

УДК 629.039.58; 004.942

О.В. КОВАЛЕНКО

## МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ПІДПРИЄМСТВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ З ТРИТІЄМ

***Анотація.** У статті представлено опис можливих аварійних ситуацій при роботі підприємств, що працюють з ізотопом водню тритієм. Наведено розрахунок максимальної приземної концентрації та надходження тритію в організм персоналу категорії Б через органи дихання при аварійному викиді в атмосферу. Обґрунтовано модель управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на об'єкті. Зроблено висновки та означено перспективи подальших досліджень із застосування математичних методів для прогнозування та моделювання безпеки роботи небезпечних підприємств, що працюють з тритієм.*

***Ключові слова:** аварійна ситуація, викид, рівень, концентрація, залежність.*

### Вступ

Тритій (Т або  $H^3$ ) – це надважкий ізотоп водню, ядро якого складається з трьох нуклонів (звідки й назва ізотопу). Період напіврозпаду складає 12,35 року, питома активність – 356,3 ТБк/г. Радіоактивний розпад тритію супроводжується випромінюванням тільки низькоенергетичних бета-частинок (максимальна енергія  $E_{max} = 18,6$  кеВ, середня енергія  $E_{сер} = 5,71$  кеВ). За радіотоксичністю тритій віднесено до групи Г.

Зважаючи на низьку енергію бета-випромінювання тритію, дозою від зовнішнього опромінення при роботі з тритієм можна знехтувати, проте тритій несе значну небезпеку при потраплянні в організм у вигляді оксидів тритію (НТО, ДТО), особливо у вигляді надважкої води  $T_2O$ , яка в 500 разів більш токсична, ніж газоподібний тритій. Тому основна доза формується за рахунок внутрішнього надходження тритію та його сполук. Враховуючи те, що під дією власного випромінювання тритій легко окислюється, і те, що він бере участь в реакції ізотопного обміну з вологою повітря, слід вважати викиди в повітря газоподібного тритію такими ж небезпечними, як і викиди у вигляді води.

Метою роботи є представлення моделі управління персоналом при постановці виробничих задач підприємств, що працюють з тритієм.

Мета теми буде розкрита через наступні завдання:

– проведено аналіз аварійних ситуацій, що можуть виникати при роботі підприємств, що працюють з тритієм;

– надано приклад розрахунку максимальної приземної концентрації та надходження тритію в організм персоналу категорії Б через органи дихання для підприємства, що працює з тритієм, при аварійному викиді в атмосферу;

– представлено та обґрунтовано модель управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на об'єкті.

Робота базується на матеріалах практичних досліджень лабораторії фізико-технічних проблем джерел ядерних випромінювань (ЛФТПДЯВ) Інституту ядерних досліджень НАН України (ІЯД).

## 1. Можливі аварійні ситуації при роботі з ізотопом тритію

За даними зовнішніх експертних оцінювань, потреба тритію в Україні складає близько  $7,4 \cdot 10^7$  МБк (2000 Ки) на рік. Ці потреби – нанесення різноманітних міток на спеціальні прилади, використання у медицині та військово-промислового комплексу, атомній енергетиці.

Наприклад, лише в ІЯД виробляються та планують виробляти джерела іонізуючого випромінювання на основі радіоактивного ізотопу водню тритію, зокрема, це:

- метало-тритієві мішені для генерації термоядерних швидких нейтронів на прискорювачах заряджених частинок, які застосовуються в апаратурі активаційного аналізу матеріалів і речовин, імпульсного нейтронного каротажу свердловин родовищ корисних копалин, для досліджень у галузі нейтронної фізики, пошуку вибухових речовин тощо;

- джерела низькоенергетичного бета-випромінювання, що застосовуються у різноманітних іонізаційних приладах (джерела початкової іонізації газорозрядних надвисокочастотних (НВЧ) приладів, іонізаційні камери газових хроматографів, нейтралізатори статичної електрики тощо);

- мічені тритієм різноманітні хімічні та фармакологічні сполуки для досліджень у галузі біології, ветеринарії та медицини [1].

Використання в ІЯД технологій, що дозволяють застосовувати тритій у складі твердотільних структур, зменшує потенційну загрозу від потрапляння тритію та його рідких та газоподібних сполук у навколишнє середовище до таких рівнів, при яких застосуванню тритію в ізотопному приладобудуванні та ізотопній техніці не можна знайти розумної альтернативи. Про це свідчить більш ніж 30-річний досвід безаварійного та ефективного застосування джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) на основі тритію майже в усіх галузях народного господарства як колишнього СРСР, так і в країнах, що утворилися на його території, і в інших країнах світу.

Широкі можливості практичного використання тритію обумовлені в першу чергу специфікою його властивостей, економічною ефективністю його застосування, технологічністю тощо. Проте історія людства знає ряд катастроф, пов'язаних із радіоактивним забрудненням тритієм значних територій. Найбільш відомою є катастрофа на ВО «Маяк» в Челябінській області СРСР у 1957 р. (Киштимська аварія), коли сотні тисяч осіб постраждали, а більшість населення регіону ще тривалий час потерпала від води з вмістом тритію у надвисокій концентрації, а також від радіаційно забруднених хмар, що були винесені вітром далеко за межі аварії.

Небезпечність тритію полягає у наступному: тритій, що потрапляє усередину клітин організму, спричиняє більші ушкодження, ніж зовнішнє опромінення через те, що продукти розпаду стають джерелами внутрішнього випромінювання, призводять до ушкодження органічних комплексів та ДНК, порушення кровотоку та виникнення злоякісних утворень.

Робота з тритієм вимагає суворого виконання ряду правил та інструкцій. Так, наприклад, у випадку виникнення аварії, персонал підприємства, що

працює з тритієм, керується правилами і вимогами «Інструкції щодо дій персоналу у випадку радіаційної аварії при роботах з тритієм та іншими джерелами іонізуючого випромінювання в приміщеннях 1 класу робіт з радіоактивними речовинами у відкритому виді», «Планом заходів по ліквідації наслідків аварії при роботах з тритієм та іншими джерелами іонізуючого випромінювання у приміщеннях 1 класу робіт з радіоактивними речовинами у відкритому виді».

Аналізуючи зазначені правила, вимоги та плани ліквідації аварійних ситуацій, можна виділити ряд типових потенційних джерел та причин виникнення аварійних ситуацій на підприємствах, що працюють з тритієм.

Основними джерелами потенційної радіаційної аварії на підприємстві, що працює з тритієм, можуть виступити:

1. Апарати, що містять радіоактивний газ-тритій, та пов'язані з ними технологічні операції виділення газу-тритію в комунікації установок.

Можливі аварійні ситуації, пов'язані з роботою цих апаратів, наступні:

а) Розгерметизація апаратів в процесі зберігання або експлуатації.

Наслідками виступатимуть опромінення персоналу та радіоактивне забруднення робочих приміщень та обладнання.

б) Розгерметизація елементів вакуумної системи лабораторного обладнання.

Розгерметизація може виникнути при порушенні технологічної інструкції на виконання роботи і призвести до негативних наслідків з опромінення персоналу і забруднення приміщення.

2. Джерела іонізуючого випромінювання.

Можливі аварійні ситуації з джерелами іонізуючого випромінювання наступні:

а) Руйнування активного шару, що містить тритій.

Причиною такої аварії можуть бути порушення технологічної інструкції насичення або зберігання виробів довше назначеного технічними умовами (ТУ) терміну.

б) Втрата контролю над джерелами іонізуючого випромінювання або їх розкрадання.

Причиною виникнення небезпечної ситуації є порушення умов зберігання, витрачання або обліку, а наслідками може стати неконтрольоване опромінювання персоналу.

в) Використання або зберігання джерел іонізуючого випромінювання з порушенням санітарного законодавства або правил техніки безпеки. Наслідками такої події може стати не лише неконтрольоване опромінювання персоналу, а й окремих осіб, що не відносяться до персоналу підприємства.

При спільності загального характеру заходів щодо ліквідації наслідків аварії їх особливості залежать від масштабів та особливостей розвитку конкретної аварії. Якщо факт аварії встановлено, повинні бути вжиті негайні заходи, передбачені відповідними інструкціями.

Як правило, у разі виникнення аварії, керівництвом підприємства, видається наказ про ліквідацію аварії. В наказі повинні бути визначені:

– склад комісії з ліквідації аварії (голова комісії повинен займати посаду не нижче головного інженера організації);

– загальні заходи щодо виділення необхідної кількості персоналу, обладнання, транспорту, інструменту, будматеріалів, реактивів і т.д.

При проведенні заходів, пов'язаних з ліквідацією радіаційних аварій та їх наслідків, основна мета полягає в тому, щоб в найкоротший час:

- відвернути можливість подальшої дії іонізуючого випромінювання на персонал;
- виявити всі можливі осередки забруднення та уточнити усі можливі шляхи розповсюдження радіоактивного забруднення;
- запобігти розповсюдженню радіоактивних речовин в навколишнє середовище;
- ліквідувати джерело радіаційної небезпеки;
- ліквідувати наслідки радіаційної аварії.

Члени комісії та аварійної групи на період проведення заходів з ліквідації аварії звільняються від виконання інших службових обов'язків.

В обов'язки аварійної групи входить швидко та цілеспрямоване проведення робіт в аварійній зоні відповідно до розробленого плану, затвердженого директором організації та погодженого з органами санітарно-епідеміологічного нагляду та управління внутрішніх справ.

Роботи в зоні аварії проводяться в присутності керівника групи та дозиметриста при наявності технологічної карти та спеціального наряду-допуску.

Основною задачею первинних заходів при ліквідації аварії з джерелом іонізуючого випромінювання, пов'язаної з аварійним радіоактивним забрудненням, є те, щоб в найбільш короткі терміни локалізувати забруднення та попередити подальше розповсюдження радіоактивних речовин і можливе ураження людей.

У випадку встановлення радіаційної аварії службою радіаційного контролю виконуються необхідні заміри радіаційних параметрів, на основі яких робляться необхідні розрахунки та складаються карти прогнозу радіаційних полів та осередків радіоактивного забруднення.

На основі цих даних плануються всі подальші заходи з локалізації аварії та ліквідації її наслідків.

З метою недопущення перелічених аварійних ситуацій проводиться моделювання [2] та прогнозування небезпечних подій з розрахунком можливих наслідків, зокрема, – максимальної концентрації потрапляння тритію в організм людини при аварійному викиді.

## **2. Розрахунок максимальної приземної концентрації та надходження тритію в організм персоналу категорії Б через органи дихання при аварійному викиді в атмосферу**

Для розрахунків максимальної приземної концентрації та надходження тритію в організм персоналу категорії Б обране обладнання підприємства, що працює із сорбційними апаратами СА (для прикладу взято апарат, що містить 10 000 Кі тритію), як найбільш небезпечне джерело ураження у випадку аварії.

При розгерметизації апарату у витяжну трубу може потрапити за час  $2,5 \text{ с}$   $3,7 \cdot 10^8 \text{ МБк}$  тритію. Геометрична висота труби корпусу прийнята – 23,0 м.

Для розрахунку використовується залежність між геометричною висотою труби  $H$ , параметрами викиду та приземною концентрацією радіоактивної речовини [3]:

$$H = \sqrt{\frac{Gk}{4,25 \cdot V_B C_{\max}}} - h, \quad (1)$$

де:  $C_{\max}$  – максимальна приземна концентрація;  
 $V_B = 5$  м/с – найбільш ймовірна швидкість вітру на висоті гирла труби;  
 $h$  – додатковий підйом струменя повітря у викиді над гирлом труби;  
 $G$  – потужність викиду;  
 $k$  – поправка, що враховує зміну вітру.  
 Величина  $h$  розраховується з формули:

$$h = \frac{1,5 V_t R_t}{V_B} \left( 2,5 + \frac{3,3 g R_t \Delta T}{T_0 V_B^2} \right),$$

де:  $V_t = 4P/(\pi \cdot d^2) = P/(\pi \cdot R_t^2)$  – швидкість викиду у гирлі труби, м/с;  
 $P = 0,606$  м<sup>3</sup>/с – продуктивність системи вентиляції;  
 $R_t = 0,14$  м – радіуси труби;  
 $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> – прискорення сили тяжіння;  
 $T_0$  – температура довкілля = 293 К (20°C);  
 $\Delta T = 1^\circ\text{C}$  – різниця між температурою повітря  $T$  у викиді та довкілля  $T_0$ .  
 Тоді швидкість викиду у гирлі труби та додатковий підйом струменя повітря у викиді над гирлом труби складатиме:

$$V_t = \frac{0,606}{3,14 \cdot (0,14)^2} = 9,85 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$h = \frac{1,5 \cdot 9,85 \cdot 0,14}{5,0} \left( 2,5 + \frac{3,3 \cdot 9,8 \cdot 0,14 \cdot 1}{293 \cdot 25} \right) = 1,0 \text{ м}.$$

Поправка на зміну вітру не враховується, бо розглядається дуже малий період часу.

З формули (1) можна отримати:

$$C_{\max} = \frac{Gk}{4,25 \cdot V_B (H + h)^2},$$

а враховуючи, що потужність викиду

$$G = \frac{3,7 \cdot 10^8 \text{ МБк}}{2,5 \text{ с}} = 1,48 \cdot 10^8 \frac{\text{МБк}}{\text{с}},$$

максимальна приземна концентрація для досліджуваного викиду складатиме:

$$C_{\max} = \frac{1,48 \cdot 10^8}{4,25 \cdot 5,0 \cdot (23 + 1)^2} = 1,21 \cdot 10^4 \frac{\text{МБк}}{\text{м}^3}.$$

Згідно з НРБУ-97 [4] допустимий рівень річного надходження тритію-газу в організм через органи дихання складає

$$\text{ДН}_B^{\text{inhal}} = 1/10 \cdot \text{ДН}_A^{\text{inhal}} = 6 \cdot 10^5 \text{ МБк/рік}.$$

Об'єм повітря, який вдихне персонал категорії Б за час аварійного викиду у екстремальному випадку важкого фізичного навантаження, дорівнюватиме:

$$V = 3 \text{ м}^3 \cdot \text{година}^{-1} \cdot 2,5 \text{ с} / (3600 \text{ с} \cdot \text{година}^{-1}) = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

У свою чергу, кількість тритію, що надійде в організм людини, якщо вона буде знаходитись в точці з максимальною концентрацією, буде дорівнювати:

$$A = 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,21 \cdot 10^4 = 24,2 \text{ МБк}.$$

Це в  $n = 6 \cdot 10^5 / 24,2 = 2,5 \cdot 10^4$  разів менше, ніж допустимий рівень річного надходження тритію-газу в організм через органи дихання, або не перевищить  $5 \cdot 10^{-5}$  допустимого рівня річного надходження тритію-газу в організм через органи дихання.

Як правило, персонал підприємства, що працює з тритієм, знає про неперевіщення встановлених санітарних норм та допустимої концентрації, а також про те, що небезпеку складає накопичення тритію в організмі людини. У разі, якщо керівник підприємства, що працює з тритієм, не буде детально планувати заходи, які запобігатимуть викидам техногенного тритію, то можуть виникнути не лише аварійні ситуації з понаднормовими викидами тритію в навколишнє середовище, а й неконтрольовані технологічні викиди, які сприятимуть накопиченню тритію в екосистемі навколо підприємства та її забрудненню.

Враховуючи, що людський фактор є основною причиною техногенних аварій [5], запобігання виникненню аварійних ситуацій на небезпечних об'єктах, що працюють з тритієм, можна реалізувати через побудову моделі управління персоналом. Така модель повинна передбачати всі можливі наслідки при постановці завдання персоналу з врахуванням часу на виконання завдання, необхідних ресурсів, наявності та знання регламенту, інструкцій та правил безпеки, а також оперативності втручання керівника у разі виникнення поточних питань в процесі процедурного циклу виконання завдання.

### **3. Модель управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на підприємстві, що працює з тритієм**

Модель діяльності кожного працівника небезпечного об'єкта, що працює з тритієм, можна розглядати як окремий цілісний елемент в управлінні організацією (підрозділом, відділом, лабораторією). Кожен працівник на своєму робочому місці виконує ряд функцій:

- реалізує завдання згідно з посадовою інструкцією у відповідності до циклу управління об'єктом на конкретний момент часу;
- створює та підтримує комунікації, тобто реалізує обмін інформацією з іншими особами на робочих місцях на об'єкті;
- особисто перетворює частину інформації для подальшого використання як особисто, так і іншими працівниками.

Для недопущення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті персонал використовує інформацію, яка дає можливість спланувати та реалізувати свої дії таким чином, щоб виконати поставлене завдання, не порушуючи регламенту роботи. Тобто для реалізації своєї функції в процесі виконання поточного завдання ( $f$ ) працівник може користуватися частиною ресурсів об'єкта ( $x$ ), що виділені йому для виконання роботи, повинен реалізовувати типові процедури встановленого регламенту роботи ( $y$ ), має повноваження на

використання типових рішень (повноважень) для реалізації завдання, яке поставлене до виконання, тобто:  $(z) - f(x,y,z)$ . Зазначене є процедурою циклу управління загальної моделі управління будь-якого складного об'єкта, зокрема – небезпечного підприємства, що працює з тритієм.

При побудові моделі поведінки персоналу з метою недопущення виникнення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті слід враховувати те, що інформація може зберігатися протягом будь-якого часу, проте вона перестає бути актуальною на конкретний момент часу через відповідні зміни та удосконалення. З метою забезпечення актуалізації інформації в моделі, слід використовувати уніфіковані операції на різних процедурних циклах (рис. 1). Такими уніфікованими операціями в циклі управління виступає регламент, різноманітні інструкції, правила безпеки тощо.



Рисунок 1 – Операції процедурного циклу

Стрілками на рис. 1 позначено напрямок послідовної реалізації процедур з виконання поставленого завдання. Пунктами 1–4 позначені процедури, якими керівник трансформує завдання в дію в межах своїх повноважень. Пунктами 5 і 8 позначені процедури забезпечення зворотного зв'язку для аналізу результату дій та корекції подальших керівних стимулів. Пункти 6–7 – аналітична функція керівника із забезпечення безпеки на об'єкті при виконанні завдання.

Аналіз лише однієї операції процедурного циклу свідчить про те, що постійної уваги потребує контроль за дотриманням безпеки та балансом часу при виконанні завдання. Звідси впливає потреба персоналу у виконанні операції розрахунку часового балансу. Людина повинна постійно утримувати увагу на тому, щоб не перевищити відведений час на здійснення своїх функцій, тому що несвоєчасне прийняття рішення зупиняє процес управління. Для керівників будь-якого рівня управління такий балансовий розрахунок часу потрібен і особисто для себе, і для своїх підлеглих як на масштабі виконання окремого завдання, так і на масштабі циклу управління довгостроковими програмами. Ця задача розрахунку часу є необхідною за всіма видами ресурсів з метою планування відновлення ресурсів та

неприпущення виникнення кризової (аварійної) ситуації в процесі виконання завдання через нестаток якогось із видів ресурсів.

За відсутності кризової ситуації небезпечний об'єкт функціонує за проектними технологіями, де персонал об'єкта виконує рішення керівника з штатного набору повноважень за посадою. В умовах кризи наявна відсутність якогось ресурсу або декількох видів ресурсів, які б дозволили перевести об'єкт в докризовий стан функціонування. Тобто, небезпечний об'єкт управління розглядається вже не як об'єкт, що функціонує для виконання поставленого завдання з певними процедурними циклами (рис. 1), а як сукупність певних процедур з оперування наявними ресурсами у обмежений період часу, які необхідно виконати для виправлення ситуації або для евакуації персоналу і початку процесу ліквідації наслідків аварії, що можна представити у вигляді «дерева подій» (рис. 2).

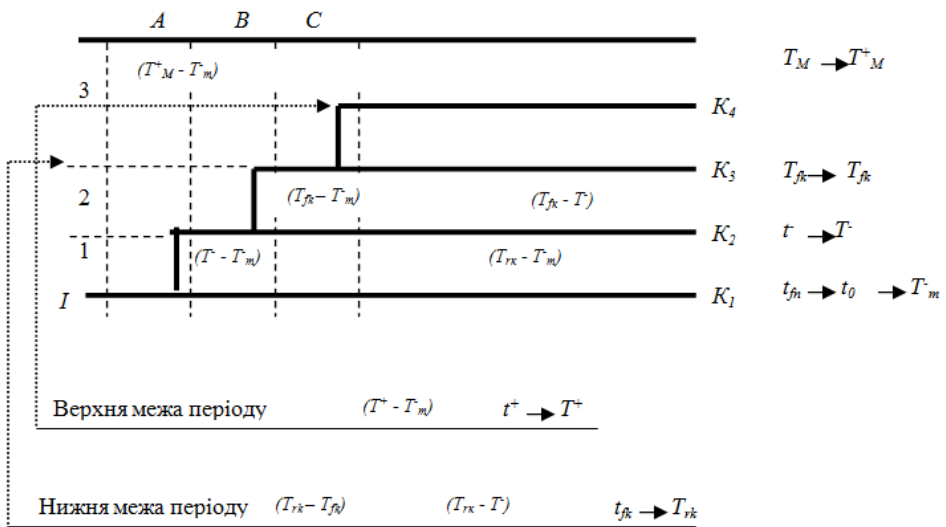


Рисунок 2 – «Дерево подій» для аварії на небезпечному об'єкті

На рис. 2 застосовані наступні визначення:  $I$  – вихідна подія;  $A, B, C$  – задіяння систем безпеки, виконання заходів щодо недопущення розвитку ситуації персоналом;  $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$  – відмови систем безпеки, неможливість персоналом самостійно виконати процедури із зупинення небезпечного процесу;  $K_1, K_2, K_3, K_4$  – кінцеві події;  $t_0$  – момент отримання інформації про виникнення небезпечної події;  $t^-$  – момент закінчення процедури формування рішення за умови, що тривалість цієї процедури  $T^-$ ;  $t^+$  – момент завершення процедури формування рішення за умови, що тривалість цієї процедури  $T^+$ ;  $t_{rk}$  – момент реалізації рішення для  $k$ -ситуації;  $t_{fk}$  – момент початку формування рішення для  $k$ -ситуації;  $t_{fk}$  – момент закінчення формування рішення для  $k$ -ситуації;  $T^-$  – мінімально можлива довжина періоду формування рішення для заданої множини ситуацій;  $T^+$  – максимально можлива довжина періоду формування рішення для заданої множини ситуацій;  $T_{rk}$  – довжина періоду від моменту початку формування рішення до моменту його реалізації для конкретної  $k$ -ситуації;  $T^+_M$  – максимально можлива для заданої множини



ситуацій довжина періоду від моменту початку формування рішення до моменту його реалізації, тобто,  $T_M^+$  – максимум  $T_{rk}$  на множині ситуацій;  $T_m^-$  – мінімально можлива для заданої множини ситуацій довжина періоду від моменту початку формування рішення до моменту його реалізації, тобто,  $T_m^-$  – мінімум  $T_{rk}$  на множині ситуацій;  $T_{jk}$  – довжина періоду від моменту початку формування рішення  $k$ -ситуації до моменту його закінчення [6].

Окрім того, область 1 відповідає несвоєчасності інформованості керівника небезпечного об'єкта і розвитку аварійної ситуації в катастрофічну, область 2 є областю ризикованої своєчасності, а область 3 є областю гарантованої своєчасності інформованості, коли наявна інформація про стан роботи в межах регламенту або аварійних подій, які визначені регламентом, інструкціями та правилами безпеки як типові.

Враховуючи все викладене, модель поведінки персоналу з метою недопущення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті за [7] може бути представлена у вигляді комплексу процедур управління (табл. 1).

Таблиця 1 – Комплекс процедур управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті

Порядок виконання	Процедура управління	Математичне представлення
1.	Постановка завдання	
1.1.	Підготовка і організація дій	$(t_1+t_2+...+t_n) \leq \Delta t$
1.2.	Час на виконання	$T = t+\Delta t$
1.3.	Оптимальний розподіл часу для виконання згідно з регламентом, інструкціями і забезпеченням належної безпеки виконання	$(t_1+t_2+...+t_n) \rightarrow opt$
2.	Аналіз ресурсів	
2.1.	Мета використання ресурсів ( $F$ ); Ресурси ( $x$ ); Регламент, інструкції, правила ( $y$ ); Повноваження для реалізації завдання ( $z$ ); Часові обмеження ( $t+\Delta t$ )	$F = f(x,y,z, t+\Delta t)$
2.2.	Результат виконання	$\{F''(x,y,z,t)\}$
3.	Оцінка безпеки з огляду наявності всіх ресурсів протягом всього періоду виконання завдання	$X(t); Y(t); Z(t) \rightarrow opt$
4.	Реалізація завдання:	
4.1.	– отримання результату;	$F(x,y,z)=F_1+ F_2+...+F_i+...+F_k$
4.2.	– використання ресурсів;	$F(x\pm\Delta x; y\pm\Delta t; z\pm\Delta z; t+\Delta t) = F_1+ F_2+...+F_i+...+F_k$
4.3.	– безпека	$\{F''(x,y,z,t)\} \rightarrow opt$
5.	Результат	$\{F'''(x,y,z,t)\}$
6.	Інформування:	
6.1.	– про реалізацію завдання	$\{F''(x,y,z,t)\}=\{F'''(x,y,z,t)\}$
6.2.	– про витрати ресурсів	$(x,y,z, t+\Delta t)''=(x,y,z, t+\Delta t)'''$
6.3.	– про безпеку	$\{F''(x,y,z,t)\} = \{F'''(x,y,z,t)\} \rightarrow opt$

Мотивація персоналу є вирішальним фактором реалізації процедур управління, особливо в кризових ситуаціях, коли немає формалізованих варіантів рішень. Мотивація вважається достатньою, якщо в рішенні керівника на виконання дії визначено: мету та окремі завдання за аспектами складної дії, типи, види та кількість ресурсів, необхідних для роботи, технологію виконання завдання, регламент, правила безпечного виконання поставленого завдання.

Таким чином, для побудови моделі поведінки персоналу задля успішного виконання завдання з дотриманням вимог до забезпечення безпеки на небезпечному об'єкті, керівник повинен чітко визначити:

– мету  $F = f(x, y, z, t + \Delta t)$  з її етапами реалізації (алгоритм виконання завдання)  $F(x, y, z) = F_1 + F_2 + \dots + F_1 + \dots + F_k$ ;

– кількість і структуру ресурсів, що необхідні для успішного і безпечного виконання завдання ( $x = x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_k$ );

– кваліфікацію, досвід та повноваження кожної особи, що прийматиме участь у виконанні завдання ( $z = z_1 + z_2 + \dots + z_i + \dots + z_k$ );

– норми регламенту, правила і інструкції за якими виконуватиметься завдання, з акцентуванням на безпеку виконання ( $y = y_1 + y_2 + \dots + y_i + \dots + y_k$ );

– обмеження у часі виконання завдання з врахуванням дотримання правил безпеки ( $t + \Delta t$ ).

Слід зазначити, що перелічені чинники є необхідними не лише для реалізації завдань за умов штатного функціонування системи, а й для роботи за умов кризового управління [8]. Кризове управління екстреною реорганізацією ресурсів задіюється з метою ліквідації кризи. У цьому випадку змінюються акценти використання ресурсів – від виконання виробничого завдання до повернення об'єкта управління до штатних умов роботи.

## Висновки

Представлена модель управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на підприємстві, що працює з тритієм, є базовою. Персонал у цій моделі виступає не лише як основний виконавець робіт, а й як чинник створення аварійної ситуації. За умов, якщо виробниче завдання поставлене без чітко визначеної мети, вимог до кваліфікації виконавців, з недотриманням регламентних процедур, норм і правил безпеки з урахуванням періоду часу на виконання завдання, персонал підприємства може виступити опосередковано причиною забруднення території.

З розрахунків, пов'язаних з можливим впливом аварії на персонал підприємств, що працюють з тритієм, а саме з можливих надходжень тритію в організм через органи дихання в результаті розгерметизації апарату, що містить максимальну кількість тритію, протягом періоду часу у 2,5 с і його викиду через трубу розсіювання, видно, що це надходження не перевищить  $1,2 \cdot 10^{-5}$  допустимого рівня річного надходження тритію в організм через органи дихання. У разі, якщо персонал недостатньо чітко розуміє завдання та невмотивований до виконання норм безпеки, це може призвести до накопичення небезпечних радіонуклідів у довкіллі. З урахуванням особливостей тритію, зокрема – реакції ізотопного обміну з водою та

рослинами, відбудеться поступова міграція тритію на значну відстань від місця викиду і накопичення.

Представлена модель операцій процедурного циклу та комплекс процедур управління персоналом з метою недопущення аварійних ситуацій на небезпечному об'єкті можуть бути реалізовані у вигляді комп'ютерної програми, що дозволить автоматизувати процес розробки виробничого завдання з моделюванням можливих наслідків у разі недотримання вимог регламенту, норм і правил безпеки, недостатності різних видів ресурсів на деякому часовому проміжку.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Радіаційні та ядерні технології в Інституті ядерних досліджень НАН України : монографія / І.М. Вишневський, Г.П. Гайдар, О.В. Коваленко та ін.; НАН України, Ін-т ядерних досліджень. – К.: Ін-т ядерних досліджень, 2014. – 176 с.
2. Коваленко О.В. Моделювання міграції тритію в навколишньому середовищі / О.В. Коваленко // Математичне моделювання в економіці. – 2015. - №2. – С. 51–64.
3. Крупчатников Б.М. Вентиляция при работе с радиоактивными веществами. М., Атомиздат, 1973. – 304 с.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) / МОЗ України. – К., 1997. – 122 с.
5. Кряжич О.О., Кременовська І.В. Системне моделювання ризику настання економічних і соціальних наслідків на техногенно навантажених територіях України / Ольга Олександрівна Кряжич, Ірина Володимирівна Кременовська // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. Ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол. О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2014. – Вип. 16. – С. 171–183.
6. Кряжич О.О. Моделі для створення інформаційних технологій з виконання функцій і задач управління імпульсним вибухопожежним захистом // Екологічна безпека та природокористування, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ. – 2012.– №11. – С. 163–173.
7. Кряжич О.О. Вирішення оптимізаційних задач при обґрунтуванні проектів ППР за методикою DOTMLPF / О.О. Кряжич // Математичні машини і системи. – 2014. – №2. – С. 43–50.
8. Довгий С.О., Бідюк П.І., Трофимчук О.М., Савенков О.І. Методи прогнозування в системах підтримки прийняття рішень. – К.: Азимут-Україна, 2011. – 608 с.

*Стаття надійшла до редакції 30.01.2016*