

13.07.2016

Системи прогнозування перебігу надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру

Передбачення перебігу природних і техногенних надзвичайних ситуацій дає змогу своєчасно оцінювати рівні нововиниклих ризиків, оперативно реагувати на ці події, запобігати численним майбутнім небезпекам та мінімізувати негативні наслідки таких ситуацій. Із цією метою одразу після аварії на 4-му енергоблоці Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС) у квітні 1986 р. вчені Інституту проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України розпочали дослідження в напрямі створення прогностичних систем перебігу надзвичайних ситуацій. У межах бюджетних тем НАН України, а також міжнародних проектів рамкових програм Європейського Союзу, наукових програм НАТО тощо активно розроблюються та впроваджуються математичні моделі прогнозування погоди й розповсюдження забруднень в атмосфері, водному середовищі та біоті, на основі яких (моделей) розроблюються, у свою чергу, інформаційні системи підтримки рішень у галузі екологічної безпеки ([Національна академія наук України](http://www.nas.gov.ua)).

Одним з результатів дослідницької діяльності ІПММС НАН України з ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи стало утворення в цьому інституті окремої наукової школи, що посідає провідні позиції в Європі та світі в галузі математичного моделювання поширення радіонуклідів у водних системах. Удосконалені й модифіковані математичні моделі, історія яких бере початок 1986 р., і є ядром модуля прогнозування забруднення вод комп'ютерної системи «РОДОС» (RODOS, Real-Time On-line Decision Support System), експлуатованої у багатьох європейських центрах реагування на радіаційні аварії, а останнім часом – впровадженої і в Україні (більше про систему «РОДОС»: <http://g.ua/Nei>).

До основних розробок ІПММС НАН України за даним напрямом досліджень належать:

– перша в Україні оперативна система прогнозування погоди «WRF-Україна», дані оперативних розрахунків якої використовуються для прогнозування розповсюдження радіоактивних забруднень унаслідок можливих викидів на українських АЕС, а також для прогнозування стихійних гідрометеорологічних явищ на Закарпатті;

– методи асиміляції даних метеорологічних і радіологічних вимірювань для здійснення корекції метеорологічних полів, розрахованих за даними чисельного прогнозу погоди, та для встановлення місцезнаходження й

обсягів викидів атмосферних забруднень – із використанням даних радіологічних вимірювань, а саме – потужностей доз, концентрацій, щільностей випадінь (вказані методи інтегровано в систему «РОДОС»);

– чисельна гідродинамічна модель атмосферної дисперсії забруднень (у тому числі важких газів) навколо будинків, яка містить модуль засвоєння даних на основі використання варіаційного методу, що, у свою чергу, дає змогу ідентифікувати місце розташування й потужність стаціонарного джерела забруднення;

– реалізована з використанням ГІС-технологій (зокрема, інформаційної системи «Хмара») методика «Оцінка характеру і наслідків надзвичайних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах стаціонарного типу», що дає змогу вказувати на мапі зону поширення хімічно небезпечних речовин із зазначенням на ній усіх вихідних параметрів аварії;

– комплекс одно-, дво- і тривимірних математичних моделей міграції радіонуклідів у поверхневих водах водозборів, річок, водосховищ, озер, естуаріїв, морів, які (тобто моделі) враховують особливості процесів одно- та двоступеневої кінетики виявлених після аварії на ЧАЕС обмінних забрудненнями в системі «вода – зважені мули – донні відкладення», а також обчислювальні методи реалізації цих математичних моделей;

– методи моделювання ролі ерозійно-седиментаційних і сорбційно-десорбційних механізмів переносу радіонуклідів водними потоками;

– ефективні методи засвоєння даних радіаційного моніторингу в математичних моделях прогнозування транспорту радіонуклідів на основі методів сполучених рівнянь і субоптимальних фільтрів Калмана, а також комплексні моделі поширення радіонуклідів у ґрунтових водах та в зоні аерації, змиву радіонуклідів із водозборів;

– чисельна моделювальна система прогнозування течій, температури й солоності, вітрового хвилювання (випробувана для моделювання штормів у Чорному морі);

– чисельна гідродинамічна модель переносу хімічних і біологічних забруднень у морі;

– чисельна гідродинамічна модель переносу радіоактивності в морі THREETOX;

– чисельна модель забруднення моря при розливах нафти й нафтопродуктів у морі OILTOX.

Крім того, з метою уможливлення здійснення довгострокових розрахунків радіоактивного забруднення морського середовища вчені ПІММС НАН України розвивають камерну модель переносу радіонуклідів POSEIDON, яка дає змогу описувати міграцію різних радіонуклідів – від

опису джерела забруднення до оцінювання доз внутрішнього опромінення людини в результаті споживання морепродуктів. Підсумки застосування моделі POSEIDON при вивченні наслідків аварії на японській АЕС «Фукусіма-1» (березень 2011 р.) засвідчили, що при довгостроковому моделюванні переносу радіонуклідів у морському середовищі необхідно враховувати додаткове джерело забруднення морських організмів, пов'язане з міграцією радіонуклідів із донних відкладень через донний ланцюжок живлення. Динамічну модель переносу радіонуклідів ланцюжком живлення морських організмів у камерній моделі POSEIDON було розширено донним ланцюжком живлення. У зазначеній моделі поверхневі організми об'єднуються в фітопланктон, зоопланктон, нехижу й хижу риби. Донні організми описуються донними безхребетними, придонною рибою та донними хижакими. При здійсненні розрахунків до уваги беруться й водорості, що засвоюють радіонукліди виключно з води, та молюски, ракоподібні та прибережні хижаки, які харчуються як поверхневими, так і придонними організмами.

Здобутки науковців ІПММС НАН України знайшли широке практичне застосування, зокрема для таких потреб, як:

- забезпечення системи ядерного аварійного реагування Європейського Союзу «РОДОС», впроваджені ДП «НАЕК «Енергоатом»», Державною службою України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) і Державною інспекцією ядерного регулювання України, даними чисельного прогнозу погоди для районів розташування українських АЕС;

- прогнозування стихійних гідрометеорологічних явищ у Карпатських горах – для Закарпатського обласного центру з гідрометеорології;

- оперативне прогнозування розповсюдження радіоактивних забруднень унаслідок пожеж у Чорнобильській зоні відчуження (травень 2015 р.) та на нафтобазі поруч із м. Васильків (червень 2016 р.);

- оцінювання повітряного поширення радіонуклідів від різноманітних небезпечних об'єктів (у тому числі від забруднених будівель колишнього уранового виробництва) із використанням розробленої фахівцями ІПММС НАН України (у рамках Державної цільової екологічної програми приведення в безпечний стан уранових об'єктів виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод») гідродинамічної моделі атмосферної дисперсії навколо будинків;

- реагування на надзвичайні ситуації на об'єктах хімічного виробництва (за допомогою впроваджені в Міністерстві оборони України системи «Хмара»);

– розроблення комп'ютерної системи зберігання вимірюваних різними відомствами даних моніторингу концентрації радіонуклідів у поверхневих і ґрунтових водах і їх (даних) обробка з метою надання достовірних оцінок стану забруднення водних систем після Чорнобильської катастрофи;

– прогнозування забруднення вод р. Прип'ять і р. Дніпро в результаті дощових і весняних (1987 р.) повеней, розроблення довгострокового прогнозу забруднення р. Дніпро;

– оцінювання ефективності водоохоронних інженерних споруд, що проектувалися на р. Прип'ять, р. Дніпро та Київському водосховищі;

– побудова деталізованих цифрових мап розподілу забруднень територією України;

– прогнозування радіоактивного забруднення підземних вод після аварії на ЧАЕС;

– здійснення прогнозних розрахунків розповсюдження радіоактивності в океані після аварії на японській АЕС «Фукусіма-1» (за допомогою чисельної гідродинамічної моделі переносу радіоактивності в морі);

– здійснення модельних розрахунків забруднення моря й берега після аварій танкерів у Жовтому морі в 2007 р. та Сінгапурській протоці в 2010 р. (за допомогою чисельної моделі забруднення моря при розливах нафти й нафтопродуктів у морі OILTOX).

Чисельна гідродинамічна модель переносу радіоактивності в морі THREEE TOX POSEIDON-R, методи асиміляції метеорологічних і радіологічних вимірювань та алгоритми розв'язання обернених задач атмосферного перенесення, розроблені в ІПММС НАН України, впроваджені в системі ядерного аварійного реагування «РОДОС», використовуваних у багатьох європейських країнах, а останнім часом – і в Україні.

Окремо варто зупинитися на результатах застосування камерної моделі POSEIDON до території навколо японської АЕС «Фукусіма-1», забрудненої внаслідок аварії в березні 2011 р. Результати моделювання порівнювалися з даними вимірювань за період з 1950 по 2015 р. Дослідники одержали збіги з даними вимірювань для морських організмів в зоні радіусом 15 км навколо вказаної АЕС. Концентрація ^{137}Cs у прибережних хижаках практично збігається з концентрацією в хижій поверхневій рибі для періоду з 2011 по 2013 р., що пояснюється визначальним впливом сильно забрудненої води на морські організми. Після 2013 р., коли вода перестає бути основним джерелом забруднення, концентрація ^{137}Cs у прибережному хижаку зменшується повільніше – за рахунок наявності донних організмів в його

раціоні. Це свідчить про необхідність врахування донного ланцюжка живлення при довгостроковому моделюванні.

Порівняння розрахованої індивідуальної дози внутрішнього опромінення за період 2014–2020 рр. (доза за період 2011–2013 рр. не бралася до уваги через перевищення максимально допустимого значення концентрації ^{137}Cs у рибі) засвідчило, що в разі споживання морепродуктів із поверхневою рибою доза опромінення (6,3 мкЗв) є на порядок меншою, ніж у разі споживання морепродуктів із придонною рибою (56 мкЗв). Хоча в обох випадках отримана доза значно менша від максимально дозволеної річної дози для населення згідно з нормами МАГАТЕ (1000 мкЗв).

Результати застосування моделі POSEIDON до Балтійського та Чорного морів також продемонстрували узгодження розрахованих концентрацій ^{137}Cs у морському середовищі з даними вимірювань. Це стало можливим завдяки врахуванню зміни величини засвоєння радіоактивного цезію морськими організмами залежно від солоності (наявності конкуруючих іонів калію).

Учені ІПММС НАН України також підготували низку **пропозицій щодо розширення переліку практичних застосувань створених ними розробок**. Дослідники, зокрема, вважають за доцільне використання своїх здобутків для:

- здійснення сценарних розрахунків можливих аварій на екологічно найнебезпечніших об'єктах із метою оптимізації ресурсів для забезпечення надійного контртерористичного захисту;

- вдосконалення національної системи моніторингу небезпечних атмосферних забруднень і забруднень водних об'єктів та організації автоматичного збору і зберігання даних моніторингу у Кризовому центрі ДСНС;

- створення на базі Кризового центру ДСНС, по-перше, національної системи оперативного прогнозування розповсюдження атмосферних забруднень і забруднень у морських системах унаслідок екологічних катастроф техногенного характеру та, по-друге, автоматизованої системи ідентифікації джерел забруднень і обсягів атмосферних викидів за результатами розв'язання обернених задач атмосферного перенесення із використанням даних вимірювань.

Результати досліджень учених інституту широко висвітлені у численних наукових працях та стали вагомим внеском у розвиток зазначеної галузі не лише в Україні, а й в усьому світі.