

**Григор'єва Л. І.,**  
д-р біол. наук, професор, Чорноморський державний  
університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

**Кльосова А. О.,**  
викладач Чорноморський державний університет  
імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

**Літвінова К. О.,**  
студентка факультету еколого-медичних наук, Чорноморський  
державний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

**Томілін Ю. А.,**  
д-р біол. наук, професор, Чорноморський державний  
університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

---

## **НЕВИРІШЕНІ ПИТАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ЛЮДИНУ ВІД ТЕХНОГЕННОГО ТРИТІУ**

*На підставі аналізу відомих методів, що використовуються при визначенні вмісту тритію в об'єктах навколишнього середовища, визначено основні правила та методичні прийоми для кожного з етапів рідинно-сцинтиляційної радіометрії <sup>3</sup>ННО. Зазначено невирішені питання інструментальних методів визначення дозового навантаження на людину від техногенного тритію.*

**Ключові слова:** тритій; рідинно-сцинтиляційна радіометрія; навколишнє середовище.

**Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** На сьогодні перед людством гостро стоїть проблема з дослідження вмісту радіонуклідів у навколишньому середовищі. Особлива увага приділяється радіоактивному ізотопу – тритію. Тритій в основному знаходиться у вигляді тритієвої води (НТО) та володіє високою проникаючою здатністю, як у мінералогічні, так і в біологічні об'єкти.

Тритій ( $H^3$ , T) – радіоактивний ізотоп водню, розпадається з випусканням  $\beta$  – частинок. Розрізняють тритій природного і антропогенного походження. Природний тритій утворюється в атмосфері при взаємодії космічного випромінювання з атмосферними газами. В результаті антропогенної діяльності рівень вмісту тритію в природному середовищі змінився. Різке підвищення його вмісту в біосфері сталося в результаті використання атомної енергетики в мирних і військових цілях. На сьогодні основним джерелом штучного тритію виступають об'єкти ядерного паливного циклу, тому для екосистем, які знаходяться в зоні впливу таких об'єктів, необхідний контроль за вмістом тритію.

Високі концентрації тритію впливають на життєдіяльність організмів, призводять до серйозних порушень у їхньому розвитку. До організму людини радіонуклід потрапляє з їжею, повітрям і водою. Радіаційна небезпека тритію зумовлена його здатністю легко проникати в органічні молекули. Як

ізотоп водню, він легко проникає в цитоплазму будь-якої клітини.  $\beta$ -випромінювання, що утворюється при розпаді ядер атомів тритію, пошкоджує генетичний апарат організмів. Біологічна дія тритію посилюється через утворення при розпаді інертного газу гелію, що призводить до розриву водневих зв'язків молекул ДНК живих клітин, до порушення процесу синтезу органічних структур і змін організмів на генетичному рівні.

**Метою досліджень**, представлених у роботі, є аналіз методів дослідження вмісту тритієвої води у водних фракціях проб доквілля та з'ясування проблем, які сьогодні існують у системі контролю вмісту цього радіонукліду в об'єктах доквілля. Для цього було проаналізовано ряд наукових робіт, які присвячено дослідженням вмісту тритію в об'єктах навколишнього середовища, а також результати, які отримані при проведенні досліджень з оцінки впливу техногенного тритію від викидів і скидів ЮОАЕС під керівництвом проф. Григор'євої Л. І. [10; 11].

**Матеріали досліджень.** Матеріалами досліджень виступали результати досліджень властивостей і особливостей поведінки тритію в навколишньому середовищі, які виконувалися різними вченими [3; 9; 12]. Використано матеріали досліджень вчених Л. І. Григор'євої та Ю. А. Томіліна [10; 11], які протягом багатьох років проводили дослідження вмісту тритію у компонентах водних об'єктів басейну р. Південний Буг зокрема, у її припиніах, ставка-

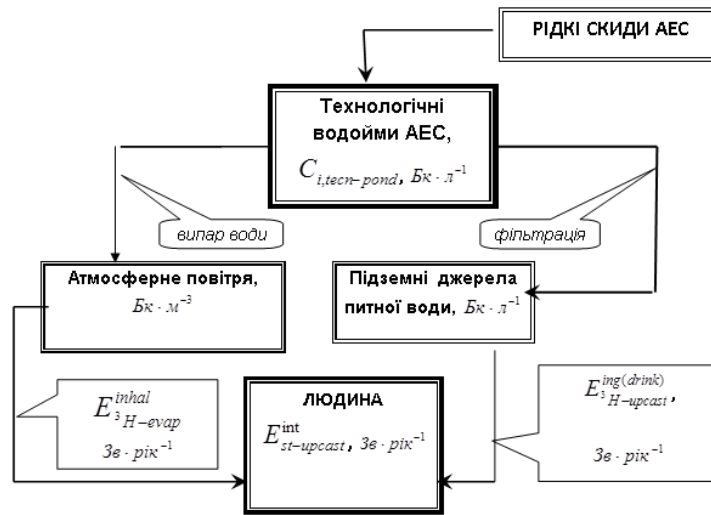
охолоджувача ЮУ АЕС та вмісту тритію у питній воді та сільськогосподарських культурах, отриманих в умовах зрошення на півдні України, застосовуючи також рідинно-сцинтиляційний метод радіометрії тритію у водній фракції проб з використанням різних рідинно-сцинтиляційних установок. Також використано матеріали досліджень інших учених [6; 7; 8].

**Результати досліджень.** Визначення вмісту тритію в біосфері має особливості, які пов'язані з методами відбору, підготовки та визначення проб, які містять радіонуклід. Тритій присутній у всіх природних середовищах: в атмосферному повітрі, воді, ґрунті, рослинності, сніговому покриві. Після утворення як природним, так і штучним шляхом, тритій, зрештою, знаходиться у вигляді тритієвої води (НТО), яка є більш активною у порівнянні з тритієвим воднем (НТ) і тритієвого метаном (СН<sub>3</sub>T), тому найчастіше вміст тритію досліджується в об'єктах гідросфери.

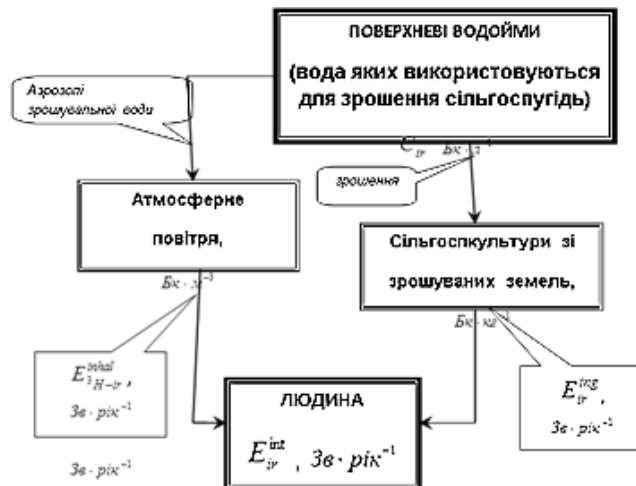
Надходження тритію у навколишнє середовище при експлуатації АЕС відбувається через:

- скид тритію в поверхневі води, в річку, або у водойму-охолоджувач;
- викид в атмосферу;
- потраплянні тритію у підземні води, які потенційно вважаються джерелами питної води.

Дозове навантаження на людину, яке мешкає у зоні впливу тритію, який потрапляє у довкілля з рідкими скидами АЕС, формується за декількома шляхами (рис. 1, рис. 2). Наведені шляхи обумовлені потраплянням тритію з технологічних водоймищ через випар, через фільтрацію крізь підземні водонесні горизонти, через зрошення сільськогосподарських угідь (рис. 2). При цьому останній шлях міграції відповідає за формування радіаційного навантаження не лише в результаті надходження тритію із сільськогосподарськими культурами, а також через заковтування людиною гідроаерозолів під час зрошуваних робіт ( $E_{H-ir}^{inha(aer)}$  на рис. 2).



**Рис. 1.** Схема формування навантаження на людину від <sup>3</sup>H, який надходить у довкілля з рідкими скидами АЕС, де  $E_{st-upcoast}^{int}$  – річна ефективна доза внутрішнього опромінення людини від надходження до людини штучних радіонуклідів *i* від скидів АЕС інгаляційним (*inhal*) або пероральним (*ing*) шляхом,  $Зв \cdot рік^{-1}$



**Рис. 2.** Схема формування радіаційного навантаження на людину від <sup>3</sup>H, присутнього у водоймах, вода яких використовується для зрошення сільськогосподарських угідь

Наведені шляхи міграції тритію вказують, що завданням системи контролю тритію є визначення тритію у 4-х видах:

- оксид тритію або тритієва вода (хімічна формула  ${}^1\text{H}_3\text{HO}$  или  $({}^3\text{H}_2\text{O})$ );
- органічно зв'язаний тритій (хімічна формула  ${}^{14(12)}\text{C}_x{}^3\text{H}_y\text{O}_z{}^1\text{H}$ ). При  $x=0, y=1, z=1$  – це оксид тритію;
- газ тритій ( ${}^3\text{H}_2$  чи  ${}^1\text{H}_3\text{H}$ );
- аерозолі, що містять тритіди металів (тритід титану т. ін., що входять до складу мішеней).

На сьогодні при оцінці дозового навантаження на людину, яка мешкає у зоні впливу викидів та скидів тритію з АЕС, враховують, у першу чергу, тритій у вигляді  ${}^3\text{HNO}$ ; при цьому, через трудоемність вимірювання, мало досліджень щодо оцінки органічно зв'язаного тритію в об'єктах довкілля, а ще менше – щодо визначення вмісту тритію в аерозолях. Для розуміння проблем, які на сьогодні обмежують повноцінну оцінку дозового навантаження на людину від тритію за усіма шляхами його потрапляння до людини проаналізуємо послідовно кожний етап аналізу проб на вміст тритію та методики, які застосовуються на кожному з цих етапів.

Весь аналіз проб на вміст НТО можна розділити на такі етапи:

- етап 1 – відбір проб;
- етап 2 – підготовка та очищення;
- етап 3 – вимірювання;
- етап 4 – аналітичний підрахунок та виведення результату вимірювання.

Для отримання надійних репрезентативних даних по вмісту тритію необхідно суворо дотримуватися процедури відбору проб [12]. Час відбору проб річкової води встановлюється залежно від гідрологічних режимів і може не збігатися для окремих водойм. Проби з водойм беруться з гідрометричних переправ та човнів, а із заболочених ділянок – пішим ходом, спеціальним відром. Проби підземних вод відбираються зі свердловин або питних водозаборів і джерел. Частота відбору проб визначається конкретними гідрогеологічними умовами та уточнюється за результатами вивчення фронту забруднення. Оскільки тритій легко і швидко окислюється у воді, необхідно запобігати випаровуванню відібраних водних проб. Якщо цього не зробити, то вміст тритію у воді буде завищений, тому до початку аналізу проби зберігають у герметично закритому посуді.

При відборі проб атмосферної водяної пари, одним із методів є виморожування (конденсація) прокачаного навколишнього повітря через спеціальну посудину з охолоджуючими пластинами, поміщену в морозильну камеру. Прокачування повітря здійснюється портативною ротативною повітродувкою. Сконцентрований (заморожений) пар зливається в бутель і аналізується на вміст тритію. Нами свого часу було проведено дослідження формування інгаляційної дози від  ${}^3\text{HNO}$  [10; 11]. Так, через високу температуру води ставка-охолоджувача АЕС, навіть у зимові місяці, разом з парами води у повітря постійно надходять пари  ${}^3\text{HNO}$ . На підставі обчисленого нами об'єму винесення  ${}^3\text{H}$  з парами води ставка-охолоджувача, даних абсолютної вологості повітря, інтенсивності виносу парів води з поверхні ставка-охолоджувача

ПУ АЕС за даними метеостанцій м. Вознесенська і ПУ АЕС –  $3,1 \cdot 10^7 \text{ м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$  – обчислено річну ефективну дозу опромінення людини від надходження  ${}^3\text{HNO}$  через випаровування зі ставка-охолоджувача АЕС ( $E_{3\text{H-evap}}^{\text{inhal}}$ ). Цю дозу обчислено за

методикою МАГАТЕ [1; 4; 5] для людей, які можуть перебувати у цьому районі тривалий час – це рибалки, спортсмени, які займаються греблюю та парусним спортом. При цьому враховано середньостатистичні дані тривалості перебування людини в акваторії ставка-охолоджувача АЕС при рибному лову; при спортивних заняттях; а також річного об'єму вдихання повітря людиною  $7,3 \cdot 10^6$  л [11]; річний об'єм вдихання парів води з  ${}^3\text{H}$  складає при рибному лові –  $2,67 \cdot 10^5$  л, при спортивних заняттях –  $3,12 \cdot 10^5$  л. Швидкість вентиляції легенів для рибалок прийнято  $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ , для спортсменів-гребців –  $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ . Виходячи з таких умов річна ефективна доза  $E_{3\text{H-evap}}^{\text{inhal}}$  для рибалок у період 1991–

2005 рр. складала  $0,06 - 0,10 \text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ , для спортсменів, які займаються греблюю,  $0,10 - 0,17 \text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Також ідентифіковано групи людей, які підвернені підвищеному ризику опромінення від  ${}^3\text{H}$  при зрошуваних роботах: за результатами радіоекологічних досліджень, проведених на угіддях зрошувальних систем, які живляться водою з поверхневих водойм, вміст  ${}^3\text{H}$  у складі  ${}^3\text{HNO}$  у зрошувальній воді істотно залежав від його вмісту у ставках-відстійниках АЕС, а для людей, задіяних у зрошуваних роботах (у першу чергу, операторів дошувальних машин), крім надходження  ${}^3\text{H}$  з сільськогосподарськими культурами, існує ризик і від інгаляційного надходження радіонукліду до людини: ефективна доза складала  $(0,5 - 4,0 \text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1})$ . Однак, як зрозуміло, ці величини мали б бути уточненими через прямі вимірювання  ${}^3\text{HNO}$  у повітрі. Поодинокі вимірювання були за допомогою пробовідбірників ПВП-01, які якраз і дозволяли прокачування повітря та конденсування вологи повітря для послідувочої рідинно-сцинтиляційної радіометрії  ${}^3\text{HNO}$  у цих пробах конденсату. Як пояснюють виробники та постачальники радіометричної апаратури, сьогодні вони не відчувають попиту на такі пробовідбірники [14]. Тому потрібно відзначити, що однією з проблем інструментальних методів визначення дозового навантаження на людину від техногенного тритію сьогодні виступає відсутність такого роду пробовідбірників конденсату вологи з атмосферного повітря.

Визначення вмісту тритію в різних середовищах ґрунтується на вимірюванні його активності іонізаційними або сцинтиляційними методами [16], а також на використанні інших фізико-хімічних властивостей цього нукліда за допомогою мас-спектрометричних, калориметричних, фотографічних та інших методів. Вимірюванням активності в деяких випадках можна достовірно визначити вміст тритію в пробі до  $10^{-16}$  г, що відповідає приблизно активності 37 мБк. Так, мас-спектрометричний, спектральний метод, метод ядерного магнітного резонансу та інші засновані на

фізико-хімічних властивостях тритію. Калориметричні методи засновані на вимірі теплової енергії, що виділяється при поглинанні  $\beta$ -випромінювання тритію в речовині. Фотографічні методи засновані на почорнінні фотоемульсії при поглинанні в ній  $\beta$ -частинок тритію. Однак, оскільки тритій випромінює дуже м'яке  $\beta$ -випромінювання, найбільшого практичного застосування знаходить рідинно-сцинтиляційна радіометрія водних фракцій проб. Так, аналіз водних зразків рідинним сцинтиляційним методом має численні переваги перед газово-пропорційним методом, бо в першому випадку водний зразок безпосередньо з'єднується з відповідним сцинтиляційним коктейлем, при цьому потребується мінімальна попередня підготовка, а ефективність підрахунку рідинним сцинтиляційним методом значно є вищою, ніж ефективність при газово-пропорційному підрахунку [8]. Часто для аналізу водних зразків рідинним сцинтиляційним методом застосовується Quantulus-1220 – низькофоновий рідинний сцинтиляційний лічильник призначений для вимірювання гранично низьких рівнів. Quantulus-1220 являє собою рідинно-сцинтиляційну лічильну систему з багатоканальним аналізатором. Quantulus-1220 забезпечений активним (на сцинтиляторі мінерального масла) і пасивним (пасивний щит, зроблений, в основному з кадмію та міді) захистами для зменшення ефектів, пов'язаних із фоновими випромінюваннями. Завдяки цьому, однією з головних характеристик цього лічильника є його відносно низька фонові інтенсивність щодо тритію. На відміну від інших приладів, здатних реєструвати тільки значний вміст тритію в об'єктах довкілля, Quantulus-1220 дозволяє реєструвати тритій у гідросфері на рівні природного вмісту. Він також включає в собі два багатоканальних аналізатора, які дозволяють збирати спектральну інформацію для зразка і фону, що полегшує виявлення будь-яких аномалій. Застосування Quantulus-1220 дозволяє вирішувати дослідницькі завдання не тільки з визначення рівнів забруднення води тритієм, але і щодо дослідження його поведінки у водних системах.

Крім Quantulus-1220, існують також інші рідинні сцинтиляційні лічильники. Наприклад, у дослідженнях японських авторів [6], вимірювання проводяться на низько фоновому рідинному сцинтиляційному лічильнику Aloka LB-2, протягом 1000 хвилин після триденного охолодження досліджуваних зразків. У роботі англійських авторів зазначається, що дослідження проводяться за допомогою сцинтиляційного лічильника Beckman LS6500, який дозволяє проводити вимірювання проб при 20 хвилинній їхній експозиції, а зразок розбавляється сцинтиляційним коктейлем Ultima Gold (Canberra-Packard) в пропорції 1: 4 [7]. Так само існують лічильники на основі рідких сцинтиляторів модельного ряду Tri-Carb (Tri-Carb 2900 TR, Tri-Carb 2750 TR / LL, Tri-Carb 2100 TR, Tri-Carb 3100 TR, Tri-Carb 3170 TR / SL фірми Packard), які використовуються для вимірювання  $\alpha$ - і  $\beta$ -випромінювачів природного і техногенного походження в навколишньому середовищі і в промислових зразках. Ці рідинно-сцинтиляційні детектори володіють високою ефективністю: для низькоенергетичного тритію ефективність реєстрації досягає 60 % [15]. Однак висока коштовність цих радіометрів зарубіжного виробництва та відсутність їхніх українських аналогів не дозволяє проводити широкомасштабні спостереження за вмістом тритію у повітрі, в аерозолях повітря навколо АЕС.

Для вимірювання активності тритію методом рідинно-сцинтиляційної радіометрії підготовка зразків проб води вимагає дистиляції проби для усунення органічних речовин, домішок та інших радіонуклідів, здатних гасити сцинтиляційне світіння випромінювання від тритію, і бідистиляції проби з допомогою холодильника Лібіха. У підготовці водних зразків перед дистиляцією можуть бути деякі відмінності в кількостях та обсягах, що додаються у пробу речовин. При аналізі органічних проб (проби донних відкладень, водних та наземних рослин, сільськогосподарських культур) попередня підготовка проб, зрозуміло, має певні особливості (рис. 3).

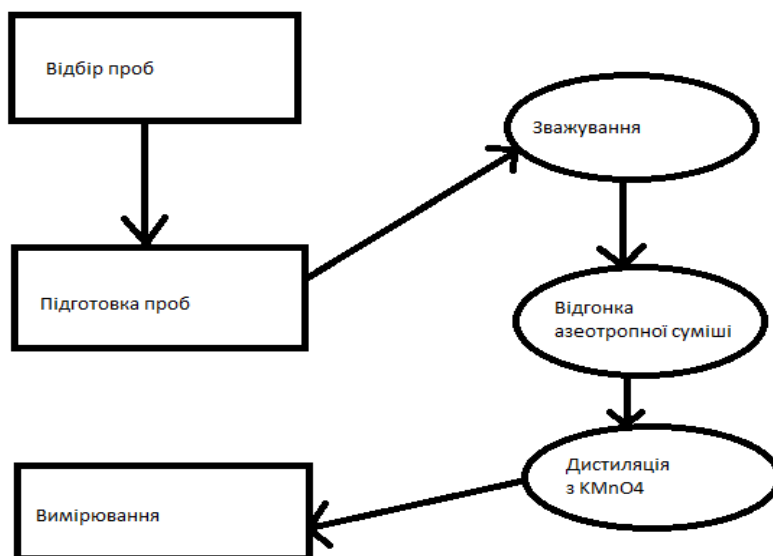


Рис. 3. Схема аналізу органічних проб довкілля на вміст тритію

Існує спосіб підготовки зразків, де крім дистиляції проводиться ще й електролітичне збагачення тритію [2], однак на практиці це майже не застосовується.

Після очищення від органічних речовин та інших радіонуклідів, здатних до гасіння сцинтиляційного свічення тритію, відбувається подальша підготовка проб до вимірювання, яка полягає у підборі необхідного співвідношення проба: сцинтиляційна рідина, що забезпечує досягнення високої ефективності реєстрації світлових сплесків від  $\beta$ -частинок тритію у водно-сцинтиляційній суміші. Так, наприклад, наші дослідження свідчили, що при використанні пластикових безкалійних 10 мл віал та співвідношенні 8:12 (очищена проба: сцинтиляційний коктейль Optiphasе Hisafe 3) при вимірюванні активності тритію на

Quantulus-1220 можна досягти 60 % ефективності реєстрації. Для лічильника Aloka LB-2 в тefлоновій віалі об'ємом 100 мл змішуються 50 мл дистилляту і 50 мл сцинтиляційного коктейлю (Pico-Fluor LLT, Packard). Для вимірювання використовуються поліетиленові або покриті тefлоном віалі, об'ємом 20 мл. Ці матеріали є механічно жорсткими, мають низький рівень власної радіоактивності ( $\beta$ -активності  $^{40}\text{K}$ ).

На підставі численних результатів радіометрії  $^3\text{HNO}$  у різних пробах доквілля [10; 11] нами виведені основні правила та методичні прийоми, які потрібно враховувати у відповідній методиці попередньої підготовки та аналізу проб, які наведено нижче у таблиці 1.

Таблиця 1

**Основні правила та методичні прийоми для кожного з етапів рідинно-сцинтиляційної радіометрії  $^3\text{HNO}$**

Етап аналізу	Основні правила на певному етапі
1. Попередня підготовка проб	До 500 мл проби води додати: 20 мг СаО, 20 мг ВаО, 200-400 мг МnSO <sub>4</sub> , 10-15 мг КМnO <sub>4</sub> . Ретельно збовтати, залишити на добу. Відібрати 50 мл прозорої рідини і кип'ятити з вертикальним холодильником 2 години. Підключити прямий холодильник і відігнати насухо. Донні відкладення масою 200-300 г помістити у колбу, нагріти з прямим холодильником при температурі 90-100 °С і відігнати усю рідину. Далі провести очистку рідини аналогічно, як і з пробами води
2. Очищення	Очищення дистиляцією. Із загального обсягу води та водних фракцій, отриманих після попередньої обробки, відібрати аліквоту об'ємом 10 мл і помістити в апарат з прямим холодильником. При визначенні тритію в донних відкладеннях і забрудненій воді поверхових водойм додають 100-150 мл КМnO <sub>4</sub> і 25-30 мг КМnO <sub>4</sub> , при визначенні його у питній воді. Проби двічі дистилюють, перегонку ведуть насухо.
2.1. Очищення дистиляцією	Отриманий після перегонки дистилат пропустити через активоване вугілля (періодичність заміни фільтра з вугіллям – 10 діб)
2.2. Очищення адсорбцією	
3. Підготовка до вимірювання	3.1. Підготовка посуду: 1) Віалі скляні «Optifase» до аналізу зберігати в темному місці; 2) піпетки набору проб та рідкого сцинтилятора обробляти після кожного аналізу. 3.2. У чистий сухий флакон «Optifase» відібрати 6,5 мл рідкого сцинтилятора і 3,5 мл досліджуваної проби (бідистилят) (при наборі усунути потрапляння сонячних променів). 3.3. Фонову пробу готують додаванням 6,5 мл сцинтиляторі «Optifase Hisafe 3» до 3,5 мл бідистиляту очищеної води.
4. Проведення вимірювання	4.1. Умови вимірювання: – перед вимірюванням підготовлений розчин проби в рідкому сцинтиляторі витримувати в темному місці протягом не менше 0,5 години; – температура вимірювання 7-10 °С; – час вимірювання проби – 120 хв. (при швидкості лічби від проби, близької до фону, час вимірювання збільшити до 240 хв.); – вимірювання кожної проби супроводжувати виміром фону і контролю стабільності роботи установки за зразковим препаратом – стандартний зразковий розчин тритієвої води (СЗРТВ); – при виявленні розбіжностей у величинах фону або зразкового препарату з'ясувати й усунути причину розбіжностей, а потім вже проводити вимір; – якщо усунути причини нестабільності фону або роботи установки не вдається – провести нові виміри цих характеристик. 4.2. З метою збільшення вірогідності результатів радіометрії тритію необхідно проводити: – розрахунок середнього значення фонових показників та контроль їх стабільності – 1 раз на місяць; – визначення коефіцієнту зв'язку за тритієм через вимірювання розчину тритієвої води в рідкому сцинтиляторі «Optifase Hisafe 3» – 1 раз на квартал

В останні роки з'явилося багато експериментальних досліджень ролі органічно зв'язаного тритію (ОЗТ) у воді, ґрунті, рослинності, продуктах харчування, організмі людини. Також слід враховувати, що у загальноприйнятих дозиметричних методиках, заснованих на вимірі  $^3\text{HNO}$ , може значно недооцінюватися небезпека ОЗТ, бо період напіввиведення ОЗТ з організму людини становить більше року, а  $\text{H}_2\text{O}$  –

10 днів [13]. Дози опромінення за рахунок зв'язаної в молекулах ДНК фракції тритію можуть вносити додатково 60 % і більше до величини дози, зумовленої надходженням тритированої води. Але саме ці 60 %, за сучасними даними, відповідальні за ті шкідливі наслідки для здоров'я населення, які змушують посилювати нормативи вмісту його у вигляді  $^3\text{H}_2\text{O}$  в екологічних об'єктах. Тому, якщо в пробах

зовнішнього середовища поблизу ядерних установок міститься в основному ОЗТ, то нормування тритію слід проводити також і для ОЗТ. Однак наявні системи контролю тритію не забезпечують контроль ОЗТ.

#### Висновки

До невирішених питань інструментальних методів визначення дозового навантаження на людину від техногенного тритію можна віднести:

– відсутність пробовідбірників конденсату вологи з атмосферного повітря для визначення  $^3\text{HNO}$  у повітрі поблизу АЕС, в аерозолях випарів зі ставка-охолоджувачі АЕС, в аерозолях повітря при зрошуванні;

– неможливість широкомасштабних спостережень за вмістом тритію у повітрі, в аерозолях повітря навколо АЕС через високу вартість рідинно-сцинтиляційної радіометрії;

– відсутність ефективного методу визначення органічно зв'язаного тритію у пробах об'єктів довкілля.

На підставі численних результатів радіометрії  $^3\text{HNO}$  у різних пробах довкілля поблизу ЮУАЕС показано, що при рідинно-сцинтиляційній радіометрії потрібно враховувати певні правила та методичні прийоми попередньої підготовки та аналізу проб для визначення  $^3\text{HNO}$  в об'єктах довкілля.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Atmospheric dispersion models for application in relation to radionuclide releases. IAEA. – Vienna, 1986. – 654 p.
2. Baeza A. A procedure for the determination of very low activity levels of tritium in water samples / Baeza A., Garcia E., Miro C. // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry/ – Vol. 241, No. 1 – 1999 – Pp. 93-100.
3. Bolsunovsky A. Ya. Tritium in surface water of the Yenisei River basin / A. Ya. Bolsunovsky, L. G. Bondareva // Journal of Environm. Radioact. – 2003. – V.66. – P. 285–294.
4. IAEA, 1980. Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting. A Safety Guide. IAEA Safety series. – № 50.
5. IAEA, 1982. Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases. Exposures of critical groups. IAEA Safety series №57.
6. Momoshima N. Tritium concentrations of river water on northern and southern islands of Japan / Momoshima N., Poppy I. T., Inoue N., Tkashima Y. // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles / Vol. 150, No. 1 – 1991 – Pp. 163–169.
7. Turner A. Distribution of tritium in estuarine waters: role of organic matter / Turner A., Millward G. E., Stemp M. // Journal of Environment Radioactivity. – 2009. – Vol. 100. – P. 890–895.
8. Varlam C. Comparative study between external standard method and internal standart method for low-level tritium measurements / Varlam C., Ionita G., Stefanescu I., Steflea D. // International Conference «Nuclear Energy in Central Europe 2001». – Slovenia, 2001.
9. Бондарева Л. Г. Новые данные по содержанию трития в одном из притоков реки Енисей / Л. Г. Бондарева, А. Я. Болсуновский // ДАН. – 2002. – Т. 385. – № 5. – С. 714–717.
10. Григорьева Л. И. Формирование дозовой нагрузки на человека на территории, подвергающейся выбросам АЭС / Л. И. Григорьева // Сб. науч. тр. Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – Т. 50. – № 6. – С. 619–632.
11. Григор'єва Л. І. Формування радіаційного навантаження на людину в умовах півдня України: чинники, прогнозування, контрзаходи : монографія / Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. – Миколаїв : Видавничий центр ЧДУ імені Петра Могили, 2009. – 332 с. <http://lib.chdu.edu.ua/index.php?m=9&b=35>.
12. Иваницкая М. В. Источники поступления трития в окружающую среду / М. В. Иваницкая, А. И. Малафеева // Тритий – это опасно. – Челябинск, 2001. – С. 22–38.
13. Кабанов Д. И. К обоснованию контроля органически связанного трития в окружающей среде ядерных установок / Кабанов Д. И., Кочетков О. А., Фомин Г. В., Вайзер В. И., Веселов В. М. Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез, 2012, вып. 1, с. 17–22.
14. Самочерних С. В. Обладнання фірми Canberra Packard для АЕС та моніторинга довкілля / Самочерних С. В. // XI м/н наук.-практ. конф. «Радіаційна та техногенно-екологічна безпека людини і довкілля: стан, шляхи покращення», м. Одеса, 9–12 травня 2015 р.
15. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика / Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 286 с.: гл. – (Методы в химии).
16. Усачев В. Л. Тритий в промышленных водоемах ПО «Маяк» / В. Л. Усачев // Тритий – это опасно. – Челябинск, 2001.

Л. И. Григорьева, А. А. Клесова, Е. А. Литвинова, Ю. А. Томилин,  
Черноморский государственный университет  
имени Петра Могили, г. Николаев, Украина

#### НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА ЧЕЛОВЕКА ОТ ТЕХНОГЕННОГО ТРИТИЯ

На основании анализа известных методов, используемых при определении содержания трития в объектах окружающей среды, определены основные правила и методические приемы для каждого из этапов жидкостно-сцинтилляционной радиометрии  $^3\text{HNO}$ . Указаны нерешенные вопросы инструментальных методов определения дозовой нагрузки на человека от техногенного трития.

**Ключевые слова:** тритий; жидкостно-сцинтилляционная радиометрия; окружающая среда.

L. I. Grigorieva, A. O. Klosova, K. O. Litvinova, Yu. A. Tomilin,  
*Petro Mohyla Black Sea State University, Mykolaiv, Ukraine*

**ACUTE PROBLEMS OF INSTRUMENTAL METHODS OF THE DOSE LOADING  
DETERMINATION ON A HUMAN BEING FROM TECHNOGENIC TRITIUM**

*On the basis of analysis of the known methods of tritium maintenance determination in the objects of environment, basic rules and methodical receptions are defined for each of the stages of  $^3\text{HHO}$  liquid-stintillation radiometry. Acute problems of instrumental methods of the dose loading determination on a human being from technogenic tritium are indicated.*

**Key words:** *tritium; liquid-stintillation radiometry; environment.*

**Рецензенти:** *Чорна В. І., д-р біол. наук, професор;  
Клименко Л. П., д-р техн. наук, професор.*

© Григор'єва Л. І., Кльосова А. О.,  
Літвінова К. О., Томілін Ю. А., 2015

*Дата надходження статті до редколегії 05.05.2015*