

ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ КОМПЛЕКСНОГО РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ АЕС

Abstract. An analysis of the most advanced domestic and foreign information systems of ecological and radiation monitoring, which can be adapted for use in developing an information-analytical expert system to assess the influence of NPP on the environment is executed in the article.

Вступ

Як показує аналіз проблем атомної енергетики України, її становлення та розвиток створюють різні негативні впливи на об'єкти навколишнього природного середовища (НПС). Множини зв'язків, що виникають при будівництві та експлуатації атомних електростанцій (АЕС) і підприємств інфраструктури ядерно-паливного циклу на сучасному рівні їх розвитку досягли такої складності, що в багатьох випадках не забезпечують дотримання умов щодо стану техногенно-екологічної безпеки, створюють складні соціально-екологічні та економічні проблеми для розвитку енергетичної галузі [12].

Один із шляхів виходу з цього складного становища полягає у: пошуку нових підходів до вирішення питань управління екологічною безпекою, вдосконаленні наявних систем моніторингу НПС в зонах впливу АЕС [14], розробці превентивних заходів попередження надзвичайних ситуацій для зменшення збитків у разі їх виникнення. Новим підґрунтям для цієї методології повинні стати нові технічні системи інформаційного забезпечення, що базуватимуться на постійно діючих моделях, створених для зон впливу АЕС. Вони повинні забезпечити вдосконалення системи моніторингу довкілля та оптимізацію управлінських рішень на основі вдосконаленої методології аналізу ризиків [13]. Вирішення зазначених задач повинно забезпечуватися шляхом використання та впровадження сучасних можливостей комп'ютерної техніки із застосуванням ПС-технологій, систем передачі, збору і аналізу інформації [28].

Успішному вирішенню цих задач сприятиме створення та впровадження сучасної аналітичної інформаційно-експертної системи для проведення оцінок впливу АЕС на довкілля (ЕкоІЕС), яка стане важливою складовою превентивних заходів безпеки ядерної енергетики. Це дозволить суттєво підвищити рівень обґрунтованості управлінських рішень з екологічної безпеки та заходів цивільного захисту територій і населення, що мешкає в зонах потенційного техногенного впливу АЕС.

В статті наводиться характеристика найбільш розвинутих вітчизняних та закордонних інформаційних систем екологічного та радіаційного

моніторингу, які можуть бути адаптовані для використання в розроблюваній системі ЕкоІЕС.

Матеріали та результати дослідження

На сьогоднішній день завдяки стрімкому розвитку інформаційних технологій в усіх промислово розвинутих країнах світу створені і функціонують системи моніторингу довкілля.

Вітчизняні інформаційні системи екологічного моніторингу

Урядова інформаційно-аналітична система з питань надзвичайних ситуацій (УІАС НС) [23]. Дана система призначена для інформаційно-аналітичної підтримки процесів підготовки, ухвалення та контролю управлінських рішень стосовно надзвичайних ситуацій. На цей час система діє цілодобово в режимі on-line в усіх територіальних органах управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій. УІАС НС вирішує задачі обробки, аналізу та надання керівництву органів виконавчої влади повної та достовірної інформації щодо при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, а також прогнозування та моделювання їх виникнення та розвитку.

Програмний комплекс ЕОЛ-2000[h]. На сайті Міністерства екології та природних ресурсів України представлено перелік затверджених програмних продуктів, які використовують при охороні атмосферного повітря [10]. Основними програми розрахунку забруднення атмосфери на ЕОМ є «ЕОЛ», «ЕОЛ + FON», «PLENER», «ЕОЛ +», «ЕОЛ -2000[h]», «ЕОЛ (ГАЗ)-2000[h]», «Еколог – Газ». Вони призначені для проведення розрахунків забруднення на ЕОМ від стаціонарних джерел промислових підприємств у приземних і верхніх шарах атмосфери із застосуванням методики ОНД-86. На території України їх використовують у практичній діяльності підприємства, установи, організації, а також природоохоронні органи, що здійснюють управління у сфері охорони атмосферного повітря.

Комплекс програм АРМ ЕКО розроблений Державним підприємством «ДНДІАСБ», на основі якого була створена вітчизняна система «ЕКОЛОГІЯ».

«ЕКОЛОГІЯ» – це система, здатна значно поліпшити та прискорити процес формування екологічної звітності (документів з інвентаризації джерел викидів та розділу «Оцінки впливу на навколишнє середовище проектної документації»), а також дає змогу проводити розрахунок розсіювання за затвердженими методиками ОНД-86. Автоматизація роботи з даними та зручний графічний інтерфейс виключають розбіжності та відхилення у вихідних формах, а також сприяють ефективнішому використанню робочого часу користувачів [1].

«ЕкоГІС-Київ» [6]. Цікавим прикладом реалізації вітчизняної ГІС є київський проект «ЕкоГІС-Київ», який почали створювати з кінця 1996 р. на базі пакету ArcView GIS та пакета розрахунку забруднення приземного шару атмосфери «ЕОЛ 2000» української компанії «Софт Фонд». У цій ГІС залучено такі сфери екологічного управління, як економіка, атмосферне повітря, водні ресурси, тверді відходи, біота. У рамках дослідження теми

«Атмосферне повітря» виконується комплекс науково-практичних робіт, спрямованих на створення «Реєстру стаціонарних джерел викидів в атмосферне повітря забруднювальних речовин», який дає змогу реалізувати підсистему обліку і разом з тим забезпечить необхідними інформаційними системами аналітичну підсистему оцінювати забруднення атмосферного повітря.

Розроблено автономний програмно-моделюючий комплекс для вирішення задач екологічного моніторингу на регіональному і локальному рівнях, який забезпечує комплексну оцінку екологічного стану досліджуваних територій, математичне моделювання техногенних навантажень на місто (або район), визначення ризиків для здоров'я населення, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря.

На основі співпраці Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України та в Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» створено **програмно-моделюючий комплекс** для вирішення задач екологічного моніторингу на регіональному і локальному рівнях, який забезпечує комплексну оцінку екологічного стану досліджуваних територій [29].

Використання даного програмного продукту дозволяє вирішувати наступні задачі:

- визначення розподілів концентрацій забруднення за різними сценаріями (середнє забруднення за період, вибіркоче забруднення, аномальна конвекція, штиль тощо);
- обчислення екологічних і техногенних ризиків;
- оптимізація вибору координат раціонального розміщення пунктів спостережень мережі моніторингу стану атмосферного повітря;
- визначення залежностей впливу дії забруднювальних речовин на інші фактори;
- візуалізація різноманітних екологічних даних за допомогою графіків, діаграм, електронних карт.

Дана інформаційна система впроваджена в Управлінні надзвичайних ситуацій та антитерористичної діяльності Департаменту цивільного захисту Державної служби України з надзвичайних ситуацій, в Державному міському підприємстві «Івано-Франківськтеплокомуненерго» та Дніпропетровському обласному центрі з гідрометеорології.

Закордонні інформаційні системи екологічного моніторингу

Програмний комплекс «ЭРА-Воздух» призначений для вирішення широкого кола задач у сфері охорони атмосферного повітря, пов'язаних з розрахунками забруднення атмосфери [19]. Комплекс дає змогу:

- провести розрахунки викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря від різних виробництв відповідно до діючих методик розрахунку;
- здійснити інвентаризацію викидів на підприємствах;
- підготувати високоякісну карту-схему місцевості з використанням

сучасного графічного редактора;

- створити і виготовити повний комплект документації, включаючи ситуаційні карти-схеми місцевості з нанесеними на них ізолініями і полями концентрацій, джерелами забруднення, територією підприємства, межами санітарно-захисних і житлових зон;

- провести автоматичну побудову нормативної та розрахункової санітарно-захисної зони (СЗЗ);

- вирішити обернену задачу для знаходження таких значень викидів існуючих джерел, які уможливають досягти нормативний рівень забруднення.

Екологічний програмний комплекс «ЭПК РОСА» – комп'ютерна програма для автоматизованого проектування у сфері промислової екології. Основним призначенням є розробка екологічної документації промислових підприємств та організацій [25]. У програмі реалізовано можливість екологічної ГІС, які, зокрема, дозволяють використовувати як карти відскановане зображення підприємства (ситуаційний план), виконати прив'язку і оцифрувати його, щоб отримати якісну векторну карту.

Уніфікована програма розрахунку забруднення атмосфери «Еколог» розроблена для автоматизації діяльності комітетів охорони навколишнього середовища Державного комітету Російської Федерації з охорони навколишнього середовища і екологічних служб адміністрацій міст (регіонів), для проведення зведених розрахунків забруднення атмосфери міст. Результати цих розрахунків можуть бути використані з метою нормування викидів забруднювальних речовин і для вирішення інших завдань [21].

Програмні продукти фірми «Гарант». Розробник програмних продуктів на ЕОМ для екології (охорони НС), включаючи програми «Гарант», «Універсал», «Нуклід», «Том ПДВ», «Гарант-шум», «Автотранспорт», «Гарант-отходы» для розрахунків забруднення атмосферного повітря викидами хімічних і радіоактивних речовин (РР), проектної документації щодо поводження з відходами, акустичного забруднення і т. п. Програми працюють згідно з методиками ОНД-86, ДВ-98 та іншими нормативними документами для операційних систем DOS, Windows95 (98), NT та дають змогу врахувати забудову територій при розрахунках забруднення атмосфери [18].

Також в Росії відомим інструментом інформаційної підтримки системи управління якістю атмосферного повітря на території міста є інформаційна система «**Атмосферне повітря**», що входить до складу інформаційно-аналітичного комплексу «Екологічний паспорт території Санкт-Петербурга». Система інтегрує наявні дані щодо якості атмосферного повітря і проводить їх сумісний аналіз. Вона включає блок збереження первинних даних і інформаційних сервісів, що використовують технологію ESRI ArcIMS, а також авторські програмні додатки і розрахункові модулі. Зазначимо, що недоліком цієї системи є те, що вона інтегрується з продуктами фірми ESRI, які коштують занадто дорого для вітчизняних користувачів.

Моделююча система AERMOD. Співробітниками компаній «Lakes Environmental» (Канада) і «BREEZE» (США) було створено систему AERMOD для моделювання поширення забруднювальних речовин від різних джерел забруднення (наземних, висотних) в умовах довільного рельєфу місцевості.

AERMOD містить такі модулі: 1) AERMOD – модуль математичного моделювання дисперсії домішки в атмосфері; 2) AERMET – модуль визначення необхідних метеоданих на основі розв'язання системи рівнянь приземного шару атмосфери; 3) інструментальний набір AERSURFACE для відтворення рельєфу місцевості; 4) AERMAP – програмні засоби, призначені для прив'язки моделі до тривимірних даних місцевого рельєфу та об'єктів. Крім того, в моделях цього класу містяться засоби, що дають змогу враховувати особливості поширення домішки над трасами, водними перешкодами, лісовим масивом і т.д. Дана комп'ютерна система використовується Environmental Protection Agency (EPA – Агентство захисту навколишнього середовища США) для оцінювання екологічних ризиків від промислових джерел забруднення [30].

Інформацію про інші відомі інформаційні системи екологічного моніторингу можна знати в роботах [2, 3, 4, 8, 15, 20, 24, 26].

Вітчизняні інформаційні системи радіаційного моніторингу

Програмний комплекс для оцінювання та прогнозування радіаційної ситуації в Чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ) створений на основі фізико-математичних моделей емісії, атмосферного переносу і осадження радіонуклідів (РН) [22]. Призначений для розрахунків об'ємної та поверхневої концентрації РН у межах ЧЗВ, доз зовнішнього і внутрішнього (за рахунок інгаляційного надходження) опромінення персоналу ЧЗВ і населення поряд з її кордонами. Може використовуватись як за нормальних умов у ЧЗВ, так і за підвищеної емісії РН у повітрі: аварійних ситуацій на радіаційно небезпечних об'єктах у ЧЗВ, екстремальних погодних умов. Комплекс може розраховувати поширення викидів в атмосфері від декількох джерел одночасно. При цьому розглядаються джерела трьох різних типів, для опису яких необхідне використання принципово різних моделей. Комплекс складається з декількох блоків:

- лагранжево-ейлерова модель атмосферного переносу РН LEDI, призначена для розрахунків поширення радіоактивної домішки в атмосфері від висотних точкових або об'ємних джерел;

- модель поширення РН в атмосфері внаслідок їх підймання з поверхні землі (площинне поверхнєве джерело), призначена для оцінювання забруднення повітря в разі природного вітрового перенесення РН з радіоактивно забрудненої ділянки або техногенного підймання, внаслідок проведення на ньому будівельних або земляних робіт, інтенсивного руху важкої техніки тощо;

- модель підймання та поширення РН в атмосфері внаслідок лісових

пожеж або пожеж на ділянках трави в межах ЧЗВ;

– блок розрахунку доз зовнішнього та внутрішнього опромінення.

Зазначений набір моделей об'єднаний загальним інтерфейсом, що дає змогу користувачеві отримувати вхідну інформацію про метеорологічну ситуацію в межах ЧЗВ, вибирати параметри джерел радіоактивного забруднення, проводити розрахунки і заносити їх результати в загальну базу даних вимірювань та розрахункової інформації.

Закордонні системи радіаційного моніторингу

MEPAS. Комп'ютерна система MEPAS застосовується при обґрунтуванні і прийнятті управлінських рішень щодо зменшення ризиків для здоров'я людей та поліпшення стану довкілля при виникненні аварій з токсичними і РР. Система розроблена у США Тихоокеанською північно-західною національною лабораторією «Бателл» (PNL) на замовлення Міністерства енергетики США. Оціночні модулі системи MEPAS базуються в основному на стандартах Агентства з навколишнього середовища США (EPA).

Російськомовна версія зазначеної системи – «MEPAS 3.11RV», у створенні якої поруч із спеціалістами США брали участь фахівці Асоціації комп'ютерних технологій Міністерства Росії та Міжнародного центру навчальних систем. Адаптацію системи до її нормативного поля і впровадження версії «MEPAS 3.11RV» в Україні здійснена за ліцензією з PNL угодою під науковим керівництвом д.т.н. Г.В. Лисиченко [7].

Фізико-хімічні моделі міграції речовин, що викликають забруднення в різних підсистемах НС (повітря, ґрунт, поверхневі та підземні води, рослинність, харчові ланцюги), розрахунок доз від навантажень і факторів ризику, що використовуються в програмі, повністю узгоджені з сертифікованими у МАГАТЕ моделями. Вони дозволяють виконувати кількісний аналіз розповсюдження викидів (скидів) токсичних та радіоактивних забруднювачів від багатьох джерел різноманітної геометрії, розповсюдження небезпечних домішок-забруднювачів та РР у природному середовищі з урахуванням можливих сценаріїв переносів, маршрутів та сценаріїв накопичення доз у населення, що проживає в зонах підвищеного техногенного навантаження на забруднених територіях.

Інформаційно-моделююча система MEPAS застосовується в США та інших країнах світу у галузі промислової та екологічної безпеки при вирішенні таких питань:

- виконання оцінок інтегрального ризику для здоров'я людей та стану навколишнього середовища;
- створення достовірної основи для оптимізації (за економічними показниками) заходів, що знижують небезпеку та ризик;
- проведення аналізу доцільності практичної реалізації (за наявними ресурсами) заходів, що передбачені при реабілітації територій;
- планування раціональних дій та заходів щодо профілактики та

відновлення стану НПС та зменшення негативного впливу на здоров'я людей.

За функціональним призначенням система MEPAS застосовується на об'єктах, що є джерелами потенційної небезпеки. При цьому використовується тільки наявна (фактична) інформація про потужність викидів (скидів), сховищ, плям забруднень та інших показників розповсюдження небезпечних речовин. Система MEPAS побудована на відносно стандартних підходах до розрахунків переносу забруднювачів хімічних та РР в різних системах НПС. Її визначною рисою є те, що всі підсистеми та шляхи переносу забруднювачів ідеологічно об'єднані в єдиному програмному продукті з узгодженим математичним апаратом.

Російськомовна версія «MEPAS 3.11RV» містить такі моделюючі модулі підсистеми:

- джерела небезпеки;
- розповсюдження речовин-забруднювачів у поверхневих та підземних водах, ґрунтах, атмосферному повітрі;
- забруднення в продуктах харчування (м'ясо, молоко, риба, рослинна їжа та інші);
- шляхи накопичення доз у людини (зовнішнє опромінення, шкіряні контакти, внутрішнє опромінення, шляхи дихання);
- оцінка індивідуальних та колективних доз і ризиків (для канцерогенів) та квот небезпеки (для не канцерогенних – токсичних впливів);
- база даних щодо інформації про властивості хімічних токсичних речовин і РН (нараховує близько 650 речовин, що визначені з досвіду більше ніж 440 аварій на промислових об'єктах США та інших країн світу);
- модулі інтерфейсу для зв'язку з іншими зовнішніми системами.

Система MEPAS побудована на таких принципах, які дозволяють використовувати її для підтримки прийняття управлінських рішень у широкому діапазоні практичних завдань, що пов'язані з аваріями на хімічних та ядерних об'єктах з урахуванням неповноти даних при найменших витратах часу.

Результати порівняння можливостей різних типів моделюючих систем RESRAD, MMSOILS, MEPAS, які використовуються в США, показали явну перевагу системи MEPAS перед іншими подібними системами за показником багатofункціональності використання. Перевага системи MEPAS полягає також у тому, що після її адаптації до території та зведення початкових умов вона дозволяє суттєво скоротити перелік вихідних даних і, як наслідок, бюджетних витрат у цій галузі.

Системи MEPAS-RASCAL RV пропонується використовувати для експертно-аналітичних робіт при обґрунтуванні рівнів ЕБ (при впровадженні проектів зберігання та поховання радіоактивних відходів), при прогнозуванні наслідків техногенних аварій на хімічних виробництвах, АЕС, інших джерелах небезпеки, а також при комплексній оцінці екологічного стану значних територій та визначенні впливу забруднень на здоров'я людини та

довкілля [7].

RECASS. Для оперативного аналізу інформації про радіоактивне забруднення НС аварійними атмосферними викидами і для підготовки прогнозу поширення забруднення в НВО «Тайфун» в 1993 році була розроблена система підтримки прийняття рішень при радіаційних аваріях RECASS NT.

Програмне та математичне забезпечення RECASS NT дозволяє здійснювати:

- збір та обробку оперативних даних про радіаційну і метеорологічну обстановку;
- організацію обміну даними відомчих і регіональних центрів з головним інформаційно-аналітичним центром єдиної державної АСКРО Росії;
- аналіз і прогноз розповсюдження забруднення у разі аварійних викидів в НС;
- розрахунок дозових навантажень на населення;
- вироблення рекомендацій щодо проведення захисних заходів у разі радіаційних аварій;
- забезпечення одночасного багатокористувацького доступу до оперативних і розрахункових даних
- забезпечення можливості проведення розрахунків у разі навчань і тренувань і ряд інших завдань, пов'язаних з обробкою, аналізом і наданням даних і інформації.

У системі використовуються можливості ГІС, реалізовані моделі, основані на різних методиках і, як наслідок, мають різну оперативність. Система RECASS призначена для роботи в операційному середовищі UNIX з використанням стандартних засобів MS Windows.

Більш детальну інформацію по модулям та моделям, які використовуються в ПК RECASS, можна знайти в [11].

Основною відмінною рисою системи є наявність постійно оновлюваного банку поточних і прогностичних метеорологічних даних, що охоплюють територію всієї земної кулі. Це надає унікальні можливості для підготовки оперативних прогнозів у разі аварії в будь-якій точці землі.

Дана система неперервно розвивається за рахунок удосконалення застосовуваних моделей, використання сучасних комп'ютерних засобів, а також нових методів програмування та обробки даних. Розширюється коло задач системи. Був підготовлений гідрологічний модуль системи для оцінки забруднення поверхневих вод. Система RECASS NT стала застосовуватися не тільки для радіаційних аварій, але і для хімічних викидів з метою інформаційної підтримки прийняття рішень при великомасштабних пожежах (нафтових і лісових) та на небезпечних виробничих об'єктах, в тому числі і на об'єктах зберігання та знищення хімічної зброї.

Основне призначення сучасної версії комп'ютерної системи RECASS NT – оцінка та прогноз наслідків аварійних надходжень (у результаті викидів,

скидів, розливів, вибухів і пожеж) забруднюючих речовин у НС, включаючи вироблення рекомендацій з необхідності проведення захисних заходів. Крім Федерального інформаційно-аналітичного центру Росгідромету система RECASS NT встановлена в кризових центрах Держкорпорації «Росатом» і ВАТ «Концерн Енергоатом», на всіх атомних станціях РФ, на підприємствах по зберіганню і знищенню хімічної зброї, в Центрі радіаційного контролю та моніторингу республіки Білорусь.

Геоінформаційний експертно-моделюючий комплекс «RADExpert». Для оцінювання наслідків викидів РН в атмосферу розроблено геоінформаційний експертно-моделюючий комплекс «RADExpert». Він складається з геоінформаційної, моделюючої та експертно-аналітичної систем. Геоінформаційна система складається з цифрових моделей місцевості, об'єктів-реципієнтів, потенційно-небезпечного об'єкта, радіаційної ситуації, модуля спілкування та виконує функції введення, збереження та візуалізації даних щодо району розміщення потенційно-небезпечного об'єкта (джерела викиду). Моделююча система містить модуль розрахунку поширення РН, модуль розрахунку дозових навантажень, модуль управління та призначена для розрахунку радіаційної ситуації, яка може скластися в результаті викидів РН в атмосферу. Експертно-аналітична система складається з модуля ідентифікації параметрів моделювання, модуля аналізу радіаційної ситуації, модуля спілкування, бази даних. Виконує функції аналізу початкових даних, ідентифікації параметрів розрахунків, аналізу радіаційної ситуації та підготовки звітів. Цю систему впроваджено в роботу Волгодонської АЕС (Росія) [5].

ПЗ (програмний засіб) «SULTAN» призначено для оперативного прогнозування радіаційної обстановки (РО) за межами станції в разі аварії на АЕС з метою обґрунтування рішень про проведення негайних захисних дій в умовах мінімальної інформації про викид і метеоумовах [17]. Організацією-розробником ПЗ «SULTAN» є Всеросійський науково-дослідний інститут з експлуатації атомних електростанцій.

ПС «SULTAN» дозволяє розраховувати:

- очікувану поглинену дозу на щитовидну залозу для персоналу (на території проммайданчика і в СЗЗ) і різних вікових груп населення за рахунок вдихання радіоізоотопів йоду;
- тимчасову залежність потужності дози зовнішнього фотонного випромінювання від радіоактивних випадінь і хмари на місцевості; дозу зовнішнього опромінення людини від радіоактивного хмари;
- дозу зовнішнього опромінення людини від радіоактивних випадінь на місцевості залежно від часу після початку аварії;
- лінійні та площадкові характеристики областей, знаходження людини на яких вимагає прийняття різних екстрених заходів захисту в залежності від відповідних рівнів втручання.

Рекомендації про види і масштаби екстрених захисних дій ґрунтуються

на діючих критеріях для прийняття рішень в початковий період радіаційної аварії, що встановлюють верхні і нижні рівні втручання, а також на принципах обґрунтування та оптимізації з урахуванням конкретної обстановки та місцевих умов.

В ПЗ «SULTAN» проводиться розрахунок як прогнозованої (без урахування втручання), так і відвернутої захисними заходами дози, за значеннями якої, відповідно до НРБ-99 та рекомендаціями МАГАТЕ та МКРЗ, визначається необхідність втручання в нормальну життєдіяльність населення, а також в господарське і соціальне функціонування території навколо АЕС у разі радіаційної аварії на ядерному реакторі.

Система використовує стандартну інформацію про метеоумови, якою володіють метеостанції і служби зовнішньої дозиметрії АЕС, дані про характеристику земної поверхні в напрямку вітрового потоку, а також мінімальний набір експертних даних про параметри аварійного викиду.

ПЗ «SULTAN» розроблено на базі сучасних уявлень про механізми розсіяння РН в атмосфері та формуванні аварійної дози опромінення людини, нормативних документів, рекомендацій МКРЗ і МАГАТЕ [11].

Вхідними параметрами для розрахунків є: параметри джерела викиду РН з урахуванням їх фізико-хімічних форм існування (газоподібні, аерозолі, молекулярний і органічний йод); параметри, що характеризують метеорологічну обстановку; параметри, що характеризують підстилаючу поверхню [17].

ПЗ «НОСТРАДАМУС» призначено для оперативного (автономного) прогнозування РО при викидах радіоактивних матеріалів під час аварій на АЕС та інших ядерних об'єктах. Система може бути використана для підтримки прийняття рішень в реальному часі на початковій (гострій фазі) радіаційної аварії. Організацією-розробником ПЗ «НОСТРАДАМУС» є Інститут проблем безпечного розвитку атомної енергетики Російської академії наук.

Система дозволяє розраховувати такі дані:

- миттєві значення приземних концентрацій для кожного РН;
- тимчасові інтеграли концентрацій;
- потужності дози і дози від кожного РН (або сумарні від усіх нуклідів) на різні органи, з урахуванням вікових груп і по різних шляхах опромінення: зовнішнє опромінення від радіоактивної хмари, зовнішнє опромінення від забрудненої поверхні, внутрішнє опромінення від інгаляційного надходження РН.

Можливе використання програми:

- підготовка прогнозної інформації при аварійному реагуванні;
- тренінг, навчання, підготовка і проведення ділових ігор;
- розрахунки наслідків при різних сценаріях розвитку аварійних ситуацій для обґрунтування безпеки об'єктів використання атомної енергії.

Система може бути використана для моделювання поширення викиду

будь-якого матеріалу, у тому числі токсичних речовин у газовій та/або аерозольній формі з подальшим випаданням на ґрунт, але має поглиблену орієнтацію на об'єкти атомної енергетики та викиди РР в атмосферу. Вона містить базу даних за властивостями РН (коефіцієнти дозового перетворення, періоди напіврозпаду). Вихідними даними системи є приземні об'ємні активності нуклідів, щільності радіоактивних випадінь, а також прогнозовані дози і потужності дози від різних нуклідів і по різних шляхах опромінення.

Результати моделювання в процесі розрахунків відображаються на карті місцевості у вигляді контурних ліній рівня або зафарбованих областей. По закінченні розрахунку варіанту можна переглянути графічні часові залежності обраних функцій у ряді точок або їх залежності від відстані та кута. Також передбачені різні типи вихідних текстових файлів – документів для самостійного опрацювання за допомогою інших стандартних програмних продуктів.

Система дозволяє аналізувати різні за масштабами аварії – від локальної (тривалістю кілька годин) до досить серйозної (кілька днів за часом викиду або розповсюдження і з зоною охоплення від 50 м до 60 км). Більш детальний опис моделей та програмного засобу опубліковано в [9, 11].

ПЗ «ДОЗА» застосовується для розрахунку доз опромінення населення при аваріях на атомних станціях з викидом РР в атмосферу. Організацією-розробником даного програмного продукту є російський науковий центр «Курчатовський інститут» [16].

ПЗ «ДОЗА» застосовується на етапі проектування АЕС з метою обґрунтування радіаційної безпеки при аваріях. ПЗ «ДОЗА» розраховує ефективну дозу і еквівалентну дозу на різні органи людини в точках сектора, які характеризуються віддаленням від джерела викиду, для наступних видів опромінення:

- зовнішнє опромінення від РН, що знаходяться в хмарі і на поверхні землі;
- внутрішнє опромінення від РН, що надійшли в організм з повітрям (інгаляція) і при споживанні продуктів харчування.

Метод чисельного інтегрування, який застосовується у ПЗ "ДОЗА", забезпечує похибку не більше 0,1%.

ПЗ «GENGAUS» призначено для оперативного прогнозування РО за межами станції в разі аварії на АЕС і для оцінки безпеки населення при аварійних ситуаціях на радіаційно-небезпечних об'єктах. Розробником ПЗ «GENGAUS» є Державний науковий центр Інститут біофізики.

При розробці ПЗ «GENGAUS» використовувалися підходи до оцінки аварій на АЕС, які застосовувалися при проведенні навчань в аварійному медичному радіаційно-дозиметричному центрі вищезазначеного інституту.

ПЗ «GENGAUS» дозволяє розраховувати поширення викидів в атмосфері по гауссовій моделі. Розрахунок доз на населення проводиться за моделлю GENII, яка розроблена в США і широко використовується. За

допомогою GENII можна проводити розрахунки для неперервних і короткочасних (аварійних) атмосферних викидів, а також для скидів у річки та озера, при забрудненні поверхні ґрунту. Модель враховує всі основні харчові ланцюжки надходження нуклідів в організм, процеси метаболізму і, що особливо важливо, пору року аварійного викиду. Комп'ютерні коди GENII розроблені відповідно до національних стандартів США і пройшли кілька незалежних перевірок.

ПЗ «GENGAUS» розроблений відповідно до вимог НРБ-99 з опромінювання населення в аварійних ситуаціях. Дози розраховуються для різних моментів часу після аварії. Розраховуються еквівалентні дози на легені, щитовидну залозу, гонади, шкіру, доза зовнішнього опромінення і ефективна доза. Ефективна доза може розраховуватися для всіх вікових груп згідно НРБ-99.

Програмний комплекс «Гарант-Універсал», розроблений НВО фірмою «Гарант» [18]. Розрахунок розсіювання шкідливих речовин проводиться відповідно до ОНД-86. Програмний комплекс містить програми, призначені для розрахунку розсіювання шкідливих речовин в повітрі, формування проекту гранично допустимих викидів, екологічного паспорта підприємства, таблиць «Інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу» у відповідності зі стандартними формами. У складі комплексу є програма «НУКЛИД», для розрахунків полів середньорічних концентрацій радіоактивних речовин у приземному шарі атмосфери, річних випадів на ґрунт, а також доз опромінення від середньорічних концентрацій РР в атмосферному повітрі і від випадів їх на ґрунт.

Прикладна геоінформаційна система PRANA [27], призначена для підтримки прийняття рішень з реабілітації радіоактивно забруднених територій. Система являє собою сукупність окремих спеціалізованих геоінформаційних систем, які застосовуються для досліджень моделей розрахунку доз, ризиків, оптимізації структури контрзаходів.

Також відомими є такі інформаційні системи радіаційного моніторингу, як ARGOS (Данія, Швеція), JSPEEDI (Японія), NARAC (США) [29].

Висновки

На сьогоднішній день в світі розроблено велику кількість інформаційних систем моніторингу довкілля, які використовуються в якості програмних ресурсів підтримки прийняття рішень в області охорони навколишнього природного середовища в зонах впливу об'єктів підвищеної небезпеки. Всі системи є оригінальними та націленими на вирішення конкретного кола задач екологічної та радіаційної безпеки.

В даній роботі виконано дослідження найбільш розвинутих вітчизняних та закордонних інформаційних систем екологічного та радіаційного моніторингу, які можуть бути адаптовані для використання в розроблюваній системі ЕкоІЕС.

1. АРМ Еколога [Електронний ресурс] // Веб-сайт ДП ДНДІАСБ – Дата доступу 3.03.2011. – Режим доступу : <http://www.ndiasb.kiev.ua/index.php>. – Загол. з екрану.
2. *Воронич С.С.* Новое в системе мониторинга атмосферных загрязнений города Москвы / [С.С. Воронич, Ю.С. Шадская, А.Г. Хлопаев, А.А. Пухова] // *Экология і природокористування*. – 2009. – Вип. 12. – С. 177-180.
3. *Гаврилов А.С.* Программный комплекс ZONE – интеллектуальная геоинформационная система для управления качеством атмосферы города / А.С. Гаврилов // *Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации*. – 1998. – № 1(13). – С. 2.
4. Глобальная измерительная система «ГИС–АТМОСФЕРА» [Електронний ресурс] // Веб-сайт ЧП «МОРЕПРОМ». – Дата доступу 2.03.2010. – Режим доступу : <http://moreprom.ru/product.php>. – Загол. з екрану.
5. *Глушанин М.В.* Математическое моделирование и разработка программного комплекса в задачах распространения радионуклидов в атмосфере : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» / М.В. Глушанин. – Новочеркасск, 2009. – 18 с.
6. *Кісь Я.П.* Інтелектуальні геоінформаційні системи. Міжнародний досвід та шляхи розвитку в Україні / Я.П. Кісь, Н.Б. Шаховська, О.Б. Вальчук // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. – 2008. – № 621. – С. 139-144.
7. *Лисиченко Г.В.* Методологія оцінювання екологічних ризиків. Монографія. / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашов. – Одеса: Астропринт. 2011. – 368 с.
8. Магистраль-город 2.3 [Електронний ресурс] // Веб-сайт Фирма «Интеграл». – Дата доступу 10.05.2011. – Режим доступу : <http://integral.ru/shop/cargo/59.html>. – Загол. з екрану.
9. НОСТРАДАМУС. Компьютерная система прогнозирования и анализа радиационной обстановки на ранней стадии аварии на АЭС. Инструкция пользователя. ИБРАЭ РАН, инв. № 3429, М., 2001.
10. Перелік програмних продуктів в галузі охорони атмосферного повітря [Електронний ресурс] / Міністерство екології та природних ресурсів України. – Дата доступу 3.03.2012. – Режим доступу : <http://www.menr.gov.ua/content/article/5964?print=true>. – Загол. з екрану.
11. Положение о повышении точности прогностических оценок радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на персонал и население [Електронний ресурс] // Веб-сайт «Образовательный ресурс». – Дата доступу 8.02.2014. – Режим доступу : <http://base1.gostedu.ru/58/58768/#i886681> – Загол. з екрану.
12. *Понов О.О.* Концептуально-методологічні аспекти моделювання впливу об'єктів атомної енергетики на довкілля / О.О. Попов // *Моделювання та інформаційні технології*. – 2013. – Вип. 70. – С. 10-19.
13. *Понов О.О.* Методи аналізу ризиків в екології / О.О. Попов // *Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України*. – 2013. – Вип. 69. – С. 19-28.
14. *Понов О.О.* Підходи до організації та ведення комплексного радіоекологічного моніторингу наземних екосистем у районах розташування АЕС / О.О. Попов // *Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України*. – К. – 2013. – Вип. 68. – С. 11-18.
15. Применение информационных технологий для решения задач экологического мониторинга загрязнения атмосферы мегаполисов / [С.М. Дзюба, Н.В. Белянина,

- М.Н. Прокопенко, С.А. Серовиков] // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Тематичний випуск : Інформатика і моделювання. – 2010. – № 21. – С. 58-65.
16. Программа ДОЗА-RRC. ОФАП-ЯР, № 393 от 28.12.96.
17. Программное средство "SULTAN" оперативного прогнозирования радиационной обстановки за пределами станции в случае аварии на АЭС. Инструкция пользователя. Утв. Техническим директором концерна "Росэнергоатом" 12.10.2000, М., 2000.
18. Программные продукты фирмы «Гарант» [Электронный ресурс] // Веб-сайт ООО «НПО Фирма ГАРАНТ». – Дата доступа 3.03.2012. – Режим доступа : <http://garant.hut.ru>. – Загол. з екрану.
19. Программный комплекс ЭРА-Воздух [Электронный ресурс] // Веб-сайт НПЦ «Логос-Плюс». – Дата доступа 3.03.2012. – Режим доступа : <http://www.logos-plus.ru/rus/progs/era/era.html>. – Загол. з екрану.
20. РАБОТА УПРАВЛЕНИЯ – ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ [Электронный ресурс] // Веб-сайт Донецкий экологический портал. – Дата доступа 27.01.2010. – Режим доступа : <http://doneco.org.ua/showwork.php?id=4>. – Загол. з екрану.
21. Система «Эколог-город» 3.0 [Электронный ресурс] // Веб-сайт НПК «Атмосфера». – Дата доступа 3.03.2012. – Режим доступа : http://www.atmosfera-npk.ru/ecolog/ecolog_city.htm. – Загол. з екрану.
22. *Талерко Н.Н.* Программный комплекс для оценки и прогнозирования радиационной ситуации в Чернобыльской зоне отчуждения / Н.Н. Талерко, Е.К. Гаргер, А.Г. Кузьменко // Ядерна та радіаційна безпека. – 2010. – №3. – С. 45-49.
23. УІАС НС [Электронный ресурс] // Веб-сайт ТОВ «КІТ». – Дата доступа 05.04.2011. – Режим доступа : <http://www.kitsoft.kiev.ua>. – Загол. з екрану.
24. *Шикіна О.В.* Под питання про комп'ютеризацію банку даних моніторингових спостережень повітряного басейну [Электронный ресурс] / О.В. Шикіна, Г.В. Скиба // Інтернет-спільнота «Промислова екологія». – Дата доступа 03.03.2012. – Режим доступа : <http://www.eco.com.ua>. – Загол. з екрану.
25. Экологический программный комплекс РОСА [Электронный ресурс] // Веб-сайт ООО Предприятие «ЛиДа инж.». – Дата доступа 3.03.2012. – Режим доступа : <http://www.ecolida.ru/product.html>. – Загол. з екрану.
26. *Яришкіна Л.О.* Екологічні проблеми залізниць Придніпров'я / Л.О. Яришкіна // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2010. – Вып. 48. – С. 144-149.
27. *Яцало Б.И.* Поддержка принятия решений по управлению техногенно загрязненными территориями на основе анализа риска с применением геоинформационной технологии / Б.И. Яцало, В.Ф. Демин // Атомная энергия 2002. – Т. 93. – Вып. 2. – С. 128-136.
28. *Яцишин А.В.* Використання інформаційних технологій в задачах управління екологічною безпекою / А.В. Яцишин, О.О. Попов, В.О. Артемчук // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – Вип. 2(41). – С. 289-294.
29. *Яцишин А.В.* Комплексне оцінювання та управління екологічною безпекою при забрудненнях атмосферного повітря : дис. доктора технічних наук : 21.06.01 / Яцишин Андрій Васильович. – Київ, 2013. – 402 с.
30. AERMOD: A dispersion model for industrial sourceapplications Part I: General model formulation and boundary layer characterization. (accepted for publication) / A.J. Cimorelli, S. G. Perry, A. Venkatram [et al.] // Journal of Applied Meteorology. – 2005. – Vol. 44, iss. 5. – P. 682-693.

Поступила 20.01.2014р.