

УДК 504.06 : 502.55

## РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

О.О. Попов\*, канд. техн. наук, ст. наук. співр., В.О. Ковач, канд. техн. наук, А.В. Яцишин, д-р техн. наук, ст. наук. співр., Є.Б. Краснов, М.В. Малков\*  
 Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції 13.06.2016  
 Пройшла рецензування: 25.07.2016

#### Ключові слова:

інформаційно-технічний метод, попередження надзвичайної ситуації, забруднення, поверхневий водний об'єкт

### АНОТАЦІЯ

Розроблено інформаційно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням поверхневих водних об'єктів в результаті скиду стічних вод на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Представлено інформаційно-обчислювальні процедури методу, розроблено та описано два керуючих алгоритми для розв'язання нестационарної та стаціонарної задачі. Наведено приклади візуалізації результатів моделювання розповсюдження забруднюючих речовин у водному об'єкті за короткочасного та неперервного скиду. Наведено варіанти впровадження розробленого методу

### Вступ

Одна з ключових проблем, що стоять перед людством, – це протиріччя між потребами соціально-економічного розвитку і необхідністю збереження середовища проживання.

Науково-технічний прогрес не тільки сприяє підвищенню продуктивності і поліпшенню умов праці, зростанню матеріального добробуту та інтелектуального потенціалу суспільства, а й призводить до зростання ризику аварій великих технічних систем. Останнє пов'язано з ускладненням їх конструкції, збільшенням їх кількості, зростанням одиничних потужностей агрегатів на промислових і енергетичних об'єктах, їх територіальною концентрацією.

Досить назвати аварії на АЕС в Три-Майл-Айленд (США), в Чорнобилі (Україна), в Фукусімі (Японія), на хімічних підприємствах Фліксборо (Великобританія), Севезо (Італія), Бхопалі (Індія), великі транспортно-промислові катастрофи в Арзамасі, Свердловську, під Уфою, розливи нафти в результаті аварії танкерів. Також можна згадати нещодавню пожежу на нафтобазі в Васильківському районі Київської області [1].

Руйнівну силу техногенних катастроф і стихійних лих у деяких випадках можна порівняти з військовими діями, а кількість постраждалих значною мірою залежить від типу, масштабів, місця і темпу розвитку ситуації, особливостей регіону і населених пунктів, що опинились в районі події, об'єктів господарської діяльності. Несподіваний розвиток подій веде до значного скорочення

часу на підготовку рятувальних робіт і їх проведення.

Управління техногенним ризиком неможливо без інформаційної підтримки підготовки та прийняття управлінських рішень щодо попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). Для управління ризиком здійснюється моніторинг стану природного середовища та об'єктів техносфери, аналіз ризику і прогнозування НС. Функціонування системи моніторингу НС ґрунтується на використанні різних підходів і методів.

### Літературний огляд

Вагомий внесок у вирішення теоретичних і практичних питань попередження та ліквідації НС природного та техногенного характеру зробили такі науковці, як В.М. Шоботов, В.С. Сергєєв, В.А. Акімов, Г.Л. Кофф, Б.С. Мاستрюков, С.О. Гур'єв та ін. [1–8]. Але в роботах даних вчених висвітлюються переважно питання організаційного характеру, та не приділяється увага розробці методів моніторингу навколишнього природного середовища (НПС) в умовах НС техногенного характеру з точки зору теорії управління.

В роботах [9, 10] авторами розроблено типову структуру та описано можливості використання нових інформаційно-технічних методів моніторингу НПС в умовах НС техногенного характеру. Також, в роботі [11] розроблено новий інформаційно-технічний метод (ІТМ) попередження НС, пов'язаних із хімічним забрудненням атмосферного повітря на територіях потенційно-небезпечних об'єктів. Питанню розробки ефективних методів попередження НС природного та техногенного

\* E-mail: sasha\_popov1982@mail.ru (О. Попов)

характеру, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів на сьогоднішній день в сфері цивільного захисту, нажаль, приділено мало уваги.

**Метою статті** є розробка ІТМ попередження техногенних та природних НС, пов'язаних із хімічним забрудненням поверхневих водних об'єктів (ПВО) в результаті скиду стічних вод від критично важливих об'єктів (КВО).

**Виклад основного матеріалу дослідження**

ІТМ – це метод, що дозволяє розв'язувати задану задачу шляхом виконання наступних п'яти етапів [9–11]:

1. створення фізичної моделі досліджуваного об'єкту;
2. розробка математичної моделі об'єкту дослідження;
3. розробка інформаційно-обчислювальних процедур, які дозволяють реалізувати розроблену математичну модель;
4. розробка керуючого алгоритму, який реалізує відповідні процедури;
5. розробка апаратно-програмних або технічних засобів для практичної реалізації процедур за відповідним керуючим алгоритмом.

Що стосується пунктів 1 та 2 для поставленої в статті задачі, то в роботах [12, 13] авторами розроблено фізичну та математичну моделі розповсюдження хімічних забруднюючих речовин (ЗР) в ПВО за стаціонарних та нестаціонарних умов скидів стічних вод. Тому, для розробки ІТМ попередження НС, пов'язаних із хімічним забрудненням водного середовища в результаті скидів від КВО опишемо відповідні процедури та розробимо алгоритм.

ІТМ попередження НС, пов'язаних з хімічним забрудненням ПВО на території розміщення КВО за нестаціонарних та стаціонарних умов скиду, призначений для виявлення антропогенного забруднення, створюваного залповим (миттєвим), короткочасним та неперервним скидом від КВО у ПВО (водойма-охолоджувач, сусідні річки, водосховища тощо), яке розповсюджується під дією гідрогеологічних, гідродинамічних, метеорологічних факторів, а також визначення просторових масштабів та параметрів міграції, які необхідні для розв'язання задач попередження НС природного, техногенного характеру на досліджуваній території.

Метод передбачає виконання наступних процедур:

1. обрання досліджуваного водного об'єкту;

2. обрання досліджуваного джерела-місця скиду та ЗР;
3. задання декартової прямокутної системи координат, пов'язаної з ПВО;
4. визначення координат  $(x_0, y_0, z_0)$  джерела-місця скиду в даній системі координат;
5. визначення географічних координат джерела-місця скиду;
6. визначення тривалості скиду;
7. визначення маси скинутої домішки М;
8. визначення швидкості V та напрямку α течії;
9. визначення коефіцієнтів турбулентної дифузії  $D_x, D_y$  та  $D_z$ ;
10. визначення параметру неконсервативності K;
11. задання часу t для визначення розподілу концентрації;
12. визначення просторового розподілу концентрації  $C(x, y, z, t)$  в досліджуваному ПВО у задані моменти часу;
13. порівняння даних моделювання з гранично допустимою концентрацією (ГДК) обраної ЗР;
14. візуалізація отриманих результатів;
15. прийняття рішень щодо регулювання станом ПВО та ризиком для здоров'я персоналу КВО і населення, яке проживає на досліджуваній території.

Керуючий алгоритм, який реалізує вищеописані процедури за нестаціонарних умов скидів, представлений на рис. 1. Він складається з 16 рівнів.

На першому рівні приймається рішення про визначення динаміки розподілу концентрації ЗР в ПВО в результаті скиду в нього стічних вод КВО. В свою чергу це запускає алгоритм, і дії переходять до наступного рівня.

На другому рівні здійснюється обрання досліджуваного водного об'єкту, в який здійснюється скид ЗР. Це може бути або водоймище або річка поблизу КВО.

На третьому рівні здійснюється обрання джерела-місця скиду із переліку діючих на території КВО та ЗР із переліку речовин, які наявні у скидах КВО в результаті функціонування різних допоміжних техногенних об'єктів на промисловому майданчику.

На четвертому рівні задається декартова прямокутна система координат, яка пов'язана з водним об'єктом.



Рисунок 1 – Схема керуючого алгоритму за нестационарних умов скиду

З п'ятого по одинадцятий рівень за допомогою географічних карт, відповідних приладів, довідникових даних, методик, рекомендацій, даних натурних вимірювань та обчислень визначаються відповідно координати джерела-місця скиду у введеній декартовій системі координат, географічні координати джерела-місця скиду, тривалість скиду; маса скинутої домішки, швидкість та напрямок течії, коефіцієнти турбулентної дифузії та параметр неконсервативності.

На дванадцятому рівні задається момент часу, за якого необхідно визначити просторовий розподіл концентрації обраної ЗР в об'ємі водного об'єкту. Це, в свою чергу, запускає наступний рівень.

На тринадцятому рівні на основі розроблених математичних моделей шляхом відповідних математичних обчислень здійснюється визначення просторового розподілу ЗР у визначеному водному об'єкті в заданий момент часу.

На чотирнадцятому рівні здійснюється порівняння результатів моделювання з ГДК обраної ЗР.

На п'ятнадцятому рівні здійснюється візуалізація отриманих результатів моделювання у вигляді кольорової поверхні розподілу концентрації на електронній карті досліджуваного ПВО. По зворотній лінії зв'язку знову переходимо на дванадцятий рівень, де обираємо наступний момент часу для визначення розподілу концентрації ЗР, яка розповсюджується в досліджуваному водному об'єкті в результаті залпового скиду, і знову проходимо тринадцятий, чотирнадцятий та п'ятнадцятий рівні. Так повторюється стільки разів, скільки моментів часу визначено на дванадцятому рівні. В результаті проведених операцій, буде отримано серію карт, на яких буде показано динаміку розподілу концентрації ЗР в досліджуваному водному об'єкті.

На шістнадцятому рівні на основі отриманих результатів здійснюється прийняття рішень щодо регулювання станом ПВО та ризиком для здоров'я персоналу КВО і населення, яке проживає на досліджуваній території. Рішення будуть відрізнятися в залежності від результатів порівняння концентрації ЗР з ГДК і напрямку розповсюдження забруднюючих домішок.

Також розроблено аналогічний керуючий алгоритм для стаціонарних умов скидів стічних вод. Він складається з 15 рівнів, показаних на рис. 2.

На першому рівні приймається рішення про визначення розподілу концентрації ЗР від неперервного скиду від КВО у ПВО. В свою чергу це запускає алгоритм, і дії переходять до наступного рівня.

На другому рівні здійснюється обрання досліджуваного водного об'єкту, в який здійснюється скид ЗР за стаціонарних умов. Це може бути або водоймище чи водотік.

На третьому рівні здійснюється обрання джерела-місця скиду із переліку діючих на КВО та ЗР із переліку речовин, які наявні у скидах в результаті виробничої та господарсько-побутової діяльності на техногенному об'єкті.

На четвертому рівні задається декартова прямокутна система координат, яка пов'язана з водним об'єктом.

З п'ятого по десятий рівень за допомогою географічних карт, відповідних приладів, довідникових даних, методик, рекомендацій, даних натурних вимірювань та обчислень визначаються відповідно координати джерела-місця скиду у введених декартовій системі координат, географічні координати джерела-місця скиду, потужність скиду ЗР, швидкість та

напрямок течії, коефіцієнти турбулентної дифузії та параметр неконсервативності.

На одинадцятому рівні на основі розроблених математичних моделей шляхом відповідних математичних обчислень здійснюється визначення просторового розподілу ЗР у визначеному ПВО за стаціонарних умов скиду.

На дванадцятому рівні здійснюється порівняння результатів моделювання з ГДК обраної ЗР.

На тринадцятому рівні здійснюється візуалізація отриманих результатів моделювання у вигляді кольорової поверхні розподілу концентрації ЗР на електронній карті досліджуваного водного об'єкту.

На чотирнадцятому рівні можливі два випадки. В разі відсутності перевищення ГДК приймається рішення щодо продовження необхідного скиду за заданого режиму роботи КВО. У разі перевищення ГДК приймається рішення щодо усунення НС. Для цього на початку, шляхом розв'язання відповідного рівняння у випадку водотоку або водойми відносно  $M$ , визначають потужність, за якої при фіксованих інших параметрах, не буде перевищення ГДК [13]. Тут теж можливі два випадки.

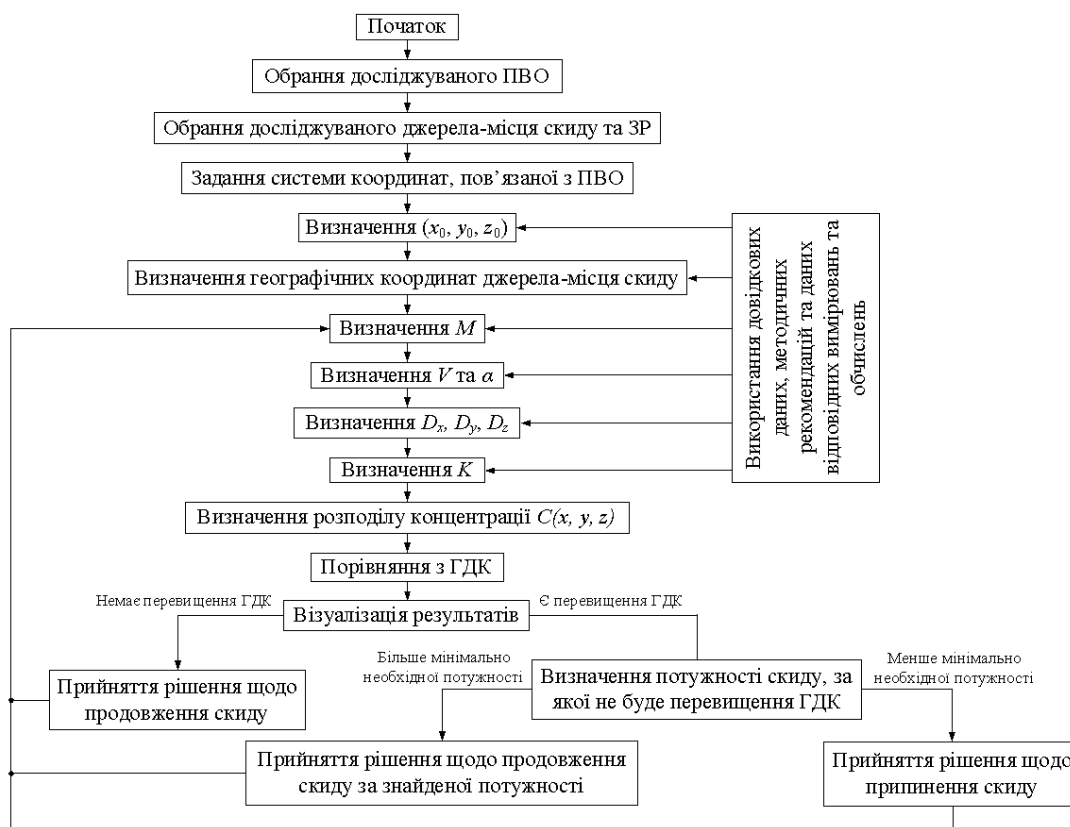
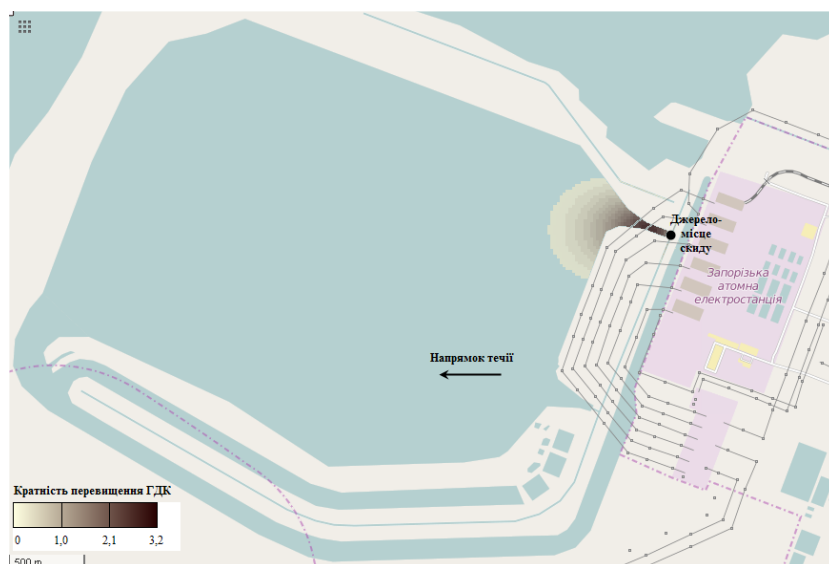


Рисунок 2 – Схема керуючого алгоритму за стаціонарних умов скиду

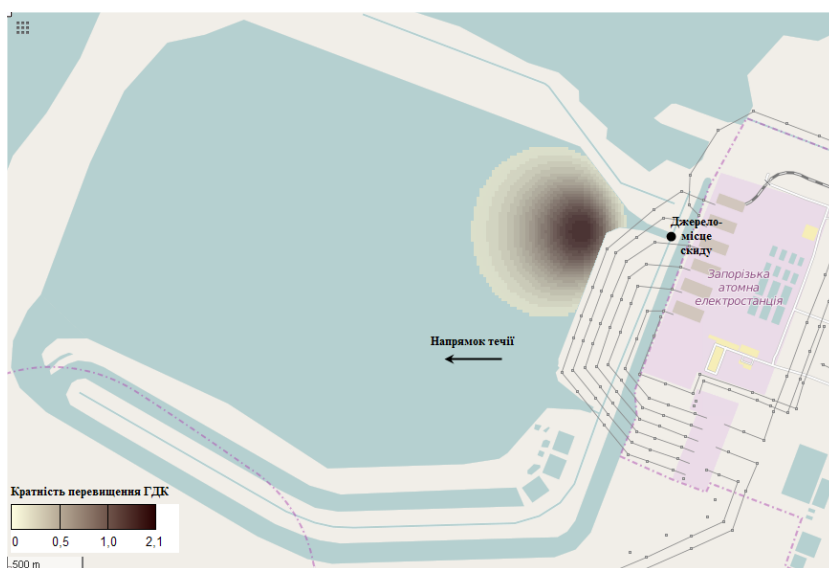
Алгоритм переходить на п'ятнадцятий рівень. Якщо знайдена потужність більше мінімально необхідної потужності скиду, за якої підприємство може виконувати свої функції, то приймається рішення на продовження скиду за знайденої потужності. Якщо ж визначена потужність менше мінімально необхідної потужності скиду, то приймається рішення щодо припинення скиду за заданих метеорологічних та гідродинамічних параметрів. Незалежно від прийнятого рішення, алгоритм знову повертається на третій рівень і проходить всі наступні етапи знову. Таким чином відбувається моніторинг території, яка прилегла до КВО, щодо впливу скидів на стан ПВО в досліджуваній зоні. Якщо після припинення скиду через деякий час гідродинамічні та метеорологічні параметри стануть сприятливими для скиду (не буде

перевищення ГДК за встановленої потужності), то приймається рішення щодо початку скиду даним підприємством.

На рис. 3 показано приклад візуалізації динаміки розподілу концентрації бензину на поверхні ставка-охолоджувача Запорізької АЕС, який потрапив в даний ПВО в результаті короткочасного скиду, тривалістю 2 хв. За вхідними даними початкова концентрація бензину перевищує ГДК<sub>мр</sub> у більш як 3 рази, тобто виникла НС техногенного характеру. В результаті впливу метеорологічних та гідродинамічних факторів пляма ЗР розповсюджується в напрямку течії, змішуючись з водою ставка в усіх напрямках. Розбавлення сприяє зменшенню концентрації ЗР, про що свідчать результати моделювання, зображені на рис. 3.



а)  $t = 2$  хв



б)  $t = 10$  хв

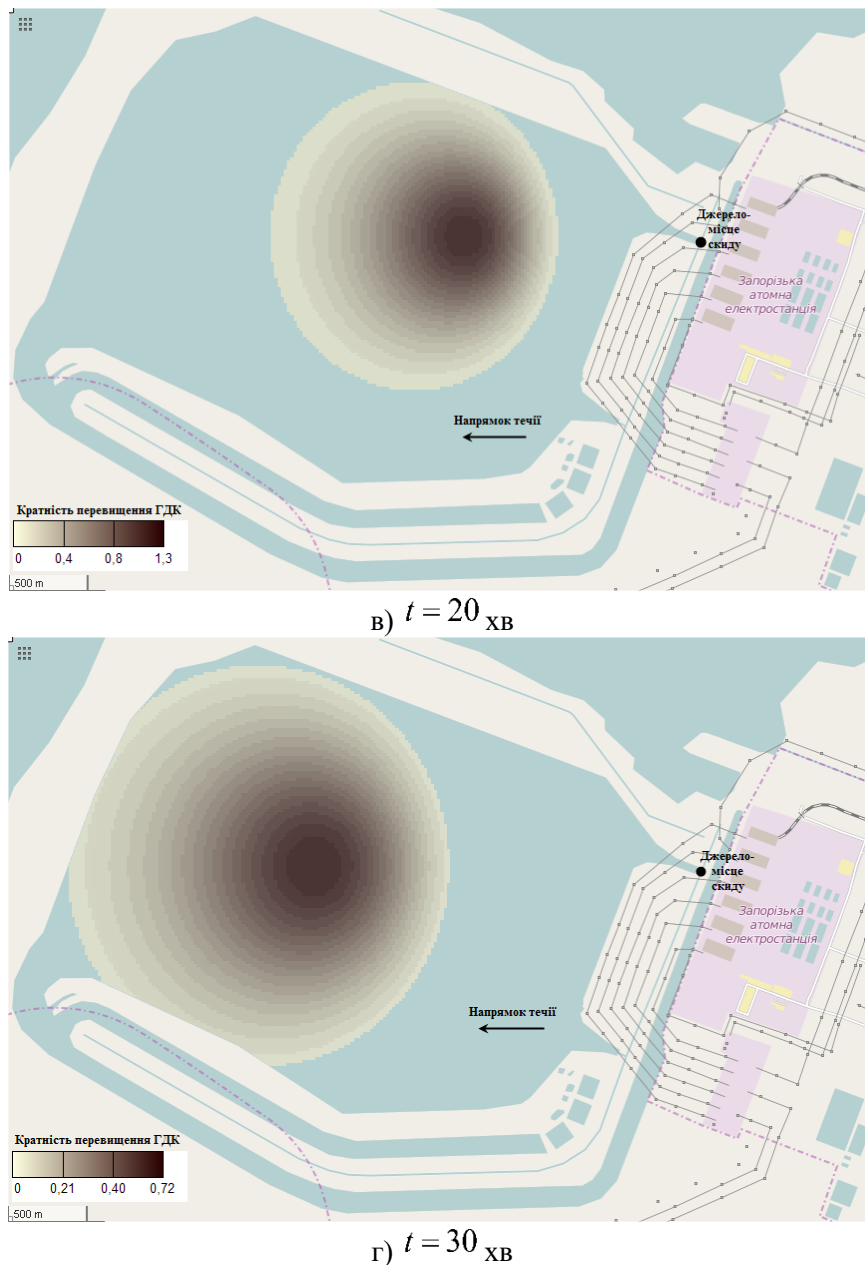


Рисунок 3 – Приклад візуалізації НС, пов'язаної із короткочасним скидом бензину у водойму-охолоджувач Запорізької АЕС

З плином 30 хв максимальна концентрація скинутої ЗР буде становити 70 % від ГДК. З часом, за рахунок впливу процесів самоочищення, концентрація даної речовини у водоймі наблизиться до фоновій. Але, якщо такі НС будуть повторюватись декілька разів, то концентрація даної ЗР у водоймі стане критичною і зменшення рівня забруднення за рахунок процесів самоочищення стане неможливим. Тоді виникне НС пов'язана із неможливістю функціонування АЕС у штатному режимі. Тому, за таких обставин

необхідно швидко примати ефективні управлінські рішення щодо ліквідації НС, пов'язаної із забрудненням водойми-охолоджувача, тим самим, попередивши НС пов'язану із виведенням АЕС в аварійний режим.

На рис. 4 показано приклад візуалізації розподілу концентрації амонію сольового в результаті неперервного скиду стічних вод від Запорізької АЕС у її ставок-охолоджувач.

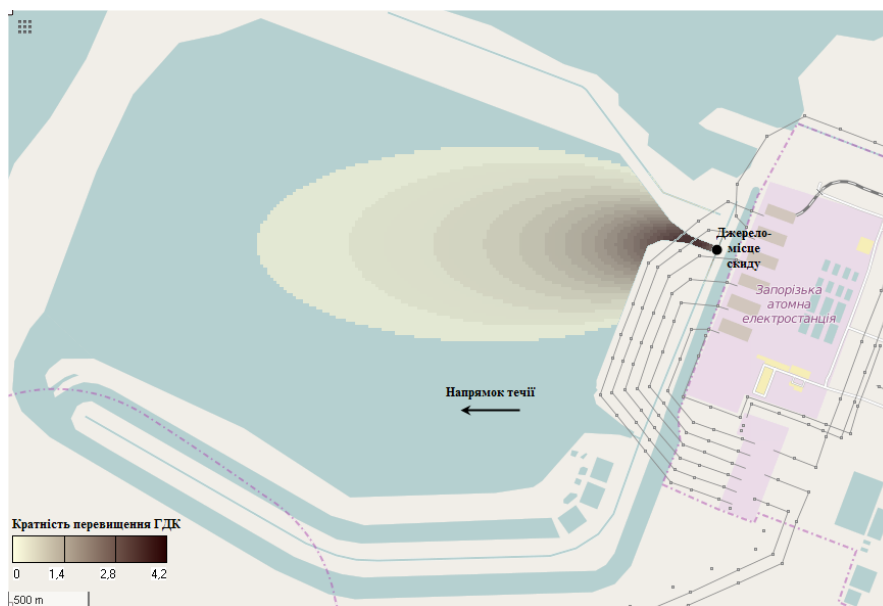


Рисунок 4 – Приклад візуалізації результатів моделювання розповсюдження ЗР у водоймі-охолоджувачі в результаті неперервного скиду амонію сольового від Запорізької АЕС

Згідно результатів моделювання за даних умов скиду, метеорологічних та гідродинамічних умов маємо НС, пов'язану із суттєвим техногенним навантаженням на даний ПВО з більш як чотириразовим перевищенням ГДК даної ЗР у воді ставка-охолоджувача. Дана НС спонукає відповідальних осіб, які працюють на даному КВО, приймати негайні управлінські рішення щодо попередження персонал станції та населення прилеглих територій про НС, що склалась, а також зменшення або припинення скиду для забезпечення необхідного рівня екологічної безпеки на даному ПВО та зменшення ризику для здоров'я персоналу до мінімуму. Тобто мають прийматися заходи щодо усунення НС техногенного характеру, яка пов'язана з антропогенним забрудненням ПВО неперервним скидом допоміжних підприємств на території АЕС.

Для практичної реалізації описаних вище процедур за відповідними керуючими алгоритмами авторами розроблено лабораторну установку, яка представляє собою сукупність наступних апаратно-програмних засобів: підсистема управління базою даних і знань (БДіЗ), математичне забезпечення, підсистема візуалізації результатів та підсистема підтримки прийняття рішень [14–16].

До складу підсистеми управління БДіЗ входять: блок введення даних, збереження та редагування вхідних даних; БДіЗ моніторингу НПС на прилеглих до КВО територіях; блок вибірки даних.

Математичне забезпечення апаратно-програмних засобів включає блок статистичної обробки даних, блок математичного

моделювання та прогнозування, блок оцінки ризиків.

В свою чергу блок статистичної обробки даних дає можливість обчислити основні статистичні характеристики вибірок, а саме: кількість записів, сума, мінімальне значення, максимальне значення, середнє значення, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, розмах варіації, коефіцієнт варіації квадратичний, коефіцієнт варіації лінійний, середнє лінійне відхилення, модальне значення (мода), медіанне значення (медіана), асиметрія, ексцес, коефіцієнт кореляції, коефіцієнт детермінації, рівняння регресії [17].

Оснoву блоку математичного моделювання та прогнозування складає розроблена математична модель розповсюдження ЗР в ПВО в результаті скидів стічних вод від КВО. Використання даного блоку дає можливість визначати рівень забруднення ПВО на досліджуваній території за різних метеорологічних і гідродинамічних умов, параметрів скидів, а також отримати прогноз стану води при зміні інтенсивності зазначених факторів.

Функціонування блоку оцінки ризиків базується на використанні екологічних моделей оцінки ризику для здоров'я населення при хімічних забрудненнях ПВО на територіях прилеглих до КВО [18].

Модуль візуалізації дозволяє представляти результати статистичного аналізу у вигляді графіків, діаграм, математичного моделювання та прогнозування у вигляді тематичних екологічних карт розподілу забруднення та карт ризиків і збитків [19].

Останньою складовою апаратно-програмних засобів, що реалізують розроблений метод є блок генерації рекомендацій щодо прийняття управлінських рішень для забезпечення необхідного стану ПВО на досліджуваній території та мінімізації ризику для населення, що проживає в зоні техногенного навантаження від функціонування досліджуваного КВО. Його робота базується на використанні затверджених методик, рекомендацій та інших документів, в яких описано дії персоналу КВО у випадку аварійної ситуації, або НС природного, техногенного характеру, пов'язаних із хімічним забрудненням ПВО.

### Висновки

Таким чином, розроблено інформаційно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, пов'язаних із хімічним забрудненням поверхневих водних об'єктів за нестационарних та стаціонарних умов скиду на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Основу даного методу складають 15 інформаційно-обчислювальних процедур та 2 керуючих алгоритми, які складаються відповідно з 16 та 15 рівнів для розв'язання нестационарної та стаціонарної задачі. Його використання дозволяє виявити антропогенне забруднення, створюване залповим, короткочасним та неперервним скидом від техногенного об'єкту у водний об'єкт, яке розповсюджується під дією гідрогеологічних, гідродинамічних, метеорологічних факторів, а також визначити просторові масштаби та параметри міграції, які необхідні для розв'язання задач попередження надзвичайних ситуацій природного, техногенного характеру на досліджуваній території.

Даний метод може бути впроваджений в роботу Єдиної державної системи цивільного захисту, а саме в роботу її суб'єктів, які займаються питаннями попередження надзвичайних ситуацій на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Також можливими варіантами впровадження розробленого інформаційно-технічного методу є системи, що проектуються, а саме: інформаційно-аналітична експертна система для оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище та система моніторингу небезпечних техногенних і природних процесів, прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та оцінки їх розвитку. Це, в свою чергу, значно підвищить ефективність системи цивільного захисту України та рівень національної безпеки.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / Б.С. Мاستрюков. – М. : Академия, 2003. – 336 с.
2. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник / В. М. Шоботов. – вид. 2-ге, перероб. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.
3. Сергеев В.С. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / В.С. Сергеев. – М. : Академический Проект, 2004. – 429 с.
4. Акимов В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радаев. – М. : ЗАО ФИД, 2001. – 344 с.
5. Кофф Г.Л. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций / Г.Л. Кофф, А.А. Гусев, Ю.Л. Воробьев. – М. : РФФИА, 1997. – 364 с.
6. Реагування на виникнення надзвичайних ситуацій / під ред. С.О. Гур'єва. – Вінниця : ІДУСЦЗ НУЦЗУ; УНПЦ ЕМД та МК, 2010. – 412 с.
7. Федотов А.В. Анализ методов оценки и мониторинга эколого-экономических последствий чрезвычайных ситуаций / А.В. Федотов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – № 5. – С. 194–198.
8. Горюноква А.А. Подходы и методы моделирования принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / А.А. Горюноква // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 11. – С. 267–275.
9. Popov O.O. Informational and technical methods of environmental monitoring in conditon of technogenic emergency situation / М.М. Дивизинюк, О.О. Попов, V.O. Kovach, O.V. Bliashenko, K.V. Smetanin // Системи обробки інформації. – 2015. – Вип. 10(135). – С. 182–186.
10. Попов О.О. Інформаційно-технічні методи моніторингу навколишнього природного середовища в умовах надзвичайної ситуації техногенного характеру / М.М. Дивизинюк, О.О. Попов, В.О. Ковач, О.В. Бляшенко, К.В. Сметанін // Матеріали Четвертої Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні проблеми теорії акустичних, радіоелектронних і телекомунікаційних систем IPST-2015», (м. Харків, 13–16 вересня 2015 р.). – Харків : НТУ «ХП», 2015. – С. 38–39.
11. Попов О.О. Нові методи моніторингу довкілля для попередження техногенних надзвичайних ситуацій / О.О. Попов, В.О. Ковач, А.В. Яцишин, С.О. Бурлака // Техногенна безпека та цивільний захист. – 2016. – № 9. – С. 23–28.
12. Попов А.А. Разработка физической модели распространения антропогенной примеси в водной среде в результате сбросов сточных вод техногенных объектов / Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк, А.А. Попов // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2011. – Вип. 19. – С. 5–9.
13. Попов О.О. Математична модель забруднення поверхневих водних об'єктів за нестационарних



- та стаціонарних умов скиду стічних вод АЕС / М.М. Дівізінюк, О.В. Азаренко, О.О. Попов // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2011. – Вип. 20. – С. 50–56.
14. Попов О.О. Інформаційні системи для вирішення задач комплексного радіоекологічного моніторингу АЕС / А.В. Яцишин, О.О. Попов // Моделювання та інформаційні технології. – 2014. – Вип. 72. – С. 3–16.
15. Попов О.О. Використання інформаційних технологій в задачах управління екологічною безпекою / О.О. Попов, А.В. Яцишин, В.О. Артемчук // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – Вип. 2(41). – С. 289–294.
16. Попов О.О. Комп'ютерні засоби моделювання техногенних навантажень на урбанізовані території / А.В. Яцишин, І.П. Каменева, О.О. Попов, В.О. Артемчук // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (ISDMCI'2012), (м. Євпаторія, 27–31 травня 2012 р.). – Херсон : ХНТУ, 2012. – С. 239–240.
17. Попов О.О. Використання методів математичної статистики для розв'язання задач екологічного моніторингу довкілля в зонах впливу техногенних об'єктів / О.О. Попов // Інформаційна безпека. – 2014. – № 3(15). – С. 99–103.
18. Попов О.О. Математичні моделі оцінки техногенного ризику / О.О. Попов // Электронное моделирование. 2015. – Т. 37, № 5. – С. 49–60.
19. Попов О.О. Использование картографического метода для решения задач комплексного экологического мониторинга техногенно-нагруженных территорий / О.О. Попов // Інформаційна безпека. – 2014. – № 2(14). – С. 195–198.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ СВЯЗАННЫХ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОДНОЙ СРЕДЫ

*О.О. Попов канд. техн. наук, ст. научн. сотр., В.О. Ковач канд. техн. наук, А.В. Яцишин, д-р техн. наук, ст. научн. сотр., Е.Б. Краснов, М.В. Малков  
Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

информационно-технический метод,  
предупреждение чрезвычайной  
ситуации, загрязнение,  
поверхностный водный объект

### АННОТАЦИЯ

Разработан информационно-технический метод предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением поверхности водных объектов в результате сброса сточных вод на территориях размещения критически важных объектов. Представлены информационно-вычислительные процедуры метода, разработаны и описаны два управляющих алгоритма для решения нестационарной и стационарной задачи. Приведены примеры визуализации результатов моделирования распространения загрязняющих веществ в водном объекте при кратковременном и непрерывном сбросе. Приведены варианты внедрения разработанного метода

## DEVELOPMENT OF INFORMATIONAL AND TECHNICAL METHOD OF EMERGENCIES PREVENTION CONNECTED WITH AQUATIC ENVIRONMENT POLLUTION

*O. Popov, Cand. of Sc. (Eng.), Senior Researcher, V. Kovacs, Cand. of Sc. (Eng.), A. Yatsishin, Doc. of Sc. (Eng.), Senior Researcher, E. Krasnov, M. Malkov  
State Institution "Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine"*

---

### KEYWORDS

information and technical method,  
emergency prevention, pollution,  
surface water body

### ANNOTATION

Informational and technical method of emergencies prevention connected with aquatic environment pollution as a result of discharges of sewage on territories of critically important facilities is developed. Informational and computational procedures of the method are presented. Two managing algorithms for solution of stationary and non-stationary tasks are developed and described. There are given examples of visualization results of pollutants spreading modeling in water body for moment and continuous discharges. Variants of developed method application are proposed.