

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

17. *Якість* процесу очищення стічних вод як функція складу вхідного потоку / Ю. В. Шатохіна, Л. М. Клінцов, О. М. Шкінь, Н. С. Мазюк // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2013. – № 1/1 (9). – С. 36–38.

18. *Органомінеральні суміші* : ТУ У 33852939.001–98. – [Чинний від 1998]. – Офіц. вид. – 1998. – (Технічні умови).

19. *Матеріали* на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва : ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98). – [Чинний від 2000.01.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 44 с.

20. *Споруди транспорту*. Автомобільні дороги. Частина 1. Проектування. Частина 2. Будівництво : ДБН В.2.3-4:2007. – [Чинний від 2008.03.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 91 с.

21. *КНД 211.1.4.054-97* Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних «*Daphnia magna* Straus». – 16 с.

22. *Якість* води. Визначення гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі. Ч. 2 : ДСТУ 4075–2001. – [Чинний від 2003.07.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 11 с.

23. *Якість* води. визначення гострої летальної токсичності хімічних речовин та води на прісноводній рибі. Ч. 3 : ДСТУ 4076–2001. – [Чинний від 2003.07.01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1999. – 22 с.

УДК 629.039.58+004.942

О.В. Коваленко, канд. техн. наук

Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ПОДІЇ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТРИТІЄМ

А.В. Коваленко, канд. техн. наук

Інститут ядерных исследований НАН Украины, г. Киев, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБЫТИЯ РАДІОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРИТИЕМ

Oleksandr Kovalenko, PhD in Technical Sciences

Institute of Nuclear Research of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

MODELING OF THE EVENT OF RADIOACTIVE CONTAMINATION BY TRITIUM

Представлено підхід до моделювання локальної події радіоактивного забруднення території тритієм за допомогою просторів пов'язаних різномасштабних моделей стану системи. При дослідженні розповсюдження тритію у водонасичених ґрунтах у запропонованому підході врахована обмеженість переміщення тритію у вертикальному напрямку пористопружного насиченого рідинною середовища. Запропоновано вирішення питання обмеженості за допомогою дослідження ступеня зв'язаності між твердою і рідкою фазами середовища.

Ключові слова: тритій, модель, стан, переміщення, фактор.

Представлен подход к моделированию локального события радиоактивного загрязнения территории тритием с помощью пространств связанных разномасштабных моделей состояния системы. При исследовании распространения трития в водонасыщенных грунтах в предлагаемом подходе учтена ограниченность перемещения трития в вертикальном направлении пористоупругой насыщенной жидкостью среде. Предложено решение вопроса ограниченности перемещения с помощью исследования степени связанности между твердой и жидкой фазами среды.

Ключевые слова: тритий, модель, состояние, перемещение, фактор.

The article presents an approach to modeling local event of radioactive contamination by tritium. It is made by means of spaces of the connected models of different scale of a condition of system. Taken into account the limited movement of tritium in the vertical direction of the porous elastic water-saturated medium. The proposed solution of the issue of restricting the movements through the research of the degree of coupling between the solid and liquid phases of the medium.

Key words: tritium, model, condition, displacement, factor.

Постановка проблеми. Із більш ніж 1700 відомих радіонуклідів лише 200 можуть бути використані на практиці. Серед них важливе місце належить ізотопу водню тритію. Тритій може бути використаний майже в усіх напрямках, де застосовуються ізотопи: як радіоактивний індикатор у геофізичних, ґрунтово-гідрологічних, хімічних, біологічних та медичних дослідженнях; у вигляді джерела іонізуючого випромінювання для радіоізотопних вимірювальних приладів, технологічних приладів та пристроїв, установок і приладів

для ядерно-фізичного аналізу складу речовин; як радіоактивне паливо для атомних джерел електричного струму; для генерації нейтронів на прискорювачах заряджених частинок; як ядерне паливо у термоядерних реакторах; у складі люмінесцентних джерел світла; у складі джерел рентгенівських гальмівного та характеристичного випромінювання і т. ін.

Широкі можливості практичного використання тритію обумовлені в першу чергу специфікою його властивостей, економічною ефективністю його застосування, технологічністю тощо. Відомо, що ядро тритію нестабільне і розпадається з основного стану, перетворюючись в ядро гелію теж в основному стані. Тому компонента бета-випромінювання одна і її абсолютна інтенсивність дорівнює 100 %. Період напіврозпаду тритію 12,34 років. Енергетичний спектр бета-випромінювання є простим роздільним з верхньою границею $E_{\text{макс}} = 18,6$ кеВ. Середня енергія бета-випромінювання тритію $E_{\text{сер}} = 5,6$ кеВ. Бета-електрони тритію з максимальною та середньою енергією мають довжину проникнення в повітрі 5,7 мм ($0,7$ мг/см²) та речовині 0,9 мм ($0,2$ мг/см²). У біологічній тканині ця довжина становить приблизно 0,6 мкм. У зв'язку з цим зовнішнє опромінення бета-електронами тритію практично відсутнє, що визначає низький фактор радіаційної небезпеки під час його перероблення та використання. Проте основну частину своєї енергії бета-електрони тритію витрачають на взаємодію з електронними оболонками атомів речовини середовища, в якому вони рухаються, що призводить до іонізації останньої. Бета-електрони тритію мають найвищу серед бета-випромінювань інших ізотопів іонізаційну здатність – 1900 пар іонів на 1 см проникнення. Основні фізико-хімічні властивості тритію взагалі аналогічні властивостям водню. Тритій, як і водень, активно бере участь у взаємообміні речовин в організмі людини [1]. Тому він швидше виводиться з організму людини порівняно з іншими ізотопами, проте не зменшує своєї небезпеки, а навпаки, вимагає особливого підходу в організації заходів унебезпечення ситуації у разі забруднення навколишнього середовища тритієм.

Актуальність зазначеної теми обумовлена тим, що історія людства знає багато катастроф, пов'язаних із радіоактивним забрудненням тритієм значних територій. Найбільш відомою є катастрофа на ВО «Маяк» у Челябінській області СРСР у 1957 р. (Кіштимська 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 [2].

У теперішній час заводи з регенерації ТВЕЛів у Франції та Великобританії характеризуються фахівцями як потужні джерела надходження тритію в навколишнє середовище, у тому числі – у море. А приблизно 15 % тритію викидається цими підприємствами в атмосферу, забруднюючи повітря і ґрунт [3].

Аналіз основних досліджень і публікацій. У зв'язку з тим, що тритій відноситься до числа найважливіших радіонуклідів дозоутворення, які характеризують та визначають радіаційний фон біля підприємств атомної енергетики та ядерного синтезу, аналізу та моделюванню подій забруднення території тритієм приділяється багато уваги в роботах учених всього світу. Зокрема, можна назвати роботи американських дослідників – доктора А.В. Клемента з його найбільш цитованою роботою з вимірами за період у 40 років [4], а також робота дослідника Грега Джонса щодо забезпечення безпеки від тритію з водяних реакторів [5]. У зв'язку з тим, що Російська Федерація має багато підприємств, що небезпечні за викидами тритію, а також декілька великомасштабних аварій на радіаційно небезпечних підприємствах, російськими дослідниками Б. Галкіним [6], Г. Романовим [7], С. Дьоміним [8] та багатьма іншими науковцями представлений багатьма фундаментальними роботами, які широко цитуються у всьому світі.

Україна після Чорнобильської аварії значно просунулася у дослідженнях з впливу радіонуклідів, у тому числі і тритію, на організми живих істот. Найбільш відомий дослідник

в Україні і за кордоном у цій галузі – доктор біологічних наук Б.С. Прістер з Інституту проблем безпеки АЕС НАН України [9]. Також серед Українських науковців, які здійснюють дослідження та моделювання подій, пов'язаних з імовірним забрудненням тритієм, можна назвати представників харківської школи з Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем – Г.Д. Коваленка, В.В. Турбаєвського [10–11] та інших.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на змістовні дослідження, в Україні тритієвій проблемі не приділяється належної уваги, відповідної до її значущості. У випадках предаварійних ситуацій чи аварій на АЕС активність тритію, що надходить у навколишнє природне середовище, зростає на декілька порядків з відповідним негативним впливом.

Більшість наявних програм моделювання розповсюдження тритію пристосовані до розгляду проблеми радіоактивного забруднення тритієм лише у водному та водонасиченому середовищі. Та й ці програми не забезпечують швидкого і точного розрахунку (наприклад, FEFLOW 4.9, Flow3D), бо засновані на моделях масопереносу.

Враховуючи те, що тритій попадає в організми живих істот здебільшого за харчовим ланцюгом, а до людини – ще й через шкіру, моделювання розповсюдження і накопичення тритію необхідно проводити системно, через простори станів середовища. Лише тоді можна отримати цілісну картину розповсюдження тритію деякою територією.

Мета статті. Метою роботи є формування підходу до моделювання локальної події радіоактивного забруднення території тритієм для забезпечення контролю та організації попереджувальних заходів щодо розповсюдження забруднення.

Виклад основного матеріалу. До людського організму радіоактивні речовини надходять через дихальні шляхи, кишково-шлунковий тракт і шкіру. Через шкіру серед усіх ізотопів найбільш легко проникає тритій, який також проникає через органи травлення з водою, а при випаровуванні забрудненої тритієм води разом із повітрям потрапляє до органів дихання.

Дослідження переносу тритію у водному середовищі та водонасичених ґрунтах потребують детальних розрахунків за гідрогеологією досліджуваного елемента. Проте в аналізі концентрації тритію розробками МАГАТЕ використано спрощений підхід з використанням функції Гріна [12], завдяки чому визначається концентрація тритію як функція від часу і простору при точковому використанні інжектування тритію. Тоді концентрація тритію при горизонтальній координаті x від початку потоку й глибині z при часі t визначиться рівнянням:

$$c(x, z, t) = \int \int g_1(\xi, \tau; x) g_3(\xi, \tau; z) \exp(-\lambda \tau) d\xi d\tau, \quad (1)$$

де g_1, g_3 – функції Гріна для горизонтального та вертикального переміщення; τ – час від початку скидання, с; ξ – відстань від джерела до елемента $d\xi$ (точки скиду), м; λ – параметр Ламе однорідного пружного середовища; d – точка переміщення. Крім того, функція g_1 описує необмежене горизонтальне переміщення тритію, а функція g_3 – переміщення тритію у вертикальному напрямку, але має обмеженість за висотою пористопружного насиченого рідиною середовища (ПНРС).

У цьому випадку слід врахувати параметри ґрунтів. Так, ступенем зв'язаності між твердою і рідкою фазами ґрунту визначатимуться граничні випадки ПНРС [13]. Середовище «без зв'язків» буде характеризуватися тим, що рідина вільно циркулюватиме між зернятами твердої фази ґрунту. Прирошення напруги, яке виникає під час проходження пружних хвиль ПНРС, не буде змінювати напруги заповнювача, а відбиватимуться тільки на скелеті середовища (це маловологі середовища піску або пісковіку).

У середовищі «з довершеними зв'язками» заповнювач не може циркулювати у порах і виштовхуватися з них під тиском динамічної напруги (глини, вапняки). У такому

середовищі приймається, що коефіцієнт дисипації b та безрозмірний коефіцієнт дисипації B у двофазному середовищі наблизатиметься до ∞ . Тоді швидкості повздовжньої c_1 і поперечної хвилі c_2 руху ґрунтових вод визначатимуться формулами:

$$\begin{aligned} c_1 &= \sqrt{H/\rho} = \sqrt{(\lambda + 2\mu + a^2 M)/\rho}, \\ c_2 &= \sqrt{N/\rho}, \quad \rho = (1-m)\rho_s + m\rho_f, \end{aligned} \quad (2)$$

де N – пружна постійна ПНРС двофазного середовища, Па; a , M та H – модифіковані константи двофазного середовища; m – пористість твердої фази двофазного середовища; μ та λ – параметри Ламе однорідного пружного середовища, Па; ρ – щільність матеріалу штамп, кг/м^3 ; ρ_s – щільність мінералу скелета ґрунту, кг/м^3 ; ρ_f – щільність рідкої фази (рідина пор), кг/м^3 .

Розрахунки для граничних випадків середовища «без зв'язків» та середовища «з довершеними зв'язками» можуть проводитися на основі моделі пружного однорідного напівпростору з відповідним коефіцієнтом Пуассона матеріалу основи [13].

Перехід до моделювання переносу тритію в інших середовищах може відбуватися за допомогою просторів пов'язаних різномасштабних моделей стану системи з врахуванням того факту, що живий організм мешкає в деякому навколишньому середовищі, на яке впливають різні фактори. Існує багато моделей для розрахунку радіоактивних речовин в атмосфері, ґрунті, воді, але вони, в основному, стосуються міграційних проблем і не спрямовані на оцінювання впливу на людину. Складність застосування в таких моделях системного підходу обумовлена тим, що в атмосфері, де відбувається перенос радіоактивно забруднених часток викиду, процес циркулювання може відбуватися годинами з перепадами від метрів до кілометрів, а у ґрунті це будуть роки і сантиметри.

Розглядаючи підприємство, що може стати джерелом викиду тритію у навколишнє середовище, можна визначити деяку ділянку площини R , $\Omega \subset R$, яка являє собою адміністративно обмежену територію (місто, регіон), $\vec{r} \in R$.

Простори, які моделюють стан системи, можуть бути визначені таким чином:

$X = X(\Omega, R^n)$ – простір станів підприємства – множина вектор-функцій $x: \Omega \rightarrow R^n$, $x(\vec{r}) = (x_1(\vec{r}), \dots, x_n(\vec{r}))$;

$Y = Y(\Omega, R^m)$ – простір станів забруднення навколишнього середовища – тензорний добуток двох векторів стану середовища та стану людини в цьому середовищі, у підсумку чого відбувається композиція двох функцій: $F: Y \rightarrow N$ та $G: F(Y) \subset N \rightarrow Z$. Їх композицією буде функція $G \circ F: Y \rightarrow Z$, яка може бути представлена рівнянням $(G \circ F)(y) = G(F(y))$, $y \in Y$ та описана множиною вектор-функцій $y: \Omega \rightarrow R^m$, $y(\vec{r}) = (y_1(\vec{r}), \dots, y_m(\vec{r}))$;

$V = V(\Omega, R^k)$ – простір станів навколишнього середовища, фактично, це – результати моніторингу середовища, які можуть бути представлені як множина вектор-функцій $v: \Omega \rightarrow R^k$, $v(\vec{r}) = (v_1(\vec{r}), \dots, v_k(\vec{r}))$;

$W = W(\Omega, R^p)$ – простір небезпечних впливів на навколишнє середовище та людину, які можуть бути представлені як порушення регламенту при оперуванні ресурсами підприємства з виконання поставленого виробничого завдання. Це може бути представлене як множина вектор-функцій $w: \Omega \rightarrow R^p$, $w(\vec{r}) = (w_1(\vec{r}), \dots, w_p(\vec{r}))$.

Простори, які моделюють можливі операції, що відбуваються у досліджуваній системі, можуть традиційно бути розглянуті як контрзаходи на подію, або як складові ситуаційного управління в загальній системі управління:

$K(X)$ – простір операцій щодо небезпечного підприємства або окремого підрозділу, де $a = (a_1, \dots, a_r) \in K(X)$;

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

$K(V \times Y)$ – простір щодо навколишнього середовища, включаючи тензорний добуток двох векторів стану середовища та стану людини в цьому середовищі, де $b = (b_1, \dots, b_s) \in K(V + Y)$;

$\Phi \in \Phi$ – простір інших критеріїв, що мають суттєвий вплив на систему, що досліджується.

Точки просторів операцій $K(X)$, $K(V \times Y)$ у параметричному вигляді задають вплив, який здійснюється на систему. Компоненти векторів можуть бути представлені числовими або логічними змінними. Приклади означення просторів:

$x \in X$ – вплив небезпечного підприємства на навколишнє середовища за кожною компонентою забруднення;

$y \in Y$ – розподіл забруднюючих речовин на середовище, на людину.

Зв'язки між просторами визначатимуться таким чином:

$F: X \times V \rightarrow Y$ визначає стан забруднення середовища за результатами моніторингу стану середовища та стану підприємства;

$J: X \times Y \rightarrow W$ визначає збиток залежно від стану середовища та стану об'єкта.

Аналогічно будуються й інші зв'язки досліджуваних просторів.

Визначення величин критеріїв L можна здійснити за моделлю:

$$L: X \times V \times K(X) \times K(V \times Y) \times K(F) \times K(J) \times W \rightarrow \Phi \xrightarrow{U} R, \quad (3)$$

де R – керований режим функціонування підприємства, на повернення до якого і спрямовані зусилля ситуаційного управління.

Перехід до цього режиму можна представити відомим функціоналом [14]:

$$\overline{R}_{tr}^+ : R_{os} \xrightarrow{U_{tr}} R_{sd}, \quad (4)$$

де \overline{R}_{tr}^+ – керований режим функціонування, який обумовлений множиною керуючих параметрів U_{tr} системи управління безпекою, які протягом періоду \tilde{T}_{tr}^{\pm} призводять до переходу нештатного режиму R_{os} до штатного режиму R_{sd} .

На цьому етапі відбувається перехід до динамічної моделі, коли узгодження за простором і часом досягає критичного моменту для достовірності ситуації, що моделюється. Всі наведені простори операцій замінюються на простори, залежні від часу, тобто $K^T(X)$ – простір операцій щодо небезпечного підприємства або окремого підрозділу у вигляді функції за період часу T . Інші простори будуються аналогічним чином, у тому числі при застосуванні операцій залежності між просторами.

Проте слід зазначити, такий підхід все ж залишає високий відсоток невизначеності, який можна значно зменшити за допомогою застосування правил математичної логіки [15]. У цьому випадку інформаційна модель управління ситуацією, що виникла на деякому підприємстві, що є джерелом забруднення навколишнього середовища тритієм, може бути представлена у вигляді функції забезпечення певним набором ресурсів для подолання ситуації, що склалася $f(x_0, x_1, x_n)$; функції, що характеризує підприємство як носія певних технологій $f(y_0, y_1, y_0)$; функції, що описує поле рішень $f(z_0, z_1, z_0)$. Зазначені функції з позицій алгебри логіки можна записати, використовуючи функцію Вебба з визначенням повноти інформаційної моделі в досліджуваному класі подій за теоремою Поста-Яблонського. Наприклад, функція ресурсів для виконання задач подолання кризи на підприємстві виглядатиме таким чином:

$$f(x_0, x_1, x_n) = x_0 \vee \overline{x_1 x_1}, \quad (5)$$

де після ряду перетворень отримуємо:

$$\begin{aligned} f(x_0, x_1, x_n) &= x_0 \vee (\overline{x_1 \downarrow x_1}) = \overline{x_0 \downarrow (\overline{x_1 \downarrow x_n})} = \\ &= \{x_0 \downarrow [(x_1 \downarrow x_1) \downarrow x_n]\} \downarrow \{x_0 \downarrow [(x_1 \downarrow x_1) \downarrow x_n]\}. \end{aligned} \quad (6)$$

Для того, щоб система функцій $f(x_0, x_1, x_n)$ була повною, необхідно і достатньо за теоремою Поста-Яблонського, щоб вона утримувала: функцію, яка не зберігає константу 0; яка не зберігає константу 1; яка не є самодвоїстою; яка не є лінійною; яка не є монотонною. На підставах критерію повноти можна стверджувати, що досліджувана система є повною. Для інших зазначених функцій записи будуть аналогічними.

Також ресурсну та інші функції можна представити у вигляді такої диз'юнкції: $f(x_0, x_1, x_n) = x_0 x_1 \overline{x_n} \vee x_0 x_n \vee \overline{x_0} x_1 x_n$. Згідно з матрицею інцидентності, багаторядний алгоритм самоорганізації моделей буде складатися з підмножини елементів різних ярусів: $\{x_0, \overline{x_0}\}; \{x_0, x_1\}; \{x_0, x_n\}; \{x_1, x_n\}; \{x_n, \overline{x_n}\}$. Проведення розщеплення елементів та повторення підмножин між ярусами призводить до зростання потужності кінцевої множини: для функції ресурсів $X_0 \cup X_1 \cup X_n$; для функції, що описує систему управління ПРЗ, націлену на подолання небезпечної ситуації в цілому $X_n \cup Y_n \cup Z_n$.

Потужність кінцевої множини можна пояснити підсиленням дії окремих елементів впливу на об'єкт з метою забезпечення реалізації задач подолання небезпечної ситуації, що склалася на підприємстві [15]. Мовою логіки це може бути виражене у вигляді запису:

$$f(x, y, z) \Rightarrow x \oplus y \oplus z = x \otimes y \otimes z \quad (7)$$

Сукупність множин елементів або значення позицій матриці під час дослідження відповідності моделі ситуаційного управління відносно умов комплексності надання інформації за підсумками її оброблення корегують за даними постійного моніторингу ситуації.

Висновки і пропозиції. У роботі представлено підхід до моделювання локальної події радіоактивного забруднення території тритієм за допомогою просторів пов'язаних різномасштабних моделей стану системи. Це дозволяє отримати цілісну картину щодо забруднення тритієм території, а також забезпечити контроль та організацію попереджувальних заходів щодо розповсюдження забруднення за переходом від прийняття рішення за ситуацією, що склалася, за умов невизначеності, до позицій оперування співвідношеннями з відомими складовими.

У процесі дослідження розповсюдження тритію у водонасичених ґрунтах у запропонованому підході врахована обмеженість за висотою пористопружного насиченого рідиною середовища та запропоноване вирішення цього питання за допомогою ступеню зв'язаності між твердою і рідкою фазами ґрунту за граничними випадками пористопружного насиченого рідиною середовища.

Наведений підхід може бути використаний у алгоритмах під час розроблення програм щодо аналізу ситуації з розповсюдження тритію в навколишньому середовищі.

Список використаних джерел

1. *Радіаційні та ядерні технології в Інституті ядерних досліджень НАН України* : монографія / І. М. Вишневський, Г. П. Гайдар, О. В. Коваленко та ін. – К. : Ін-т ядерних досліджень, 2014. – 176 с.
2. *Толстикова В. Г.* Ядерная катастрофа 1957 года на Урале [Электронный ресурс] / В. Г. Толстикова. – Режим доступа : http://www.lib.csu.ru/vch/1/1999_01/009.pdf.
3. *Беловодский Л. Ф.* Тритий / Л. Ф. Беловодский, В. К. Гаевой, В. И. Гришмановский. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.
4. *Estimates of Ionising Radiation Doses in the United States 1960–2000* / A. W. Klement, C. R. Miller, R. P. Minx, B. Shleien. – EPA, 1972. – 67 p.
5. *Jones G.* Tritium Issues in Commercial Pressurized Water Reactors // *Fusion Science and Technology*. – 2008. – Vol. 54, № (2). – P. 329–332.
6. *Галкин Б. Я.* Выброс в атмосферу летучих продуктов деления при работе АЭС и установка регенерации отработавшего топлива и перспективы их улавливания / Б. Я. Галкин, Л. И. Геденов, Н. Н. Демидович // *Атомная энергия*. – 1978. – Т. 44, № 2. – С. 145–149.
7. *Романов Г. Н.* Поведение в окружающей среде и биологическое действие трития / Г. Н. Романов // *Проблемы радиозкологии*. – М. : ВИНТИ, 1983. – Т. 4. – С. 6–31.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY

8. Демин С. Н. Радиационно-гигиеническая оценка загрязнения внешней среды тритием и дозовые нагрузки на население в районе радиохимического предприятия / С. Н. Демин, Е. Л. Телушкина // Бюллетень радиационной медицины. – 1987. – № 1. – С. 23–28.
9. Пристер Б. С. Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии и радиобиологии при загрязнении окружающей среды молодой смесью продуктов ядерного деления : монография / Борис Самуилович Пристер ; предисл. Р. М. Алексахин. – Чернобыль : Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2008. – 320 с.
10. Коваленко Г. Д. Накоплення і міграція тритію в районах розташування АЕС з реакторами ВВЕР / Г. Д. Коваленко, В. А. Седнев, В. В. Турбаєвський // Ядерна і радіаційна безпека. – 2004. – № 2. – С. 47–53.
11. Коваленко Г. Д. Деякі питання моделювання розповсюдження тритію в ґрунтових водах / Г. Д. Коваленко, В. В. Турбаєвський // Ядерні й радіаційні технології. – 2004. – Т. 4, № 3. – С. 46–52.
12. Euges L. The Classical Electromagnetic Field. – New York : Dover Publications, 1972. – 432 p.
13. Трофимчук А. Н. Динамика пористоупругих насыщенных жидкостью сред / А. Н. Трофимчук, А. М. Гомилко, О. А. Савицкий. – К. : Наук. думка, 2003. – 230 с.
14. Згуровський М. З. Системний аналіз. Проблеми, методологія застосування / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К. : Наукова думка, 2011. – 728 с.
15. Кряжич О. О. Застосування тризначної логіки в алгоритмах управління радіаційно небезпечними об'єктами / О. О. Кряжич, О. В. Коваленко // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) : праці міжнар. наук.-практ. конф., 12–15 травня 2015 р., Київ–Черкаси / наук. ред. В. Є. Снитюк. – Черкаси : Видавець Чабаненко Ю., 2015. – С. 357–358.

УДК 528.4

С.В. Коваленко, канд. пед. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

**ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ
«ГЕОДЕЗІЯ, КАРТОГРАФІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ» У ЧЕРНІГІВСЬКОМУ
НАЦІОНАЛЬНОМУ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ**

С.В. Коваленко, канд. пед. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

**ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
НАПРАВЛЕНИЯ «ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО»
В ЧЕРНИГОВСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

Svitlana Kovalenko, PhD in Pedagogical Sciences

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

**PECULIARITIES OF TRAINING OF SPECIALISTS IN “GEODESY,
CARTOGRAPHY AND LAND MANAGEMENT” IN CHERNIHIV NATIONAL
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

Розглянуто особливості та шляхи вдосконалення підготовки фахівців напрямку «Геодезія, картографія та землеустрій» у Чернігівському національному технологічному університеті, представлена характеристика навчально-методичного комплексу та матеріально-технічної бази, проаналізовано всі основні етапи навчального процесу підготовки бакалаврів та спеціалістів. Висвітлено основні завдання та етапи виховного процесу майбутніх інженерів-землепорядників.

Ключові слова: землеустрій, землепорядник, ЧНТУ, освітньо-кваліфікаційна характеристика, освітньо-професійна програма, кредитно-модульна система.

Рассмотрены особенности и пути совершенствования подготовки специалистов направления «Геодезия, картография и землеустройство» в Черниговском национальном технологическом университете, представлена характеристика учебно-методического комплекса и материально-технической базы, дан анализ всем основным этапам учебного процесса подготовки бакалавров и специалистов. Представлены основные задачи и этапы воспитательно-образовательного процесса будущих инженеров-землеустроителей.

Ключевые слова: землеустройство, землеустроитель, ЧНТУ, образовательно-квалификационная характеристика, образовательно-профессиональная программа, кредитно-модульная система.