу та впровадження технологій предиктивного аналізу. Сучасна система контролю на багатьох об'єктах атомної енергетики все ще значною мірою орієнтована на фіксацію вже наявних екологічних параметрів і реагування після виявлення відхилень. Проте міжнародна практика екологічного менеджменту дедалі більше переходить до концепції прогнозувального управління, де основним завданням є попередження екологічного інциденту ще до моменту його виникнення. У цьому контексті надзвичайно перспективним є створення єдиного цифрового екологічного простору для всіх об'єктів компанії із централізованим збором, аналізом та візуалізацією даних у режимі реального часу. На базі ВП «Аварійно-технічний центр» доцільно сформувати спеціалізований аналітичний центр екологічного прогнозування, який інтегруватиме інформацію від Автоматизованих систем контролю радіаційної обстановки (АСКРО), мобільних радіометричних лабораторій,

безпілотних літальних апаратів, метеорологічних станцій, систем хімічного моніторингу та супутникових платформ дистанційного зондування Землі. Така інтеграція дозволить створити багаторівневу систему раннього попередження про потенційні екологічні загрози.

Особливе значення у цьому процесі має подальший розвиток взаємодії із європейською системою підтримки прийняття рішень JRODOS (Realtime Online Decision Support System). На сучасному етапі використання JRODOS переважно орієнтоване на моделювання наслідків уже потенційно небезпечної події, однак перспективним напрямом є перехід до безперервного онлайн-моделювання радіаційних і хімічних процесів із використанням потокових даних. Для цього необхідно створити автоматизовані шлюзи передачі інформації між мобільними комплексами ВП АТЦ та аналітичними ядрами системи RODOS. У результаті стане можливим практично миттєве моделювання атмосферної дисперсії радіонуклідів, прогнозування напрямків перенесення забруднених повітряних мас, оцінка ризиків для водних об'єктів та розрахунок можливих зон вторинного радіоактивного забруднення. Особливо важливим це є для кризових сценаріїв, пов'язаних із пошкодженням енергетичної інфраструктури, втратою зовнішнього електропостачання або руйнуванням захисних систем ядерних установок.

Важливим інноваційним компонентом модернізації СЕУ повинно стати впровадження технологій штучного інтелекту та машинного навчання у процеси екологічного моніторингу. Використання AI-алгоритмів дозволить аналізувати величезні масиви екологічної інформації, виявляти приховані закономірності та прогнозувати потенційні відхилення ще до досягнення критичних значень. Наприклад, аналіз довгострокових даних про температуру води у ставах-охолоджувачах, рівень вологості, метеорологічні параметри та біологічний стан водойм може допомогти прогнозувати ризики евтрофікації або масового розвитку синьо-зелених водоростей. Аналогічно система машинного навчання здатна визначати аномальні зміни радіаційного фону, навіть якщо вони ще не перевищують нормативних меж, але свідчать

про потенційне погіршення стану обладнання або систем герметизації. У перспективі це дозволить перейти від планово-попереджувального принципу управління до концепції risk-based management — управління на основі ризик-орієнтованого прогнозування.

Окремим стратегічним напрямом удосконалення екологічного менеджменту є підвищення стійкості (резильєнтності) СЕУ в умовах воєнного стану, енергетичних криз та масованих атак на критичну інфраструктуру. Події останніх років довели, що навіть високотехнологічні системи можуть втрачати працездатність унаслідок знеструмлення, пошкодження каналів зв'язку або руйнування телекомунікаційної інфраструктури. Саме тому сучасна система екологічного управління повинна бути максимально автономною та здатною функціонувати незалежно від зовнішніх умов. Одним із найважливіших рішень у цьому напрямі є автономізація постів радіаційного та хімічного моніторингу. Доцільним є оснащення ключових елементів мережі АСКРО комбінованими системами енергоживлення, що включатимуть сонячні панелі, акумуляторні батареї великої ємності та резервні водневі або паливні елементи. Це дозволить підтримувати безперервний екологічний контроль навіть у разі тривалого відключення електроенергії.

Не менш важливим є резервування систем передачі даних. У сучасних умовах критичної залежності екологічного моніторингу від цифрових комунікацій необхідно створити багатоканальну систему передачі інформації із використанням оптоволоконного зв'язку, радіорелейних каналів, мобільних мереж та супутникових технологій. Особливу перспективу має інтеграція супутникових систем зв'язку типу Starlink у структуру кризового реагування ВП АТЦ. Використання таких технологій дозволить забезпечити передачу екологічної інформації навіть у разі повного руйнування наземної телекомунікаційної інфраструктури. Крім того, необхідно створити мобільні кризові центри екологічного управління, оснащені автономними джерелами енергії, системами супутникового зв'язку, мобільними серверними комплексами та пересувними лабораторіями. Це дозволить оперативно

розгортати систему екологічного контролю безпосередньо у районах надзвичайних ситуацій.

У сучасних умовах важливою складовою модернізації СЕУ стає інтеграція принципів ESG (Environmental, Social, Governance) у систему корпоративного управління атомної енергетики. Глобальні тенденції свідчать, що екологічна безпека більше не розглядається виключно як технічний або виробничий аспект. Вона стає елементом суспільної довіри, інвестиційної привабливості та міжнародної репутації компанії. Саме тому надзвичайно важливим є підвищення рівня екологічної прозорості діяльності АТ «НАЕК «Енергоатом»». Одним із найбільш перспективних рішень є створення інтерактивного цифрового порталу екологічного моніторингу, який у режимі реального часу відображатиме дані про радіаційний фон, хімічні викиди, температуру водойм, обсяги водоспоживання, стан атмосферного повітря та показники поводження з відходами на кожній атомній електростанції. Такий ресурс може функціонувати у вигляді інтерактивних 3D-карт із відкритим доступом для населення, наукових установ, органів державної влади та міжнародних організацій. У перспективі можливе створення інтегрованих екологічних інформерів для державних цифрових платформ, зокрема Дія, що дозволить значно підвищити рівень інформованості населення щодо екологічного стану територій. [8, 21]

Суттєвого вдосконалення потребує також система управління специфічними відходами у ВП «Аварійно-технічний центр». Особливо актуальним є питання мінімізації вторинних радіоактивних відходів, які утворюються під час проведення дезактиваційних робіт. Традиційні технології дезактивації часто супроводжуються утворенням значних обсягів рідких радіоактивних розчинів, що потребують складної та енергоємної переробки. Перспективним напрямом є впровадження технологій «сухої» дезактивації із використанням полімерних плівок, спеціальних сорбційних покриттів, лазерного очищення поверхонь та кріогенних методів видалення забруднень. Такі технології дозволяють суттєво скоротити обсяги рідких

відходів, зменшити навантаження на системи спецводоочищення та підвищити загальну екологічну ефективність ліквідаційних заходів.

Важливим напрямом розвитку екологічного менеджменту є також поглиблення міжнародного співробітництва. Інтеграція України до європейського енергетичного та екологічного простору потребує гармонізації екологічних стандартів із вимогами ЄС, активної участі у міжнародних програмах екологічного моніторингу та обміну досвідом із провідними європейськими операторами атомної енергетики. Співпраця з Міжнародне агентство з атомної енергії, європейськими кризовими центрами та екологічними агентствами дозволить підвищити технологічний рівень української системи екологічного управління та забезпечити доступ до сучасних інструментів прогнозування, аналізу ризиків і кризового реагування.

Отже, модернізація системи екологічного управління АТ «НАЕК «Енергоатом»» та ВП «Аварійно-технічний центр» повинна базуватися на комплексному поєднанні цифрових технологій, автономних систем моніторингу, інструментів штучного інтелекту, принципів ESG та кризостійких механізмів екологічного реагування. Реалізація запропонованих заходів дозволить створити сучасну, адаптивну та високоефективну модель екологічного менеджменту, здатну забезпечити безпечне функціонування атомної енергетики навіть в умовах надзвичайних ситуацій, воєнних ризиків та глобальних екологічних викликів. Крім того, це сприятиме зміцненню міжнародної репутації України як держави, що дотримується високих стандартів екологічної та радіаційної безпеки, а також підвищить рівень суспільної довіри до атомної енергетики як одного з ключових елементів енергетичної стабільності та низьковуглецевого розвитку держави.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація системи охорони праці та техніки безпеки на підприємствах атомно-енергетичної галузі, зокрема в Акціонерному товаристві «НАЕК "Енергоатом"», є невід'ємною складовою загальної культури безпеки та функціонує в тісній інтеграції з процесами екологічного менеджменту. Правовою основою для забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці виступають Закон України «Про охорону праці», Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», а також комплекс галузевих нормативно-правових актів з охорони праці та корпоративна система управління охороною праці, що сертифікована відповідно до суворих вимог міжнародного стандарту ISO 45001:2018. Керівництво компанії та її відокремлених підрозділів забезпечує безперервне фінансування превентивних заходів, спрямованих на запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням, організовує обов'язкові періодичні медичні та психофізіологічні огляди працівників, а також підтримує функціонування багаторівневої системи навчання, регулярних інструктажів та перевірки знань персоналу з питань безпечного ведення технологічних процесів. [7, 10]

Виробнича діяльність на радіаційних об'єктах супроводжується впливом комплексу складних, специфічних та потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які класифікуються на фізичні, хімічні та психофізіологічні й вимагають постійного контролю та мінімізації. Серед фізичних факторів визначальне місце посідає іонізуюче випромінювання у вигляді гамма-випромінювання, нейтронних потоків та радіоактивних газоаерозолей, а також підвищений рівень шуму та вібрації від роботи масивного турбогенераторного і насосного обладнання, висока напруга в електричних колах, рухомі частини технологічних механізмів і підвищена температура повітря у робочих зонах деяких цехів. Хімічні фактори виявляються у можливому надходженні до повітря робочої зони парів кислот, лугів, гідразин-гідрату, аміаку, оксидів азоту та інших токсичних

сполук, що активно використовуються в процесах хімічного водоочищення або утворюються під час проведення ремонтних, зварювальних та антикорозійних робіт. Психофізіологічні фактори обумовлені високим рівнем нервово-емоційного напруження, значною концентрацією уваги та високою відповідальністю за прийняття рішень оперативним персоналом блочних щитів управління, а також тривалим змінним графіком роботи, включаючи нічні зміни, що потребує впровадження ефективних програм психологічного розвантаження та реабілітації працівників.

Забезпечення радіаційної безпеки персоналу АЕС регламентується жорсткими вимогами Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України та Норм радіаційної безпеки України, які базуються на міжнародному принципі неперевищення встановлених річних лімітів ефективної дози для персоналу категорії А та реалізації принципу ALARA, спрямованого на підтримання доз опромінення на настільки низькому рівні, наскільки це технічно можливо. Основним інструментом контролю в цій сфері є автоматизована система індивідуального дозиметричного контролю, що фіксує накопичені дози опромінення кожного працівника в режимі реального часу за допомогою електронних прямопоказуючих та термолюмінесцентних дозиметрів, що повністю виключає ризик неконтрольованого або понаднормативного техногенного навантаження на організм людини. Захист від зовнішнього та внутрішнього опромінення досягається за рахунок застосування стаціонарних захисних бар'єрів, дистанційного керування обладнанням, суворого обмеження часу перебування в полях випромінювання, а також використання засобів індивідуального захисту органів дихання та шкірних покривів при використанні ремонтних регламентів.

Особливу специфіку організація охорони праці та техніки безпеки має у Відокремленому підрозділі «Аварійно-технічний центр», оскільки особовий склад цієї філії виконує свої завдання безпосередньо в умовах ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, можливих радіаційних інцидентів або під час проведення масштабних тактико-спеціальних протиаварійних тренувань

на проммайданчиках. Робота в кризових зонах та зонах радіоактивного забруднення вимагає безумовного, оперативного та суворого застосування найсучасніших засобів індивідуального захисту, включаючи ізолюючі дихальні апарати на стиснутому повітрі, автономні системи регенерації, спеціальні важкі радіозахисні та хімічно стійкі костюми, а також індивідуальні сигналізатори підвищеного рівня радіації. Управління ризиками виробничого травматизму в підрозділі забезпечується шляхом безперервного технічного контролю за станом обладнання, посудин, що працюють під тиском, вантажопідіймальних механізмів та потужного парку спеціалізованої важкої інженерної і роботизованої техніки. Постійне проведення протиаварійних тренувань дозволяє довести до автоматизму навички персоналу щодо надання першої домедичної допомоги, швидкої евакуації потерпілих, розгортання мобільних санпропускників та проведення дезактивації спецтехніки, що мінімізує вплив шкідливих виробничих факторів на життя рятувальників та гарантує високу стійкість та ефективність системи кризового реагування компанії в будь-яких умовах.

ПРОПОЗИЦІЇ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ДІЯЛЬНІСТЮ РАДІАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ

Обґрунтовано та запропоновано три стратегічні напрями удосконалення СЕУ для радіаційних об'єктів компанії в умовах сучасних безпекових викликів:

1. Цифрова модернізація. Рекомендовано забезпечити пряму інтеграцію телеметричних даних мобільних комплексів ВП АТЦ з європейською системою підтримки прийняття рішень JRODOS у режимі реального часу, а також впровадити штучний інтелект для предиктивного аналізу Big Data з постів АСКРО.

2. Технічна резильєнтність. Обґрунтовано необхідність переведення постів радіаційного моніторингу в зонах спостереження на автономне живлення від гібридних систем (сонячні панелі + LiFePO₄ акумулятори) та дублювання каналів зв'язку через супутникові термінали Starlink для збереження контролю під час тривалих блекаутів.

3. ESG-трансформація. Запропоновано створення відкритого вебпорталу "ЕкоAtom" з інтерактивними 3D-картами екологічного стану АЕС та інтеграцією базових індикаторів у державний застосунок "Дія" для підвищення прозорості галузі, а також імплементацію методів "сухої" дезактивації у ВП АТЦ для зменшення об'ємів утворення рідких радіоактивних стоків.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі на основі здійснених теоретичних узагальнень, нормативно-правових оцінок та детального аналізу фактичного матеріалу розв'язано важливе науково-практичне завдання щодо оптимізації та підвищення ефективності функціонування системи екологічного управління (СЕУ) радіаційними об'єктами Акціонерного товариства «НАЕК "Енергоатом"» із залученням потенціалу Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр». Результати проведеного дослідження дозволяють сформулювати такі науково обґрунтовані висновки та рекомендації:

Досліджено виробничо-організаційну структуру АТ «НАЕК "Енергоатом"» та підтверджено його стратегічну роль як єдиного оператора чотирьох діючих атомних електростанцій України (ЗАЕС, ПАЕС, ХАЕС, РАЕС), що забезпечує понад 50% загальної генерації електроенергії в державі. Установлено, що успішне завершення процесу корпоратизації компанії на початку 2024 року сформувало нову дворівневу систему корпоративного менеджменту, яка підвищує інвестиційну привабливість галузі, проте вимагає жорсткої інтеграції безпекових та екологічних регламентів у ринкові умови функціонування. Кожен із радіаційних об'єктів компанії має виражену регіональну та технічну специфіку (від масштабності окупованої ЗАЕС до перспективного будівництва інноваційних блоків Westinghouse AP1000 на ХАЕС та експлуатації унікальних реакторів ВВЕР-440 на РАЕС), що зумовлює необхідність застосування гнучких, диференційованих підходів до екологічного планування.

Дано комплексну характеристику діяльності Відокремленого підрозділу «Аварійно-технічний центр» як спеціалізованої кризової філії, створеної на виконання вимог МАГАТЕ для забезпечення національної готовності до ліквідації наслідків масштабних радіаційних аварій. Визначено, що в загальній архітектурі корпоративного екологічного менеджменту НАЕК

"Енергоатом" ВП АТЦ виконує функцію замикаючого безпекового ешелону. Його технічний потенціал, що базується на мобільних радіометричних лабораторіях, роботизованих комплексах та системах дезактивації, орієнтований на мінімізацію та локалізацію аварійних екологічних аспектів і запобігання транскордонному чи масштабному регіональному забрудненню біосфери у випадку виникнення нештатних ситуацій техногенного чи військового характеру.

Оцінено стан дотримання компанією імперативних вимог національного природоохоронного законодавства (законів України про охорону довкілля, використання ядерної енергії, поводження з РАВ та оцінку впливу на довкілля). Доведено, що підприємство демонструє високий рівень правової дисципліни. Корпоративна СЕУ, сертифікована за міжнародним стандартом ISO 14001:2015, успішно реалізує проактивний підхід на основі циклу PDCA (Плануй – Роби – Перевіряй – Дій). Використання матричних методів бальної оцінки дозволяє екологічним службам чітко ідентифікувати значущі екологічні аспекти для нормальних, анормальних та аварійних умов діяльності, спрямовуючи пріоритетні інвестиційні ресурси на фінансування цільових природоохоронних програм.

Здійснено глибокий покомпонентний аналіз впливу виробничої діяльності об'єктів атомної генерації на навколишнє природне середовище:

Радіаційний стан. Функціонування стаціонарних систем АСКРО в зонах спостереження підтверджує, що газоаерозольні викиди та рідинні скиди радіонуклідів у штатному режимі становлять менше 1% від затверджених державних лімітів. Радіаційний фон навколо працюючих АЕС залишається в межах природних багаторічних значень. Виявлено критичні ризики для ЗАЕС через умови окупації, де режим «холодного зупину» є єдиним фактором стримування масштабної катастрофи в умовах деградації інфраструктури після руйнування Каховської ГЕС.

Атмосферне повітря. Хімічне забруднення атмосфери носить обмежений характер і пов'язане зі спалюванням органічного палива пуско-резервними котельнями та періодичними випробуваннями аварійних дизель-

генераторів. Викиди оксидів азоту, сірки та вуглецю суворо лімітовані Дозволами Міндовкілля та не спричиняють перевищень ГДК у житлових зонах.

Водні ресурси. Застосування оборотних систем технічного водопостачання мінімізує виснаження річкових артерій. Проблема літнього термічного навантаження на стави-охолоджувачі (зокрема на ПАЕС) ефективно вирішується інженерними методами (будівництвом бризкальних басейнів) та біологічною меліорацією (зарибленням білим амуром та товстолобиком).

Управління відходами. На АЕС реалізовано повний технологічний цикл кондиціонування експлуатаційних РАВ (пресування, спалювання, цементування). Специфіка ВП АТЦ полягає в управлінні аварійними відходами (забруднені ЗІЗ, сорбенти, ґрунт). У СЕУ центру відпрацьовано надійні алгоритми їх експрес-сортування, герметичного пакування та оперативної логістики до спеціалізованих сховищ, що виключає ризик вторинного розсіювання радіоактивних речовин.

Проаналізовано стан організації охорони праці та техніки безпеки на об'єктах дослідження, який сертифіковано за міжнародним стандартом ISO 45001:2018. Доведено, що ефективне функціонування СУОП у поєднанні із СЕУ дозволяє успішно нівелювати вплив складного комплексу шкідливих виробничих факторів (іонізуюче випромінювання, шум, висока напруга, токсичні хімічні речовини, психофізіологічне навантаження). Впровадження індивідуального дозиметричного контролю для персоналу категорії «А», суворе дотримання принципу ALARA, забезпечення рятувальних підрозділів ВП АТЦ сучасними ізолюючими ЗІЗ та регулярне проведення протиаварійних тренувань гарантують надійний захист життя і здоров'я працівників як під час штатної експлуатації ядерних установок, так і під час виконання високоризикових аварійно-відновлювальних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Нормативно-правові акти та стандарти:

1. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII.
2. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Закон України від 08.02.1995 № 39/95-ВР.
3. Про поводження з радіоактивними відходами: Закон України від 30.06.1995 № 255/95-ВР.
4. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII.
5. Про акціонерне товариство «Національна атомна енергогенеруюча компанія "Енергоатом"»: Закон України від 06.02.2023 № 2896-IX.
6. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.
7. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. Київ: Відділ поліграфії УНЦРМ, 1998. 125 с.
8. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005): затв. Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02.02.2005 № 54.
9. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2015, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 24 с.
10. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 41 с.

Наукова та навчально-методична література:

11. Бойко О. В. Екологічний менеджмент : навчальний посібник. Київ: Академвидав, 2015. 344 с.

12. Екологічна безпека радіаційних об'єктів / за ред. В. М. Ісаєнка. Київ: Наукова думка, 2018. 215 с.

13. Радіоекологія: підручник / В. П. Злобенко та ін. Київ: Університетська книга, 2019. 320 с.

14. Сахаєв В. Г. Економіка природокористування і охорони довкілля : підручник. Київ: Центр навчальної літератури, 2017. 405 с.

15. Системи екологічного управління на підприємствах енергетичного комплексу: монографія / О. М. Коваленко, Т. В. Шевченко. Харків: ХНУРЕ, 2021. 188 с.

16. Петренко І. В. Сучасні методи моніторингу та дезактивації у зонах радіоактивного забруднення. Вісник екологічної безпеки. 2022. № 4. С. 45–52.

Корпоративні документи та електронні ресурси:

17. Екологічна політика АТ «НАЕК "Енергоатом"». Офіційний сайт АТ «НАЕК "Енергоатом"». URL: <https://energoatom.com.ua/>

18. Нефінансовий звіт (Звіт зі сталого розвитку) АТ «НАЕК "Енергоатом"» за 2023 рік. Київ, 2024. URL: <https://energoatom.com.ua/>

19. Офіційний сайт Державної інспекції ядерного регулювання України (ДІЯРУ). URL: <https://snriu.gov.ua/>

20. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/>

21. Система підтримки прийняття рішень JRODOS: принципи функціонування та інтеграція в Україні. Офіційний портал Чорнобильського центру. URL: <http://www.chornobyl.net/>