

## 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

Институт 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 рідиною 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/см<sup>2</sup>) та речовині 0,9 мм ( $0,2$  мг/см<sup>2</sup>). 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;  $\tau$  – час від початку скидання, с;  $\xi$  – відстань від джерела до елемента  $d\xi$  (точки скиду), м;  $\lambda$  – 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  $\infty$ . 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;  $\mu$  та  $\lambda$  – параметри Ламе однорідного пружного середовища, Па;  $\rho$  – щільність матеріалу штамп, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_s$  – щільність мінералу скелета ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_f$  – щільність рідкої фази (рідина пор), кг/м<sup>3</sup>.

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 з 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](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.