

УДК 621.311.25:621.039.58

*С. В. Барбашев¹, Г. В. Лисиченко², О. О. Попов²*¹ *Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса*² *ДУ “Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України”, м. Київ*

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРІНГУ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В РАЙОНАХ РОЗТАШУВАННЯ АЕС ЩОДО ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Розглянуто основні завдання комплексного радіоекологічного моніторингу району розташування АЕС. Показано, що для того, щоб перетворити систему моніторингу з інформаційної в управлінську, тобто розширити її функціональні можливості, треба включити до її складу аналітичну інформаційно-експертну систему оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище (ЕкоІЕС), яка призначена для накопичення, збереження, систематизації, аналізу, обміну та відображення даних комплексного радіоекологічного моніторингу / контролю в зонах спостереження АЕС, що забезпечить підтримку прийняття рішень щодо екологічної безпеки на території впливу АЕС. Наводиться варіант концепції створення ЕкоІЕС, який враховує державні та європейські норми щодо інформатизації систем моніторингу об'єктів потенційної небезпеки.

Ключові слова: радіоекологічний моніторинг, атомна електростанція, інформаційна експертна система, екологічна безпека.

Атомна станція, як будь-який крупний промисловий комплекс, є джерелом підвищеного ризику для навколишнього середовища. Це проявляється у різних видах забруднення навколишнього природного середовища (НПС) — тепловому, радіаційному, хімічному та біологічному, що активізує небезпечні процеси в екосистемах. Зазначені види техногенного навантаження становлять реальну загрозу здоров'ю населення та погіршують стан довкілля.

Екологічні ризики від впливу АЕС та інших об'єктів ядерно-паливного циклу (ЯПЦ) здебільшого обумовлені радіаційною складовою, яка спричинена утворенням і зберіганням радіоактивних матеріалів та радіоактивних відходів (РАВ).

При викиді або скиді радіонуклідів (РН) з АЕС в зовнішнє середовище (навіть у дуже незначних кількостях, за яких вони не викликають радіаційних ефектів) відбувається їх розповсюдження ланками природних і харчових ланцюжків. Надалі РН можуть потрапити до складу раціону людини і в її організм та створити значні дозові навантаження (рис. 1). Тому, разом з контролем радіаційної ситуації, що полягає у визначенні рівнів радіоактивного забруднення природного середовища і доз опромінювання людини, необхідно враховувати спрямованість процесів біогеохімічного круговороту РН і їх вміст в об'єктах НПС у районі розташування АЕС, виявляти критичні ситуації, критичні чинники впливу і найбільш вразливі щодо радіаційного впливу елементи НПС, в яких формується доза опромінювання, тобто в яких радіаційний ризик буде максимальним. Зробити це можна за допомогою системи радіоекологічного моніторингу [1—3].

Основним завданням радіоекологічного моніторингу наземних екосистем є поглиблене вивчення процесів міграції і накопичення РН та інших

забруднюючих речовин у ландшафтах регіонального та локального масштабів і оцінка наслідків цього явища.

За своєю суттю моніторинг територій навколо АЕС повинен бути перш за все радіаційним, але екологічним за методологією, тобто повинен враховувати екологічні особливості НПС (ландшафти, геохімію тощо), міграційні характеристики середовища (метеоумови, стоки, місця накопичення РН тощо), фізико-хімічні властивості забруднювачів різної природи (ізоморфізм, ізотопні і неізотопні аналоги тощо), поєднану дію забруднювачів різної природи та інші чинники, що визначають ризики радіаційного впливу для населення і НПС. Це означає, що моніторинг повинен бути комплексним [2].

Комплексний моніторинг довкілля включає фізичні, хімічні і біологічні спостереження та оцінку стану різних компонентів екосистем, які спостерігаються в зоні впливу АЕС. Результати оброблюються, аналізуються і зв'язуються між собою та характеристиками навколишнього природного і техногенного середовища за допомогою методів математичного моделювання і, використовуючи ці дані, розробляється багатофакторний прогноз стану НПС. Іншими словами, в ході виконання комплексного радіоекологічного моніторингу НПС у районах розташування АЕС розв'язуються такі завдання [1, 2]:

спостереження за всіма факторами впливу АЕС і станом НПС;

оцінка існуючого рівня забруднення елементів НПС;

визначення чинників і шляхів їх впливу;

створення моделей поведінки пріоритетних забруднювачів, особливо РН, у НПС і харчових ланцюжках;

визначення критичних елементів НПС та критичних ланок у харчових ланцюжках з метою прогнозування рівня забруднення НПС, дозових навантажень на населення, визначення критичних груп населення тощо;

управління станом НПС у районах розташування АЕС.

Управління станом НПС у районах розташування АЕС — це процес, що забезпечує існування системи “АЕС—навколишнє природне середовище—людина” в межах прийнятих технологічних регламентів і еколого-гігієнічних норм, та розробка рішень щодо заходів впливу на неї з метою повернення в регламентні і нормативні рамки у разі порушень, які відбулися на АЕС або в НПС, і зниження радіаційних ризиків до прийняттого рівня.

Виходячи з завдань забезпечення екологічної безпеки АЕС, населення і НПС, визначаються програма і регламент моніторингу. Відповідно до визначених завдань моніторинг може проводитись з різною періодичністю, мати різні об’єкти контролю, певні параметри та призначення.

Всі РН, які надходять в НПС, можуть бути джерелами ризиків. Тому, на перших етапах комплексного радіоекологічного моніторингу у районі розташування АЕС розглядаються всі можливі шляхи та рівні радіаційного впливу від надходження РН в атмосферу, водні об’єкти, ґрунт і біоту в результаті викидів і скидів АЕС, радіоактивного забруднення території в результаті попередньої діяльності

об’єктів ЯПЦ, зокрема в результаті радіаційних аварій та інцидентів, радіаційного забруднення внаслідок трансграничного перенесення РН (рис. 2 [2, 3]).

Результати оцінки стану НПС, отримані по даним комплексного радіоекологічного моніторингу, використовують при розробці і ухваленні рішень щодо ступеня зниження ризику або необхідності його обмеження. Управління радіаційним ризиком здійснюється, виходячи з основних принципів забезпечення радіаційної безпеки: виправданість, не перевищення та оптимізація [3, 4].

Оцінку екологічного ризику можна здійснити на методологічних засадах, що представлені в роботах [3, 5, 6]. Схема організації робіт для оцінки радіаційного ризику в районі розташування об’єктів підвищеної радіаційної небезпеки наведена на рис. 3 [3].

Обсяг радіаційного моніторингу неминує обмежений даними, що надходять з певної кількості постів спостереження, які не завжди здатні охопити всі забруднені місця навколо АЕС. Ніяка програма моніторингу, як би добре вона не була спланована і профінансована, не здатна забезпечити отримання всеосяжних кількісних просторово-часових характеристик забруднення від АЕС. Таким чином, використання лише даних “точкових” вимірювань концентрації забруднювальних речовин на постах спостереження не дає можливості повною мірою приймати ефективні управлінські рішення щодо забезпечення нормативного стану екологічної безпеки на території, прилеглої до АЕС [3].

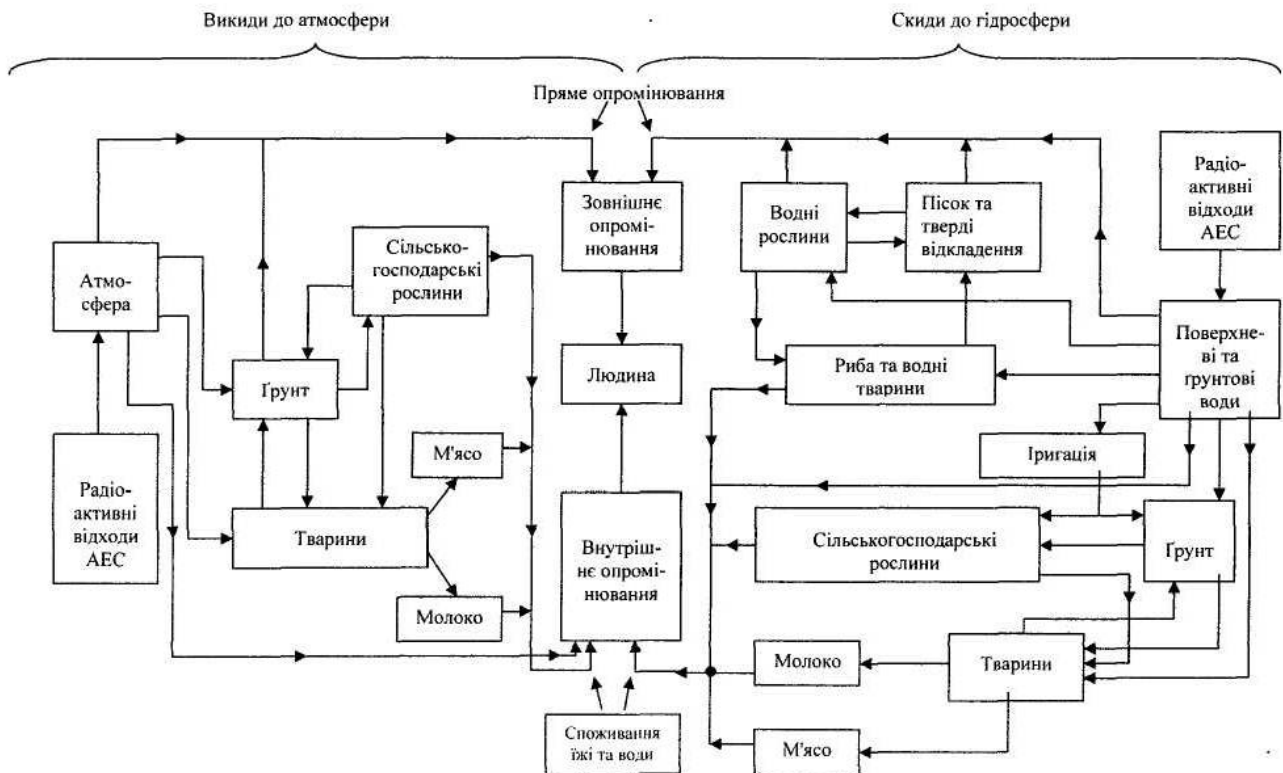


Рис. 1. Шляхи впливу АЕС на людину

При управлінні станом НПС та радіоекологічним ризиком результати радіоекологічного моніторингу можуть виявитись неадекватними, якщо:

точки експозиції, тобто місця, в яких оцінюється концентрація забруднювачів НПС, просторово ізольовані від пунктів моніторингу на території, де відбувається моніторинг / контроль стану НПС (спостереження та оцінка), наприклад, у разі переходів від одного середовища до іншого або міграції хімічної речовини;

наявні аналітичні дані лише про частину тих забруднювачів, які дійсно присутні в тому чи іншому оцінюваному об'єкті, причому вони прив'язані до конкретного поста спостереження, а число постів є недостатнім;

часовий розподіл даних відсутній (типовою ситуацією є збирання даних про якість НПС за обмежений інтервал часу; такі дані добре характеризують умови на момент дослідження, проте не відображають тривалі або дуже короточасні події).

Для вирішення проблеми репрезентативності результатів вимірювань необхідно забезпечити таку кількість постів і їх розташування, які б давали

найбільш повну об'єктивну інформацію про стан забруднення всієї території, яка контролюється. Така методика розроблена у [2]. Для цього можна також використовувати математичне моделювання процесу формування забруднення в різних екосистемах (повітрі, ґрунті, воді тощо) від різних потенційно небезпечних джерел та методи планування експерименту. Математичні методи можуть забезпечити розв'язання функціональних і загальносистемних задач, моделювання і прогнозування розповсюдження забруднень і розвитку надзвичайних ситуацій.

Для оцінки стану окремих елементів НПС (екосистем) та екологічної обстановки в цілому на контрольованій території, прогнозу її змін під впливом природних і антропогенних факторів, управління станом НПС на основі отриманих даних авторами розроблена концепція створення аналітичної інформаційно-експертної системи оцінки екологічного впливу АЕС на НПС (ЕкоІЕС), яка призначена для накопичення, зберігання, систематизації, аналізу, обміну та відображення даних комплексного радіоекологічного моніторингу / контролю в зонах спостереження (ЗС) АЕС.

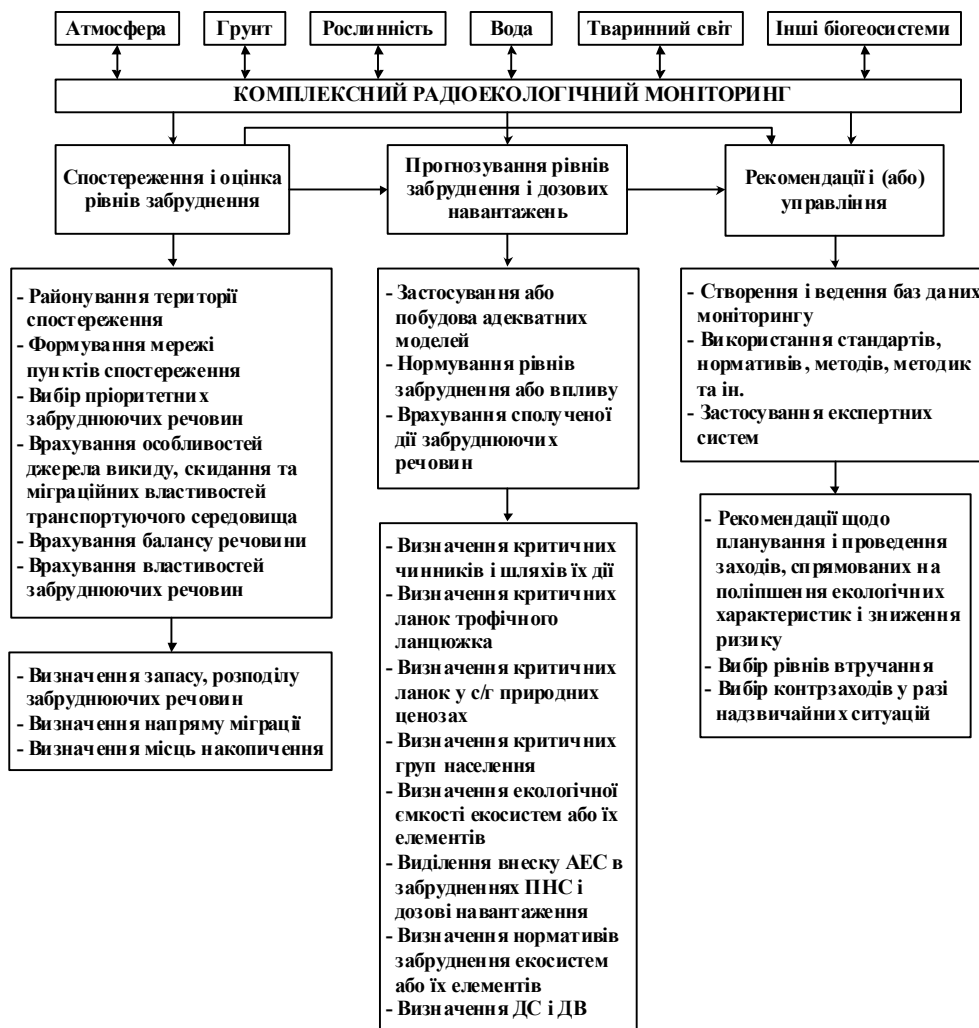


Рис. 2. Схема комплексного радіоекологічного моніторингу НПС у районі розташування АЕС

Створення ЕкоІЕС для оцінки екологічного впливу АЕС на НПС є одним з тих завдань, вирішення яких необхідне для забезпечення високого рівня екологічної та радіаційної безпеки в ЗС АЕС. Його реалізація передбачає застосування сучасних інформаційно-технічних засобів і сприятиме підвищенню рівня інформатизації енергетичної галузі та її техногенно-екологічної безпеки.

ЕкоІЕС вирішуватиме наступні *основні завдання*:

1. Збирання та зберігання даних за факторами радіоекологічного впливу АЕС щодо:

радіонуклідного складу та активності газо-аерозольних викидів та радіоактивних скидів, включаючи інформацію про об'єкт контролю, умови експозиції та об'єми проб, типи фільтрів і засоби контролю, види і умови вимірювань;

моніторингу атмосферного повітря на контрольованій території, включаючи інформацію про точки (пости) контролю, де здійснюються забір проб повітря і вимірювання концентрації забруднювачів, умови експозиції та об'єми проб, типи фільтрів і обладнання, види та умови вимірювань;

контролю атмосферних опадів, аналізу снігового покриву, ґрунтів, рослинності, сільськогосподарських продуктів, біологічних об'єктів (хвоя, гриби тощо), включаючи інформацію про точки контролю, умови відбору та об'єми відібраних проб, методики вимірювань;

контролю води в поверхневих водоймах, донних відкладів і водних біологічних об'єктів (водорості, риби тощо), включаючи інформацію про точки контролю, умови відбору та об'єми відібраних проб, методики вимірювань;

контролю доз та потужностей доз, включаючи інформацію про точки контролю і типи встановлених датчиків, умови експозиції та періодичність контролю.

2. Збирання та зберігання даних за факторами нерадіаційного впливу на атмосферне повітря, поверхневі та підземні води, поведження з небезпечними нерадіоактивними відходами щодо:

контролю об'єму та концентрації забруднюючих речовин, що викидаються та скидаються АЕС в НПС (хімічне та біологічне забруднення стічної та оборотної води, фізико-хімічний стан та тепловий режим водних об'єктів в районах розташування АЕС — водойм-охолоджувачів, річок, водосховищ, хімічного контролю джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря);

об'ємів утворення та видалення з АЕС нерадіоактивних небезпечних відходів (відпрацьованих нафтопродуктів, люмінесцентних ламп, акумуляторних батарей, електричних конденсаторів тощо).

3. Збирання та зберігання даних щодо гідрологічних та гідрогеологічних спостережень водойм-охолоджувачів, фільтраційних витрат через греблі водойм-охолоджувачів, природних водойм, шламо-накопичувачів тощо.

4. Збирання та зберігання даних метеорологічних спостережень.

5. Накопичення і зберігання баз даних та надання довідкової інформації щодо:

картографічної інформації про НПС АЕС, у тому числі отриманої з застосуванням геоінформаційних технологій (топографічні, геологічні, ґрунтові карти, дані аеро- та космічної зйомки, моделі рельєфу тощо); законодавчих актів, нормативно-правової документації та методичних довідників;

рекомендацій та методик вимірювання.

6. Аналіз взаємозв'язку між факторами та об'єктами екологічного впливу (з застосуванням картографічних даних). Аналіз експертних оцінок щодо екологічного ризику від негативних впливів на НПС. Автоматизація процесу формування звітної документації результатів комплексного радіоекологічного моніторингу в зонах спостереження АЕС. Надання користувачам систематизованих результатів аналізу у вигляді тематичних карт, 3D-моделей, таблиць, графіків, діаграм, методичних рекомендацій. Оцінка використання природних ресурсів.

Для моделювання та прогнозування в системі ЕкоІЕС пропонується застосування наступних математичних моделей:

атмосферного розсіювання забруднень, що дають їх концентрацію в будь-якій точці місцевості в залежності від фактичних викидів і метеорологічної обстановки;

розповсюдження забруднення у водних об'єктах, що дозволяє оцінити їх екологічний стан;

розподілу забруднень у ґрунтах, зоні аерації та підземних водах;

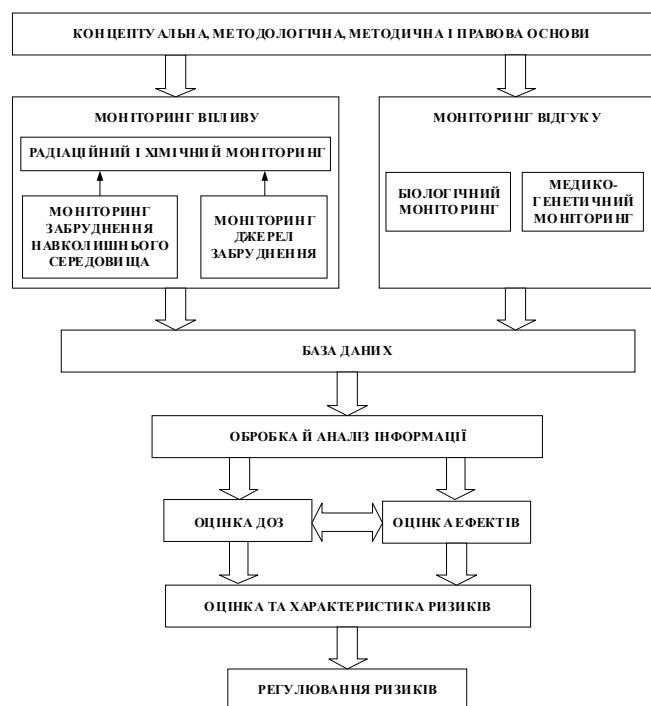


Рис. 3. Схема організації робіт для оцінки ризику у районі розташування радіаційно небезпечних об'єктів

біогеоценозів на контрольованих територіях, що дають інформацію про реакцію біологічних систем на вплив забруднювачів;

оцінення шкоди від погіршення екологічного стану НПС і витрат на його поліпшення;

оцінки дозових навантажень та ризику для здоров'я населення при хімічних і радіаційних забрудненнях.

До переліку даних, які повинні підтримувати ЕкоІЕС, згідно стандарту [7] повинні бути включені параметри, що отримують при здійсненні спостережень наступних характеристик та складових компонентів НПС:

клімат та мікроклімат;

повітряне середовище;

геологічне середовище;

гідросфера, включаючи поверхневі та ґрунтові води;

ландшафти і ґрунти;

тваринний і рослинний світ та природні заповідники.

Створити ЕкоІЕС можна декількома шляхами. Але автори вважають, що найбільш оптимальним є такий варіант системи, який би повністю враховував державні та європейські рекомендації та вимоги щодо інформатизації систем моніторингу об'єктів потенційної небезпеки [8]. Відповідно до цих рекомендацій та вимог створення ЕкоІЕС вимагає розробки уніфікованих форм збирання та обробки даних для всіх АЕС України. Для цього на кожній АЕС має бути встановлений сервер для накопичення та попередньої обробки даних первинної інформації з сучасними базами даних моніторингової інформації, нормативно-правової документації, звітної документації тощо з відповідним рівнем захисту інформації від різних можливих способів втрати збережених даних (це можна забезпечити, наприклад, встановленням дублюючого серверу, в якому резервуються раніше введені та збережені дані на основному сервері). Також на кожній атомній станції встановлюється потужний ГІС-сервер (спеціалізована апаратура та програмне забезпечення, які призначені для здійснення віддаленого доступу до картографічних даних) з відповідними програмними модулями для моделювання, прогнозування, аналізу, розрахунку ризиків та збитків з візуалізацією результатів на електронних картах. Інтеграція ЕкоІЕС з використовуваними на АЕС інформаційними системами моніторингу та системами підтримки прийняття рішень (СППР) при радіаційних аваріях, наприклад, КАДО, РОДОС тощо, надасть можливість в повній мірі розв'язувати задачі екологічної та радіаційної безпеки і буде ефективним інструментом підтримки прийняття рішень при управлінні станом НПС в ЗС АЕС.

Для оперативного отримання достовірних даних та зменшення ризику від втручання людського фактору в даному варіанті створення ЕкоІЕС

передбачається автоматизація контролю найбільш небезпечних речовин та важливих параметрів екологічного стану НПС (індикаторів) в ЗС АЕС.

Крім того, передбачається можливість доступу (з відповідним рівнем) до даних моніторингу кожної АЕС, що сприятиме успішному вирішенню задач екологічної та радіаційної безпеки в ЗС АЕС України.

В ДП НАЕК "Енергоатом" передбачається встановлення серверу для накопичення та збереження моніторингових даних, які будуть передаватись з АЕС організованими каналами зв'язку, а також ГІС-серверу, що дасть можливість керівництву Компанії незалежно від станцій здійснювати оцінку стану НПС в ЗС АЕС, розраховувати ризики та збитки, здійснювати екологічний прогноз.

Для комплексного захисту інформації застосовується так званий LDAP-сервер, який організує авторизований доступ користувачів до ресурсів системи.

Щоб забезпечити взаємодію між серверами та іншими інформаційними системами моніторингу, що використовуються на АЕС України, встановлюється WEB-сервер, який приймає запити від клієнтів системи, видає їм відповіді разом з відповідним зображенням, медіа-потоком та іншою інформацією.

Geoportals-сервер буде забезпечувати інтеграцію ЕкоІЕС з зовнішніми інформаційними ресурсами, тобто допомагати користувачам співпрацювати і обмінюватися даними. Доступ до інформації будуть мати як зовнішні (громадяни, громадські організації, представники ЗМІ тощо), так і внутрішні користувачі. Даний сервер буде надавати основні дані щодо стану НПС в ЗС АЕС та іншу додаткову супровідну інформацію.

Всі внутрішні та певна частина зовнішніх користувачів з відповідними рівнями доступу матимуть можливість через LDAP-сервер отримувати дані з серверу накопичення та попередньої обробки інформації, що знаходиться в ДП НАЕК "Енергоатом".

На рис. 4 показана принципова схема структурної організації та взаємозв'язків між системою ЕкоІЕС, яка встановлюється на АЕС України, та іншими суб'єктами моніторингу довкілля, що входять до складу державної системи моніторингу довкілля.

Планується, що зазначена система ЕкоІЕС після її введення в експлуатацію буде представляти собою універсальний програмний ресурс, який включатиме вже існуючі на АЕС України інформаційні системи моніторингу довкілля та матиме власні функціональні модулі. Це дозволить в повній мірі вирішувати найважливіші задачі радіоекологічного моніторингу та забезпечить осіб, які приймають рішення, всією необхідною інформацією про негативні впливи АЕС на НПС.

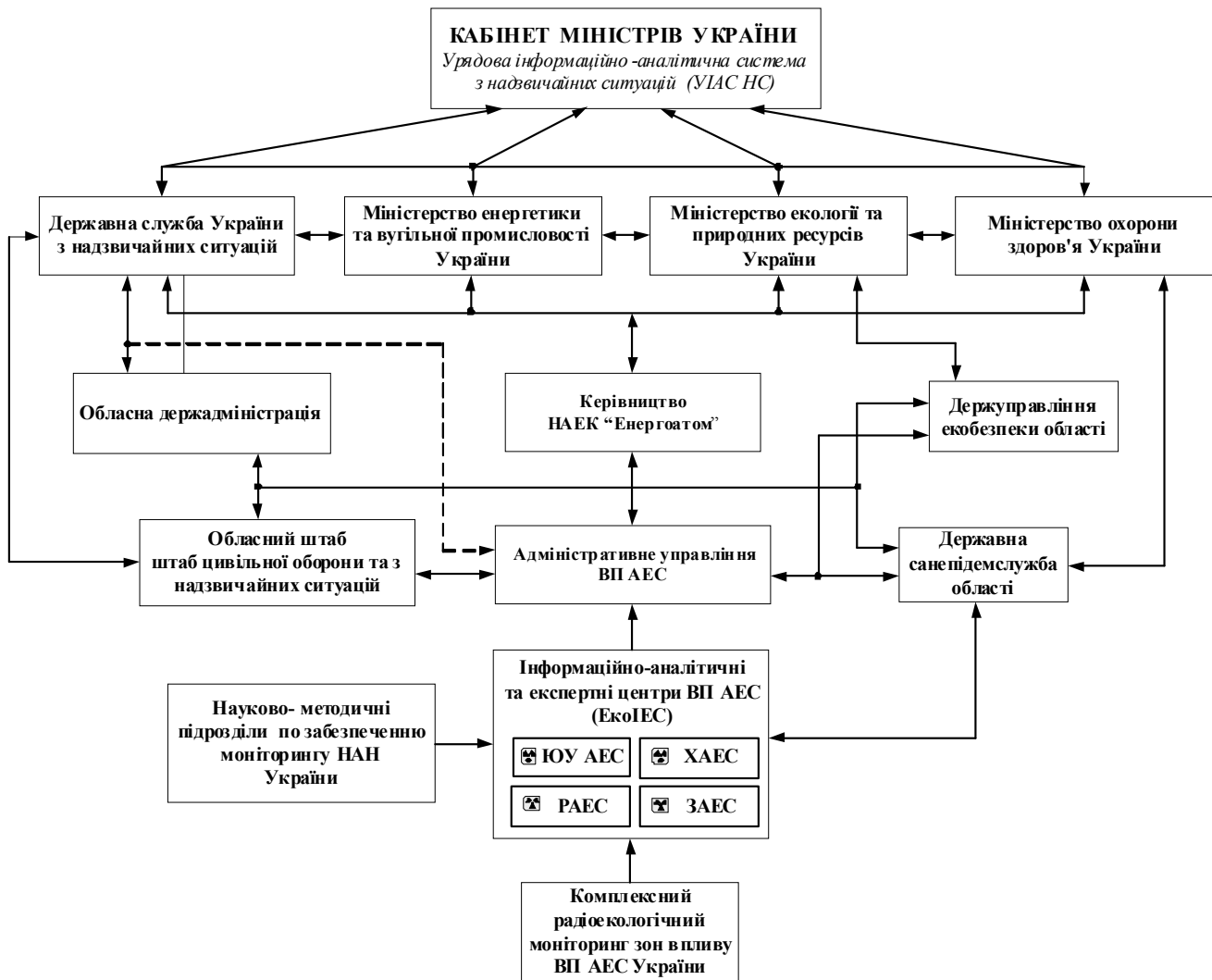


Рис.4. Принципова схема структурної організації та взаємозв'язків між ЕкоІЕС та іншими суб'єктами моніторингу

Система ЕкоІЕС буде потужним інструментом підтримки прийняття рішень в галузі екологічної безпеки НПС на території впливу АЕС та перетворить моніторинг з інформаційної системи в систему управлінську, тобто розширить її функціональні можливості. Створення системи такого моніторингу слід розглядати як важливу складову превентивних заходів із забезпечення безпеки об'єктів ядерної енергетики, що дозволить суттєво підвищити рівень

обґрунтованості управлінських рішень щодо екологічної і радіаційної безпеки, та заходів із захисту територій і населення, яке мешкає в районі потенційного впливу АЕС.

Впровадження системи комплексного радіоекологічного моніторингу, яка включає ЕкоІЕС, в практику роботи АЕС стане одним з необхідних компонентів успішного та безпечного розвитку атомної енергетики в цілому.

Список використаної літератури

1. Бадяев В. В. Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС / В. В. Бадяев, Ю. А. Егоров, С. В. Казаков. — М. : Энергоатомиздат, 1990. — 224 с.
2. Барбашев С. В. Система комплексного радиоекологического мониторинга районов расположения АЭС Украины : дис. ... доктора техн. наук : спец. 05.14.14 "Теплові та ядерні енергоустановки" / С. В. Барбашев. — Одесса, 2009. — 394 с.
3. Лисиченко Г. В. Методологія оцінювання екологічних ризиків : Монографія. / Г. В. Лисиченко, Г. А. Хміль, С. В. Барбашев. — Одеса : Астропринт, 2011. — 368 с.
4. ДСП 6.074.120-01. Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України (ОСПУ). — Київ, 2011. — 136 с.
5. Лисиченко Г. В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г. В. Лисиченко. — Одеса : Астропринт, 2011. — 136 с.

- ченко, Ю. Л. Забулонов, Г. А. Хміль. — К. : Наукова думка, 2008. — 542 с.
6. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : навч. посібник / В. М. Ісаєнко, Г. В. Лисиченко, Т. В. Дудар та ін. — К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту “НАУ-друк”, 2009. — 312 с.
 7. *СОУ НАЕК 004:2011*. Екологічна оцінка енергоблоків АЕС. Загальні вимоги до складу та змісту матеріалів оцінювання : Стандарт національної атомної енергогенеруючої компанії “Енергоатом”. — К. : НАЕК “Енергоатом”, 2011. — 20 с.
 8. Впровадження європейських стандартів і нормативів у Державну систему моніторингу довкілля України: Наук. метод. посіб / О. І. Бондар, О. Г. Тараріко, Є. М. Варламов та ін. — К. : Інрес, 2006. — 264 с.

Отримано 13.11.2014