

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО ТРИТІЮ НА ЕКО- І БІОСИСТЕМИ

Котовенко О.А., кандидат технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Мірошниченко О.Ю., Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Хрутьба В.О., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

MODELING OF ANTHROPOGENIC TRITIUM INFLUENCE ON ECO - AND BIOSYSTEMS

Kotovenko O. A., Ph.D., Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Miroshnychenko O. Y., Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Khrutba V. A., Doctor of Science in Technology, National Transport University, Kyiv, Ukraine

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ТРИТИЯ НА ЭКО- И БИОСИСТЕМЫ

Котовенко Е.А., кандидат технических наук, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина

Мирошниченко Е.Ю., Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина

Хрутьба В.А., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Проблемі впливу міграції і накопичення техногенного тритію та його дії на компоненти еко- і біосистем був присвячений ряд робіт 60-90-років ХХ століття. Наукові роботи останніх років, що присвячені цій проблемі, майже завжди застосовують регресійний аналіз для обробки натурних спостережень.

В наш час дослідження міграційних процесів накопичення техногенного тритію в навколишньому середовищі знову стало актуальним в зв'язку з енергетичними потребами людства, яке призводить до розширення атомної енергетики. Це обумовлює необхідність проведення аналізу сучасного стану радіаційного забруднення техногенним тритієм, моделювання і прогнозування розвитку міграційних процесів тритію в еко- і біосистемах.

Метою роботи є системні дослідження механізмів міграційного накопичення тритію в еко- і біосистемах. Основним завданням був аналіз можливих шляхів міграції та моделювання процесу міграційного накопичення тритію та його впливу на навколишнє природне середовище (НПС).

Виклад основного матеріалу дослідження. Тритій є одним з найбільш біологічно небезпечних радіонуклідів за своєю дією на живі організми. Тритій - це радіоактивний ізотоп водню (надважкий водень), позначається символами Т чи ^3H , з періодом напіврозпаду ($12,32 \pm 0,02$) роки. Швидко окислюється, утворюючи тритієву воду НТО, яка за смаком і запахом не відрізняється від звичайної, але є дуже хімічно активною речовиною. Тритій представляє собою дуже небезпечний радіонуклід з точки зору його впливу на еко- і біосистеми, і, в кінцевому рахунку, на людину.

Техногенний тритій, що потрапляє у навколишнє середовище, надходить у ланки екологічної системи декількома шляхами. Кількість тритію, яка надходить у природне середовище - основний фактор, що визначає активність цього радіонукліду у ланках екологічної системи. Концентрація тритію в будь-якій ланці екологічної системи в цілому відповідає його концентрації у воді.

Тритій ефективно включається до складу біологічної тканини і є потенційним джерелом мутагенних порушень як за рахунок випромінювання середньої енергії (5,8 кеВ), так і за рахунок порушення молекулярних зв'язків, викликаних зміною ізотопу водню (H) нейтральним тілом (He), що утворився в результаті β -розпаду Т. Як показали експерименти на різних видах тварин [1], навіть при одноразовому введенні окису тритію порушується нормальна життєдіяльність організму, викликається раннє значне порушення імунної реактивності, виникає розвиток дифузійних циркуляційних розладів у вигляді крововиливів, порушень нормального тонуусу судів, перивоскулярних відтоків разом з дистрофією клітинних елементів організму та інші порушення.

Тритій може потрапляти у живі організми кількома шляхами. Перший шлях - перорально, з їжею і водою. Процес всмоктування води проходить у кишечнику, де цей процес протікає з великою швидкістю. Тритій визначають у венозній крові вже через 2-9 хвилин після ковтання НТО. Після цього вміст тритію у венозній крові лінійно збільшується в часі. Другий шлях надходження тритію до організму - дихання. В експериментах на тваринах показано, що при вдиханні повітря, яке вміщує окис тритію, у легенях всмоктується від 85 до 100% НТО. При обчисленні максимально допустимих рівнів НТО в атмосферному повітрі приймають, що під час нормального респіраторного циклу у легенях абсорбуються всі 100% окису тритію [1].

За останні десятиліття найбільш потужні інцидентні забруднення техногенним тритієм відбулися за рахунок аварій на атомних електростанціях. Велика кількість тритію потрапила в атмосферу у 1986 році при аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС). Характер розсіяння радіонуклідів визначався багатьма факторами: метеоумовами, часом викидів, температурою радіоактивної хмари та іншим. Забруднення тритієм відбулося як у локальному, так і в глобальному масштабі. Наприклад, як ілюстрацію глобальності процесу забруднення природного середовища техногенним тритієм, можна навести спостереження, які проводилися у 1986 році в Австрії, де концентрація тритію в опадах відносно рівня 20-30 ТЕ, що спостерігалася в період зима-рання весна 1986 р., дійшла до рівня більше 100 ТЕ в кінці квітня того ж року [5,6].

Найбільшому забрудненню тритієм підпали райони, прилеглі до ЧАЕС. На жаль, невідома оцінка загальної кількості тритію, який надходив у біосферу при чорнобильській катастрофі, а також розрахунок доз опромінення цим ізотопом, але значне збільшення вмісту тритію у поверхневих та підземних водах, як у районах прилеглих до ЧАЕС, де концентрація його складала до 400 Бк/л, так і на значній відстані від станції, свідчать про значне забруднення цим ізотопом компонент НПС.

Концентрації тритію в природних водах в границях 30 кілометрової зони ЧАЕС після аварії можна розглядати як суперпозицію факторів глобального характеру, штатної діяльності ЧАЕС у доаварійний період та викиду в результаті аварії при домінуванні ролі останнього фактору. У гідрогеологічному циклі одним з основних джерел глобального тритієвого забруднення є атмосфера. Випадання опадів формує ізотопний склад річок, озер, ґрунтових та міжпластових вод, морів та океанів. Глобальним резервуаром для стоку є глибинні підземні води та багаторічні льодовики, де проходить радіаційний розпад тритію. Концентрація тритію у поверхневих водах близька до його концентрації в атмосферних опадах (при відсутності забруднення вод іншими джерелами) [7,8].

У 2011 році відбулася потужна аварія на японській АЕС «Фукусіма-1», яку спровокували землетрус і цунамі. При цьому на блоках 1, 2, 3 сталося розплавлення активної зони реакторів. В результаті відбулося забруднення прилеглих територій радіонуклідами та трансгранична міграція тритію, як повітряним, так і водним шляхом, майже по всій земній кулі. Влітку 2013 року рівень тритію у водах, прилеглих до станції (у межах 25 м) зріс майже у 10 разів, а в ґрунтових водах у 17 разів. У вересні 2015 року вперше проведені роботи по скиду у океан 850 т очищеної від радіоактивних речовин рідини. Причому рівень тритію складає близько 600 Бк/л. Постійні скиди тритієвої води до океану визначили його попадання у біологічні об'єкти (океанічні риби, морські тварини і рослини). Це обумовило перехід тритію за харчовим ланцюгом до організму людини. [9,10]

Одним з постійних джерел техногенного тритію, що надходить в НПС, традиційно вважається атомна енергетика, навіть при її регламентній роботі. Вміст тритію в рідких скидах при нормальній роботі АЕС значно перевищує за абсолютним значенням вміст всіх інших радіонуклідів, а в газоподібних викидах в навколишнє середовище кількість тритію поступається тільки кількості інертних радіаційних газів. Завдяки хімічній еквівалентності звичайному водню тритій у формі НТО накопичується в технологічних водах АЕС й надходить з них у водойму-охолоджувач, а потім в довколишні водойми, підземні води, приземний шар атмосфери. В Україні працює 4 АЕС, на яких знаходяться 15 енергоблоків з реакторами типу ВВЕР, що є найпотужнішими джерелами техногенного тритію, у порівнянні з реакторами інших типів. Реактори типу ВВЕР викидають тритію в атмосферу і гідросферу до 33 ГБк /МВт(ел)/рік. [11-13].

Найбільш потужними джерелами техногенного забруднення вважаються заводи з переробки відпрацьованого ядерного палива. До останнього часу Україна не мала таких заводів, але якщо, як

планується, такі джерела техногенезу будуть побудовані, то це не найкращим чином вплине на загальний стан екологічної ситуації та генетику наступних поколінь населення України.

Багато років при дослідженні міграції тритію у НПС не враховували вплив пунктів захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ), зокрема твердих тритійвміщуючих відходів (ТТВ). Як джерела забруднення довкілля тритієм, їх стали розглядати тільки в останні десятиліття, в зв'язку з аварійними інцидентами на ПЗРВ Харкова і Пирогово під Києвом. Як показує досвід експлуатації пунктів захоронення тритійвміщуючих відходів, локалізувати ці відходи у звичайних ґрунтових сховищах повністю неможливо. З року в рік ПЗРВ стають постійним джерелом постачання тритію у компоненти природного середовища. При цьому, в залежності від геологічної структури підземної системи порід, вододілів та специфіки водних горизонтів, тритієм можуть бути забруднені навіть глибокі підземні водні горизонти [14-16].

Оскільки не існує придатного інженерно-технічного рішення локалізації тритійвміщуючих відходів, а існуючі приземні сховища не здатні повністю запобігти витоку цього небезпечного радіонукліда в навколишнє природне середовище, то вони стають постійними джерелами техногенного тритію, який визначає не тільки локальне, але й глобальне забруднення біосфери. Крім того, враховуючи значний вклад АЕС в енергетику України і те, що заплановано збільшення кількості реакторів ВВЕР на існуючих атомних станціях, можна стверджувати, що кількість техногенного тритію в водних ресурсах та ґрунтах України буде зростати.

Для дослідження, аналізу і прогнозу міграційних процесів в екосистемах пропонується застосовувати підхід, що базується на роботах Колмогорова [17,18]. Розглянемо міграційну схему руху тритію, яка відповідає іконографічній моделі (див. рис. 1).

де $\lambda_{i,j}$ - густина потоку подій, що переводять систему з стану i в стан j ; X_i -ті стани в яких можуть знаходитися (у нашому випадку ці стани характеризуються відповідними компонентами довкілля, в які потрапив тритій, тобто відповідно: X_1 - джерело забруднення тритієм; X_2 - тритій у повітрі; X_3 - тритій у ґрунті; X_4 - тритій у зоні аерації; X_5 - тритій у підземних водах; X_6 - тритій у поверхневих водоймищах).

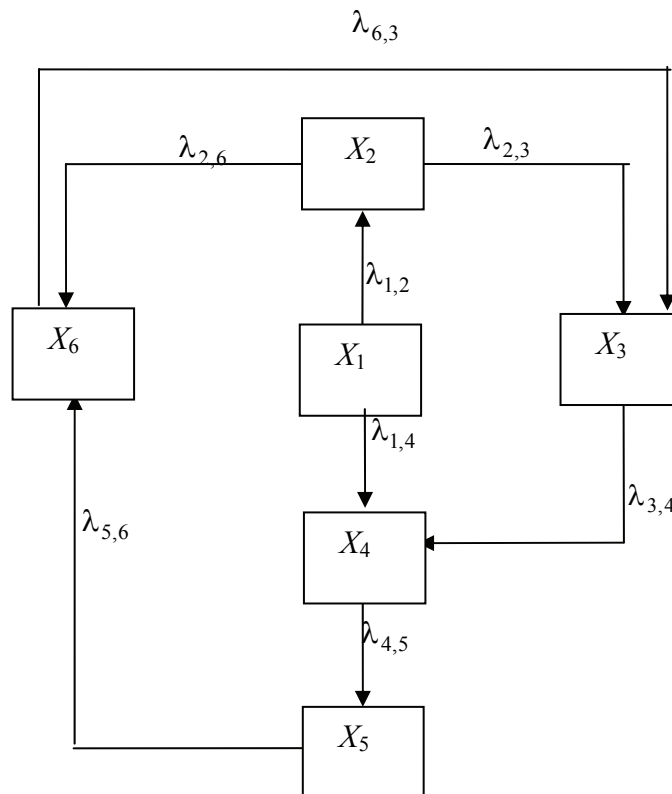


Рисунок 1 – Міграційний рух тритію у компонентах довкілля

На її основі побудована узагальнена модель процесу відповідних змін станів екосистеми. Процес зміни станів екологічної системи під впливом техногенного навантаження з боку міграційних потоків тритію у ланках довкілля представляє собою стохастичний процес, який можна подати як марківський. Стохастичність при розгляді цього процесу виникає за рахунок наявності невизначеностей, які обумовлені недостатністю інформації про цей процес в реальних природних умовах та його недостатньою вивченістю.

Міграційні потоки можуть розглядатись як деякі стаціонарні потоки подій, дія яких на відповідний компонент довкілля переводить всю систему в інший стан. Тоді узагальнену модель процесу зміни станів екологічної системи під впливом міграційних потоків тритію можна подати у вигляді системи рівнянь Колмогорова-Чепмена (17,18), що відповідають графу станів (топологічна модель) екосистеми (рис. 1).

$$\sum_{i=1}^6 p_i = 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_1(t)}{dt} = -(\lambda_{1,2} + \lambda_{1,4})p_1(t); \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = \lambda_{1,2}p_1(t) - (\lambda_{2,3} + \lambda_{2,6})p_2(t); \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = \lambda_{2,3}p_2(t) + \lambda_{6,3}p_6(t) - \lambda_{3,4}p_3(t); \\ \frac{dp_4(t)}{dt} = \lambda_{1,4}p_1(t) + \lambda_{3,4}p_3(t) - \lambda_{4,5}p_4(t); \\ \frac{dp_5(t)}{dt} = \lambda_{4,5}p_4(t) - \lambda_{5,6}p_5(t); \\ \frac{dp_6(t)}{dt} = \lambda_{5,6}p_5(t) + \lambda_{2,6}p_2(t) - \lambda_{6,3}p_6(t); \end{array} \right. \quad (1)$$

де $p_i(t)$ - імовірність того, що у момент часу t система знаходиться у стані X_i .

Початкові умови для інтегрування системи диференціальних рівнянь (1) відображають стан екосистеми у момент до початку тритієвого забруднення. У нашому випадку подія визначена у певний момент часу активністю тритію в даному міграційному потоці. Густота (інтенсивність) потоку подій - середня кількість подій, що настає одна за одною в випадкові моменти часу.

Якщо, наприклад, система при $t = 0$ була в деякому стані X_k , то припускають $p_k(0)=1$, $p_i(0)=0$, при $i \neq k$. Зауважимо, що граничним режимом для системи називається випадковий процес, що встановлюється у системі при $t \rightarrow \infty$. Якщо вважати, що в кількість станів системи входить хоча б один критичний стан екосистеми (стан без виходу), то при $t \rightarrow \infty$ система з практичною достовірністю опиняється в ньому.

Якщо всі потоки подій, що переводять систему із стану в стан стаціонарні ($\lambda_{ij} = \text{const}$), та загальна кількість станів скінченна, а станів без виходу немає, то граничний режим існує і характеризується граничними ймовірностями станів p_1, p_2, \dots, p_N , причому ($\sum_{j=1}^N p_j = 1$).

Екосистема - це складна багатокомпонентна багатозв'язкова система із складними міжкомпонентними взаємозв'язками. Як підсистеми екосистеми розглядаємо атмосферу, гідросферу, літосферу, що є динамічними і змінюють свій стан (стосовно забруднення тритієм) в певний момент часу під впливом цього забруднювача.

Перехід із стану в стан підсистеми може бути представлений інформаційним графом, вершини якого задають імовірність знаходження у даний момент у певному стані i_k ($i_k = 1, n_k$; де k - кількість підсистем), а дуги відповідають значенням інтенсивностей переходу підсистеми k із стану i в стан j та позначаються як γ_{ij}^k . Стан екосистеми можна охарактеризувати значенням таких її показників як екологічна ємність та екологічний потенціал у певний момент часу. Стан екосистеми

(системи верхнього рівня) задається вектором (e_1, e_2, e_3) де e_k — значення інтегрального показника підсистеми (значення потенціалу) k -ї підсистеми.

Якщо $e_k \in [a_i, b_i]$, (де a_i та b_i — відповідно верхня та нижня границя i -того можливого інтервалу значень досліджуваного показника, то це означає, що підсистема k знаходиться у стані i_k . Інтенсивність переходу загальної системи із стану i в стан j , $(i, j = \overline{1, N})$, слід розглянути як імовірність зміни покомпонентного набору вектора стану. Інтенсивність λ_{ij} загальної системи залежить від інтенсивності (ймовірностей) $\gamma^k_{i\phi}$ зміни станів кожної конкретної k -ї $(k = \overline{1, 3})$ підсистеми. Визначення умовних ймовірностей переходу екосистеми із одного стану в інший вирішується на основі теореми множення ймовірностей [17,18].

Якщо кількість можливих значень підсистеми “грунт” — n_1 , підсистеми “атмосфера” — n_2 , а підсистеми “вода” — n_3 , то число N — кількість можливих станів екосистеми за правилом добутку, що існує в комбінаториці, можна розрахувати як: $N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$

Якщо вважати, що кожна з підсистем загальної екосистеми може знаходитися в одному з n можливих станів, а кількість самих підсистем — k , то за правилами комбінаторики число N може розраховуватися як кількість k - розміщень з повтореннями із елементів n видів: $N = \overline{A}_n^k = n^k$ [3].

Можливі стани екосистеми можуть бути задані сукупністю векторів:

$$\{A_i = (i_1, i_2, i_3); i = \overline{1, N}; i_1 = \overline{1, n_1}; i_2 = \overline{1, n_2}; i_3 = \overline{1, n_3}\}.$$

Розрахунок λ_{ij} — інтенсивностей переходу системи S із стану i в стан j $(i, j = \overline{1, N})$ здійснюється на основі значень $\gamma^k_{i\phi}$ — інтенсивностей переходу із стану l в стан ϕ в k -й підсистемі. Якщо 1-й стан системи S позначити як вектор $(1,1,1)$ (вважаємо $k=3$), то $\lambda_{11} = \gamma^1_{11} \gamma^2_{11} \gamma^3_{11}$. 2-й стан системи S можемо розглядати як вектор $(1,1,2)$, інтенсивність переходу в який з 1-го стану розраховується як: $\lambda_{12} = \gamma^1_{11} \gamma^2_{11} \gamma^3_{12}$. Нумеруючи стани системи S відповідно з послідовною зміною елементів вектора $A_i = (i_1, i_2, i_3)$, починаючи з його останнього елемента, за аналогією з попереднім будемо здійснювати розрахунок інтенсивностей λ_{ij} $(i, j = \overline{1, N})$ системи S .

Розрахунок $\gamma^k_{i\phi}$ здійснюється окремо для кожної k -ї підсистеми за допомогою побудови відповідної ймовірнісно-автоматної моделі. [19]

На нижньому рівні ієрархії для дослідження процесів, що проходять у компонентах екосистеми під дією забруднення техногенним тритієм, може бути використаний метод імовірнісно-автоматного моделювання [20]. Вхідною інформацією для цього рівня є статистичні дані та гіпотези відносно закону розподілу стосовно забруднення техногенним тритієм та антропогенних змін у конкретних підсистемах екосистеми. Вихідною інформацією — значення інтенсивностей переходу із стану в стан відповідної підсистеми екосистеми, що є вхідною інформацією для моделі верхнього рівня.

Висновки. В роботі:

1. Проаналізовані основні джерела надходження техногенного тритію в навколишнє природне середовище, як в інцидентних ситуаціях, так і в результаті постійних витоків.
2. Досліджені та проаналізовані дані стосовно міграційного накопичення тритію в біосистемах, що описані у літературних джерелах.
3. Синтезована стохастична ієрархічна математична модель процесу зміни станів екологічної системи під впливом міграційних потоків тритію. Одержана модель надає можливість оцінки зміни станів екологічної системи за даними спостережень системи моніторингу на міграційних шляхах тритію у компонентах довкілля.

Подальший розвиток цього напрямку надасть можливість створення загальних математичних моделей і мультимоделей, що представляють собою формалізовані ізоморфні відображення взаємодії захисних функцій природного середовища з впливами техногенного тритію на його компоненти. Перевагами такої формалізації є те, що вона реалізує системний підхід до моделювання процесу, має високий ізоморфізм відображення, компактність представлення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Окись тритія. /под ред. проф. Москалева Ю.И., Атомиздат М.: 1986, 394 с.

2. Беловодский Л.Ф. Тритий / Беловодский Л.Ф., Гаевой В.К., Гришмановский В.И. - М.: Энергоатомиздат. - 1988
3. Эванс Э. Тритий и его соединения / Эванс Э. - М.: Атомиздат. - 1970.
4. Ленский Л.А. Изотопнообменная сорбция трития из водных растворов почвами в статистических условиях // Докл. ТСХА-1964. - вып. 99. - с. 527 - 532
5. Renk D., Rajder Y., Lust G., Der Trstiumgehalt der Nioderachluge und der Oberfluchenwuseer in Osterreich in Jahre 1986., Wstn, 1987.
6. Schjnhjfer F., Weist I., Measurement of the level liquid scintillation containing following the ChernnobyI accident., Vienna, 1987.
7. Изучение режима и условий поверхностной и подземной миграции искусственных радиоизотопов Чернобыльской АЭС /Отчет партии геолого-экологических исследований о результатах работ, проведенных в 1986-1990 гг. на территории Киевской, Житомирской и Черниговской областей// Мингеологии СССР Северо-Украинское производственное объединение "СЕВУКРГЕОЛОГИЯ", ГР № НР 39-87 46/24.
8. Труды Радиевого института им. В.Г. Хлопина 2009, т. XIV (ISSN 1996-7748)
9. Press Release (Mar 14, 2011- Apr 03, 2011) Occurrence of a Specific Incident (Failure of reactor cooling function) Stipulated in Article 15, Clause 1 of the Act on Special Measures Concerning Nuclear Emergency Preparedness. TEPCO news
10. https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_на_АЭС_Фукусима-1
11. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда. /Н.С. Бабаев, В.Ф. Демин, Л.А. Ильин и др. Изд. 2-е. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
12. Егоров Ю.А. Основы радиационной безопасности атомных электростанций / Егоров Ю.А. - М.: Энергоиздат, 1982.
13. Артемова И.Е. Принципы нормирования выбросов радиоактивных продуктов из труб предприятий атомной промышленности и энергетики (метеорологические аспекты) / Артемова И.Е., Твердовский Е.Н.// Атомная энергия. - 1971, т.31, вып.6, с. 573.
14. Сухоручкин А.К. К вопросу о классификации твердых тритийсодержащих отходов и их локализации в земляных хранилищах./ Сухоручкин А.К. //Проблеми Чорнобильської зони відчуження. - К., 1995. Вип. 2.
15. О радиационном обследовании территории ПЗРО Киевского спецкомбината УКРГО "Радон". Отчет МТЦКОРО Минчернобыля Украины.- Желтые Воды, 1998, 91 с., фонды.
16. Корчагин П.А. Обращение с радиоактивными отходами в Украине: проблемы, опыт, перспективы /Корчагин П.А., Замостьян П.В., Шестопалов В.М. - К.: «Иван Федоров», 2000. - 178 с.
17. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и математическая статистика /Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.. - М.: Наука, 1973. - 364 с.
18. Камени Дж. Конечные цепи Маркова /Камени Дж., Снелл Дж.: пер с англ.. - М.:Наука, 1970. - 270 с.
19. Kostina, N. I. (2003). Automation modeling as an Instrument for the forecasting of Complex Economic Systems. System Dynamics Society, 135–145.
20. Котовенко О.А. Ймовірносно-автоматне моделювання в дослідженнях міграційних процесів у ґрунтах /Котовенко О.А., Мірошниченко О.Ю., Березницька Ю.О, Шосталь Ю.В. //Восточно-Европейский журнал передових технологій. -2014.- т.4/10(70). - с.37-43

REFERENCES

1. Moskalev Y.I. (1986) Okis tritiya Atomizdat, Moskva (Rus)
2. Belovodskyy L.F., Haevoy V.K. Hryshmanovskyy V.I. (1988) Tritium. - М .: Energoatomizdat. (Rus)
3. E. Evans (1970) Tritium I ego soedenenia. - М .: Atomyzdat. (Rus)
4. Lenski, L.A.(1964) Izotopnoobmennaya sorbtsiya tritium iz vodnuh rastvorov pochvami v statystycheskyh usloviah. Dokl. TSKhA, Vol. 99. p. 527 – 532(Rus)
5. Renk D., Rajder Y., Lust G.(1987) Der Trstiumgehalt der Nioderachluge und der Oberfluchenwuseer in Osterreich in Jahre 1986. Wstn.

6. Schjnhjfer F., Weist I. (1987) Measurement of the level liquid scintillation containing following the Chernobyl accident., Vienna.
7. Izuchenie regima i uslovii poverhnostnoi i podzemnoi migracii iskustvennih radioizotopov Chernobilskoj AES /otchet partii geologo-ekologicheskikh isledovatelnih rabot, provedenih v 1986-1990gg na teritorii Kievskoy, Ghutomerskoj, Chernigovskoy oblastey/ Mingeologii SSSR Severo-Ukrainskoe proizvodstvennoe obednenie "SEVUKRGEOLOGIA", GR № NR 39-87 46/24. (Rus)
8. Trudi Radievogo institute im.V.G.Hlopina. 2009. t. XIV (ISSN 1996-7748) (Rus)
9. Press Release (Mar 14, 2011- Apr 03, 2011) Occurrence of a Specific Incident (Failure of reactor cooling function) Stipulated in Article 15, Clause 1 of the Act on Special Measures Concerning Nuclear Emergency Preparedness. TEPCO news
10. https://ru.wikipedia.org/wiki/Avarija_na_AES_Fukusima-1(Rus)
11. Babajev N.S., Demin V.F., Ilyin L.A. et al. (1984) Iadernai energetika, chelovek I okrughaychai sreda. - M.: Energoatomizdat. (Rus)
12. Egorov Y.A. (1982) Osnovu radiachionnoi bezopasnosti atomnuh elektrostancii.: Energoizdat Moskva. (Rus)
13. Artemov I.E., Tverovsky E.N. (1971) Principy normiruvaniya vybrosov radioaktivnyh produktov iz trub predpriatii atomnoi promishlennosti (meteorologicheskije aspekty) .- Atomniy Energetica, t.31, vyp.6 with. 573. (Rus)
14. Sukhoruchkin A.K.(1995) K voprosu o klasifikacii tverduh tritiysoderghagchih othodov i ih lokalizacii v zemlianh hranilighchah. / Problemu Chornobilskoj Zoni vidchuzhennya. Kiev, Vip. 2. (Rus)
- 15.] O radiationnom obsleduvanii territorii PZRO Kiev UKRGO speccombinata "Radon". Otchet MTTSKORO Minchernobylya Ukrainy.- Ghovti Vodu, 1998, 91 pp., Fondi. (Rus)
16. Korchagin P.A., Zamostyan P.V., Shestopalov V.M. (2000) Obragschenie s radioaktivnymi othodami v Ukraine: problemi, opyt i perspektivy. -: "Ivan Fedorov", Kiev. (Rus)
17. Ventcel E., Ovcharov L. (1973) Teorija veroyatnostei i matematicheskaya statistica. M. Nauka. 364
18. Kameni J. Snell J. (1970) Konechnye cepi Markova. M.:Nauka. 270 c. (Rus)
19. Kostina, N. I. (2003). Automation modeling as an Instrument for the forecasting of Complex Economic Systems. System Dynamics Society, 135–145
20. Kotovenko O., Miroshnychenko O., Bereznicka Y, Shostal Y. (2014) Imovvirmisno-avtomatne modrljuvannya v doslidjenni migraciinih procesiv u gruntah //Vostochno-Evropeiskiy jurnal peredovih tehnologii. t.4/10(70). .37-43(Ukr)

РЕФЕРАТ

Котовенко О.А. Моделирование влияния техногенного трития на эко- и биосистемы / О.А. Котовенко, О.Ю. Мірошніченко, В.О. Хрутьба // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2016. – Вип. 1 (34).

В статті запропонований системний підхід до аналізу, дослідження та моделювання механізму процесу міграційного накопичення техногенного тритію в компонентах еко- і біосистем та вплив цього процесу на зміну еко- і біосистем, а також представлена розроблена стохастична ієрархічна математична модель зміни станів еко- і біосистем під впливом процесів міграційного накопичення техногенного тритію в її підсистемах (компонентах).

Об'єкт дослідження - процес міграційного накопичення техногенного тритію та його вплив на еко- і біосистеми.

Мета роботи - системні дослідження та моделювання механізмів міграційного накопичення тритію в еко- і біосистемах.

Метод дослідження - системний аналіз, метод декомпозиції (створення ієрархічної моделі).

Проблема міграційного накопичення техногенного тритію, як одного з радіонуклідів малих доз випромінювання, має велике значення. В роботі проаналізовані основні джерела надходження техногенного тритію в навколишнє природне середовище, як в інцидентних ситуаціях, так і в результаті постійних витоків; досліджені та проаналізовані дані стосовно міграційного накопичення тритію в еко- і біосистемах та зміна станів цих систем під впливом цих процесів. Синтезована стохастична ієрархічна математична модель процесу зміни станів екологічної системи під впливом міграційного тритію, що базується на роботах Колмогорова (верхній рівень ієрархії) та теорії автоматів (нижній рівень ієрархії). Одержана модель надає можливість оцінки зміни станів екологічної системи за даними спостережень системи моніторингу на міграційних шляхах тритію у компонентах довкілля.

Синтезована модель може бути застосована для дослідження міграційного накопичення техногенного тритію в еко- і біосистемах та прогнозування зміни стану цих систем під дією цього радіаційного забруднювача.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРИТІЙ, ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ, ЕКО- І БІОСИСТЕМИ, ІЄРАРХІЧНА СТОХАСТИЧНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

ABSTRACT

Kotovenko O.A., Miroschnychenko O.Y., Khrutba V. A. Modeling of anthropogenic Tritium influence on eco - and biosystems. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2016. – Issue 1 (34).

The paper proposed a systematic approach to the analysis, examination and modeling of the technogenic tritium migration process accumulation mechanism in the components of eco - and Biosystems and its influence on the change in eco - and Biosystems, and hierarchical stochastic mathematical model of changes in state eco - and biological systems under the influence of migration processes of accumulation of technogenic tritium in its subsystems (components) presented.

Object of the study - technogenic tritium migration accumulation process and its influence on eco - and Biosystems.

Purpose of the study - a systematic study and modeling of Tritium migration accumulation mechanisms in eco - and Biosystems.

Research methods - system analysis, decomposition (creating hierarchical model).

The problem of technogenic tritium migration accumulation as one of the radiation low doses radionuclides is of great importance. The paper analyzes the main sources of technogenic tritium inflow in the environment, as in incident situations, and as a result of constant leaks; researched and analyzed data on tritium migration accumulation in the eco-and biological systems and these systems changing state under the influence of these processes. Hierarchical stochastic mathematical model of ecological systems state change process under the influence of tritium migration that is based on the Kolmogorov works (upper level hierarchy) and automata theory (lower level of the hierarchy) was synthesized. The resulting model allows one to estimate changes in the state of ecological systems from monitoring system observation data on Tritium migration routes in the components of the environment.

The synthesized model can be applied to study of the technogenic Tritium migration accumulation in eco - and Biosystems and to study the prognoses change of these systems state under the influence of this radiation polluter.

KEYWORDS: TRITIUM, SOURCES OF POLLUTION, ECO - AND BIOSYSTEMS, HIERARCHICAL STOCHASTIC MATHEMATICAL MODEL

РЕФЕРАТ

Котовенко О.А. Моделирование влияния техногенного трития на эко - и биосистемы / О.А. Котовенко, А.Ю. Мирошниченко, В.А. Хрутьба // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2016. – Вып. 1 (34).

В статье предложен системный подход к анализу, исследованию и моделированию механизма миграционного накопления техногенного трития в компонентах эко - и биосистем и влияние этого процесса на изменение эко - и биосистем, а также представлена разработанная иерархическая стохастическая математическая модель изменения состояний эко - и биосистем под влиянием процессов миграционного накопления техногенного трития в ее подсистемах (компонентах).

Объект исследования - процесс миграционного накопления техногенного трития и его влияние на эко - и биосистемы.

Цель работы - системные исследования и моделирование механизмов миграционного накопления трития в эко - и биосистемах.

Метод исследования - системный анализ, метод декомпозиции (создание иерархической модели).

Проблема миграционного накопления техногенного трития, как одного из радионуклидов малых доз излучения, имеет большое значение. В работе проанализированы основные источники поступления техногенного трития в окружающую природную среду, как в инцидентных ситуациях, так и в результате постоянных утечек; исследованы и проанализированы данные, касающиеся миграционного накопления трития в эко - и биосистемах и изменение состояний этих систем под

влиянием этих процессов. Синтезирована иерархическая стохастическая математическая модель процесса изменения состояний экологической системы под влиянием миграционного трития, которая базируется на работах Колмогорова (верхний уровень иерархии) и теории автоматов (нижний уровень иерархии). Полученная модель дает возможность оценки изменения состояний экологической системы по данным наблюдений системы мониторинга на миграционных путях трития в компонентах окружающей среды. Синтезированная модель может быть применена для исследования миграционного накопления техногенного трития в эко - и биосистемах и прогнозирования изменения состояния этих систем под действием этого радиационного загрязнителя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРИТИЙ, ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, ЭКО - И БИОСИСТЕМЫ, ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТОХАСТИЧЕСКАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

АВТОРИ:

Котовенко Елена Андріївна, кандидат технічних наук, доцент, Київський національний університет будівництва і архітектури, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища, e-mail: kotovenko_ea@ukr.net, тел.+380674644709, Україна, 03037, Київ, вул. Освіти, к.333

Мірошніченко Елена Юріївна, Київський національний університет будівництва і архітектури, старший викладач кафедри охорони праці і навколишнього середовища, e-mail: elenamiroshka@ukr.net, тел.+380674644709, Україна, 03037, вул. Освіти, к.333

Хрутьба Вікторія Олександрівна, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, e-mail: hurutba@mail.ru, тел. +380935372915, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 312.

AUTHORS:

Kotovenko Olena A., Ph.D., associated professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, associated professor of the Department of labor protection and environment, e-mail: kotovenko_ea@ukr.net, phone+380674644709, Ukraine, 03037, Kyiv, Osvity str, K. 333 Kyiv, Ukraine

Miroshnychenko Olena, Kyiv national University of construction and architecture, senior lecturer of the Department of labor protection and environment, e-mail: elenamiroshka@ukr.net phone+380674644709, Ukraine, 03037, Osvity str., K. 333

Khrutba Viktoriia Alexandrovna, Doctor of Science in Technology, National Transport University Head of the Department of Ecology and Safety of Vital Functions, e-mail: hurutba@mail.ru, tel. +380935372915, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str., 1, of. 312.

АВТОРЫ:

Котовенко Елена Андреевна, кандидат технических наук, доцент, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, доцент кафедры охраны труда и окружающей среды, e-mail: kotovenko_ea@ukr.net тел.+380674644709, Украина, 03037, ул. Просвещения, к.333

Мирошніченко Елена Юрьевна, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, старший преподаватель кафедры охраны труда и окружающей среды, e-mail: elenamiroshka@ukr.net, тел.+380674644709, Украина, 03037, ул. Просвещения, к.333

Хрутьба Виктория Александровна, доктор технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, заведующая кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: hurutba@mail.ru, тел. +380935372915, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 312.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сімонов І.М., доктор фіз.-мат. наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, декан автомеханічного факультету, професор, Національний транспортний університет, Україна

REVIEWERS:

Simonov I., Doctor of Science in Technology, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv Ukraine.

Mateichyk V., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine.