

УДК 006.833:[631.67:614.876

Григор'єва Л. І., Алексєєва А. О.

## ДОПОВНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ ЗРОШУВАЛЬНОЇ ВОДИ НОРМАТИВАМИ ВМІСТУ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН

У статті досліджено проблеми стандартизації екологічних показників оцінювання якості зрошувальної води за вмістом радіоактивних речовин. Подано результати досліджень з визначення нормативних величин вмісту у зрошувальній воді ряду радіонуклідів, які потрапляють у навколишнє середовище з викидами і скидами АЕС:  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ . Дослідження ґрунтувалися на проведеному експерименті за природних умов і дали змогу визначити нормативні величини для двох найпоширеніших способів зрошення: дощування, краплинне зрошення.

**Ключові слова:** радіонукліди, зрошувальна вода, нормування.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** На півдні України виробляють значну частину експортованих сільськогосподарських рослин. Однак основна частина сільськогосподарського виробництва цього регіону (Херсонська, Миколаївська, Одеська області) функціонує у зоні ризикового землеробства, що обумовлено кліматичними й метеорологічними чинниками. Досягнення високих показників виробництва сільськогосподарської продукції, насамперед продукції рослинництва, на півдні України неможливо без зрошення під час вирощування сільськогосподарських культур. При цьому, незалежно від походження, всі води, які використовують для зрошення, повинні відповідати загальній вимозі – не погіршувати властивостей ґрунтів та бути безпечними за вмістом токсичних і небезпечних речовин для сільськогосподарської рослини й для людини.

Нині іригаційне оцінювання води в Україні проводять за державним стандартом України ДСТУ 2730–97 «Якість води для зрошення. Агрономічні критерії» [11] і Відомчим нормативним документом ВНД 33-5,5-12–97 «Якість води для зрошення. Екологічні критерії» [2]. Екологічні критерії регламентуються ще двома стандартами: ДСТУ 7286:2012 «Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії» [12] і ДСТУ «Якість води для систем крапельного зрошення. Агрономічні і екологічні критерії» [13]. Однак показників якості зрошувальної води за вмістом радіоактивних речовин у них немає, хоча сформульовані екологічні критерії мають їх передбачати: відповідно до державних стандартів [2, 12, 13] нормуванню за екологічними критеріями підлягають такі показники:

- загальноекологічні та еколого-гігієнічні;
- еколого-токсикологічні;
- санітарно-бактеріологічні;
- радіоактивні речовини.

Для перших трьох груп показники якості зрошувальної води наведено, а для групи радіоактивних речовин прописано, що їх нормують згідно з чинним нормативним документом. Такого документа з цього оцінювання якості зрошувальної води немає, на що вказують й інші дослідники [16, 17], а також зазначено у нашій публікації [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У питанні якості зрошувальних вод лише за останніх 20 років накопичено значний науковий матеріал. Це, насамперед, стосується токсикологічних показників якості зрошувальної води. Проте багато науково-методичних і прикладних питань усе ще залишаються не вирішеними [17]. Зокрема, мало розроблено методичні підходи до якості зрошувальної води з позицій радіаційної та радіаційно-

гігієнічної безпеки [16, 19]. При цьому у південному регіоні України для зрошення сільськогосподарських угідь в основному використовують поверхневі води (річкові, озерні, водосховища), які можуть бути забруднені радіонуклідами через наявність у регіоні різноманітних чинників: Южноукраїнська та Запорізька АЕС (9 енергоблоків), гірничодобувні й гірничо-переробні комбінати у Кіровоградській та Миколаївській областях, підприємства Криворізького гірничопромислового басейну, гідрометалургійний завод з перероблення уранової руди тощо. На вміст радіонуклідів у поверхневих водоймах півдня України також впливають підприємства нафтової, газової, вугільної промисловості і теплової енергетики, що обумовлено викидами, скидами і відходами з природними радіонуклідами. Свій внесок в обстановку можуть робити й АЕС Болгарії, Румунії, Угорщини, які розташовані в безпосередній близькості.

**Мета статті.** Формулювання екологічного критерію оцінювання якості зрошувальних вод за принципом радіаційної безпеки та розрахунок показників якості зрошувальної води за вмістом радіоактивних речовин для доповнення відповідного національного стандарту.

**Виклад основного матеріалу.** Ґрунтуючись на термінології нормативно-технічних документів [12, 13], можна сформулювати екологічний критерій вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді так: якість води для зрошення встановлюють з урахуванням потреби забезпечення безпечного радіаційного стану й охорони навколишнього середовища від радіаційного забруднення. Аналогічно оцінку якості води для зрошення за цим критерієм можна визначити як таку, що проводять для запобігання радіаційному впливу на компоненти природного середовища та на здоров'я людини.

Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у харчових продуктах наразі контролюють за державним гігієнічним нормативом [4], відповідно до якого величини допустимих рівнів забезпечують неперевищення границі річної ефективної дози опромінення населення 1 мЗв за рахунок внутрішнього опромінення від суми радіонуклідів. Цей підхід доцільно використати під час нормування вмісту радіонуклідів у зрошувальній воді. Тобто логічно прийняти як показник, за яким можна оцінювати безпечність та якість зрошувальної води відносно вмісту радіоактивних речовин, – ефективну еквівалентну дозу  $H$  (Зв), як показник, який використовують у радіаційному захисті та який є мірою ризику виникнення віддалених наслідків опромінення (стохастичних ефектів) тіла людини та окремих її органів і тканин з урахуванням їхньої радіочутливості.

За кінетичними моделями транспортування радіонуклідів у травному тракті людини [1] ефективну еквівалентну дозу опромінення людини може бути обчислено, зважаючи на вміст радіонуклідів у продукті харчування:

$$H_i = R_i \times \sum_j (C_{ij} \times M_j), \quad (1)$$

де  $H_i$  – річна ефективна еквівалентна доза від надходження радіонукліда  $i$  з продуктами харчування, виробленими із сільськогосподарських культур;  $C_{ij}$  – вміст радіонукліда  $i$  у продукті харчування, виробленому із сільськогосподарської культури  $j$ , Бк/кг;  $M_j$  – споживання дорослою людиною продукту харчування, виробленого із сільськогосподарської культури  $j$ , кг/рік;  $R_i$  – дозова ціна радіонукліда  $i$ , Зв/Бк.

Для продуктів харчування, вироблених зі зрошувальних сільськогосподарських культур, вміст радіонукліда  $C_{ij}$  може бути визначено, враховуючи концентрацію цього радіонукліда у зрошувальній воді й знаючи коефіцієнти переходу радіонукліда зі зрошувальної води до рослини:

$$C_{ij} = C_i^{ir} \times k_{ii}, \quad (2)$$

де  $C_i^{ir}$  – концентрація радіонукліда і у зрошувальній воді, Бк/л; коефіцієнт переходу радіонуклідів зі зрошувальної води  $k_{ji}$  [ $10^{-3}$  (Бк/кг – вологої маси)/(Бк/ м<sup>2</sup> – угідь)] – співвідношення між питомою радіоактивністю біомаси (Бк/кг вологої маси) і надходженням радіоактивності зі зрошувальною водою на одиницю площі зрошуваних сільськогосподарських угідь (кБк/м<sup>2</sup>).

Враховуючи формули (1), (2), можна вивести формулу для обчислення допустимих концентрацій радіонуклідів у зрошувальній воді:

$$CC_i = \frac{H}{R_i \cdot \sum_j (k_{ji} \cdot N_j \cdot M_j)} \quad (3)$$

де  $CC_i$  – допустима концентрація радіонукліда і у зрошувальній воді, Бк/л;  $H$  – границя ефективної еквівалентної дози,  $1 \cdot 10^{-5}$  Зв/рік;  $N_j$  – норми зрошення сільськогосподарської культури, м<sup>3</sup>/га.

Формулу (3) використано під час обчислення  $CC_i$ . Як видно з цієї формули, головне завдання полягало у визначенні коефіцієнтів переходу радіонуклідів зі зрошувальної води  $k_{ji}$ . Для цього використано матеріали проведеного натурального експерименту на території трьох господарств Миколаївщини [6]. Експеримент проведено у зоні різних типів ґрунтів: чорноземи південні, чорноземи каштанові, чорноземи звичайні, на яких вирощували основні сільськогосподарські культури: озиму пшеницю (Безоста-1), люцерну (Херсонська-1), буряк (Бордо-237), моркву (Балтімор), кукурудзу (ВИР-42МВ), картоплю (Слава), томати (Волгоградські), огірки (Ніжинські), капусту (Амагер), перець солодкий (Атлант). У процесі вегетації сільськогосподарських культур для кожної із них виконували весь агротехнологічний комплекс робіт (щодо сівби, міжрядкового оброблення, внесення добрив і знищення бур'янів) згідно зі складеними технологічними картами; строки й обсяги зрошення – відповідно до встановлених норм: для способу дощування згідно з [3, 18], для крапельного зрошення – згідно з [14]. Порівняння зрошувальних норм для цих двох способів зрошення наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Зрошувальні норми  $N_j$  для основних сільськогосподарських культур, м<sup>3</sup>/га**

Культура	Дощування [3, 18]	Крапельне зрошення [14]
Озима пшениця	3 000	–
Буряк	3 100	240 – 300
Морква	3 800	215 – 260
Багаторічні трави	4 200	–
Картопля	2 600	–
Капуста	3 200	110 – 140
Перець солодкий	2 800	130 – 180
Огірки	3 800	100 – 150
Томати	3 500	175 – 250

Для наближення експериментального зрошення до фактичного способом дощування використано спеціальну установку «Інгул» із середньоструйними дощувальними апаратами «Роса-1», які давали змогу розбризкувати способом дощування на експериментальних

ділянках спеціально приготовлені розчини радіоактивних речовин ( $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{89,90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ). Вибір цих радіонуклідів обумовлено наявністю їх у викидах та скидах АЕС. Засіб розпилення води в установці був таким самим, як і в дощувальних установках «Фрегат», що широко використовують у зрошувальному землеробстві.

Також в експерименті вивчено перехід цих радіонуклідів для іншого способу зрошення – зрошення за борознами. Полив за борознами застосовували для зрошення овочевих, технічних, баштанних культур і картоплі, а також садів і виноградників. За способом потрапляння води до сільгоспрослини (кореневий спосіб) цей тип зрошення однаковий із сучасним новітнім способом зрошення – краплинним. Тому результати експерименту з вивчення переходу радіонуклідів із ґрунтів у сільгоспкультури у разі зрошення за борознами можна використовувати під час визначення відповідних нормативних величин, застосовуючи при цьому зрошувальні норми саме для краплинного зрошення (табл. 1). Повністю методику експерименту викладено у [6].

За результатами натурного експерименту вивчали вміст радіонуклідів у сільськогосподарських культурах, вирощених в умовах зрошення, залежно від їх вмісту в зрошувальній воді, що дало змогу визначити коефіцієнти переходу радіонуклідів у сільськогосподарські культури: коефіцієнт переходу радіонуклідів зі зрошувальної води  $k_{Li}$  [ $10^{-3}$  (Бк/кг – вологої маси)/(Бк/м<sup>2</sup> – угідь)]. Ці коефіцієнти переходу для обох способів зрошення подано у таблиці 2.

Таблиця 2

**Коефіцієнти переходу  $k_{Li}$  радіонуклідів у сільськогосподарські культури у разі зрошення різними способами,  $10^{-3}$  (Бк/кг)/(Бк/м<sup>2</sup>)**

Радіонуклід	Спосіб зрошення	Озима пшениця «Безоста-1» (зерно)	Люцерна «Херсонська-1»	Кукурудза «ВІР-42МВ» (зерно)	Буряк «Бордо-237» (коренеплід)	Морква «Балтімор»	Картопля «Слава»	Томати «Волгоградські» (плоди)	Огірки «Ніжинські» (плоди)	Капуста Амагер» (кочан)	Перець солодкий «Атлант»
$^{134,137}\text{Cs}$	Краплинне	1,0	2,5	0,4	0,6	0,6	0,7	0,3	0,4	0,5	0,5
	Дощування	2,0	6,0	0,6	0,8	0,9	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8
$^{58,60}\text{Co}$	Краплинне	4,5	2,5	0,5	2,4	2,4	2,4	0,2	0,8	0,7	0,7
	Дощування	11,0	4,0	1,0	2,5	2,8	2,8	0,6	1,1	1,1	1,1
$^{89,90}\text{Sr}$	Краплинне	3,0	7,0	0,07	0,8	0,8	0,8	0,3	0,4	0,8	0,8
	Дощування	4,0	7,0	0,13	0,8	0,9	1,0	1,0	0,4	1,0	1,1
$^{54}\text{Mn}$	Краплинне	8,0	2,0	0,1	3,0	3,0	3,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	Дощування	9,0	3,0	0,2	4,0	4,0	4,2	0,2	0,4	0,2	0,3
$^{65}\text{Zn}$	Краплинне	17,0	10,	7,0	3,0	3,0	3,0	1,0	0,6	1,5	1,5
	Дощування	32,0	12,	12,0	3,0	3,1	3,4	3,0	2,0	2,0	2,0
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	Краплинне	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
	Дощування	0,5	0,8	0,8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
$^{106}\text{Ru}$	Краплинне	0,4	0,4	0,03	0,08	0,08	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
	Дощування	1,4	0,7	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4

Як видно з результатів обчислення, коефіцієнти переходу радіонуклідів у разі зрошення дощуванням були в 1,5 – 2,0 рази вищими, ніж у разі зрошення краплинним способом. Це, насамперед, пояснюється наявністю в разі дощування двох способів надходження радіонуклідів у рослину: через листя і через коріння. У разі краплинного способу зрошення наявний лише кореневий спосіб надходження радіонуклідів, які є у зрошувальній воді.

На підставі визначених коефіцієнтів переходу  $k_{li}$  за формулою (3) виконано обчислення допустимих рівнів радіонуклідів у зрошувальній воді. При цьому за референтне значення взято максимальні за 2007–2017 роки величини споживання продуктів харчування населенням Миколаївської області [8–10]: хліб – 125 кг/рік, молоко й молочні продукти – 602 кг/рік, м'ясо і м'ясопродукти – 42 кг/рік, картопля – 154 кг/рік, овочі, фрукти – 150 кг/рік. Допущено, що населення споживає продукти харчування, а худоба фураж лише зі зрошуваних угідь. Вміст радіонуклідів у тваринній продукції обчислено за коефіцієнтами переходу радіонуклідів із добового раціону молочної худоби у молоко і в м'ясо [3, 15], при цьому обсяг добового споживання корму молочною худобою взято за даними Миколаївського виробничого об'єднання «Еліта» [15]: у зимовий період – близько 29 кг, із яких силос – 20 кг, комбікорм, сіно люцерни – 9 кг; у літній період – близько 46 кг, із яких люцерна та різні трави – 40 кг, комбікорм – 6 кг.

Результати обчислення допустимих концентрацій радіонуклідів у зрошувальній воді, отримані під час використання в обчисленні максимальних значень коефіцієнтів переходу  $k_{li}$ , наведено в таблиці 4.

Таблиця 3

**Величини допустимих концентрацій радіонуклідів  $CC_i$  у зрошувальній воді, що використовують для зрошення сільськогосподарських угідь, Бк/л**

Радіонуклід	Спосіб дощування	Спосіб краплинного зрошення
$^{89}\text{Sr}$	0,15	6,00
$^{90}\text{Sr}$	0,25	8,75
$^{134}\text{Cs}$	0,70	26,50
$^{137}\text{Cs}$	1,00	38,00
$^{110}\text{Ag}$	6,00	150,00
$^{54}\text{Mn}$	44,00	880,00
$^{58}\text{Co}$	20,00	400,00
$^{60}\text{Co}$	8,00	300,00
$^{65}\text{Zn}$	1,00	37,00
$^{106}\text{Ru}$	38,00	760,00

Як видно, допустимі концентрації для кожного радіонукліда відрізняються у 20–40 разів для різних способів зрошення. Для способу дощування, за якого використовують значно більші об'єми води та для якого характерним є наявність переходу радіонуклідів у зрошувану сільськогосподарську культуру двома способами (через листя й через коріння), допустимі концентрації радіонуклідів у зрошувальній воді більші у 20 – 40 разів за відповідні величини допустимих концентрацій для краплинного способу зрошення.

Вважаємо, що ці рівні допустимих концентрацій радіонуклідів можуть слугувати основою під час оцінювання якості зрошувальної води за екологічним критерієм вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді. Тобто нормативно-технічні документи [12, 13] може бути доповнено нормативами для оцінювання якості зрошувальної води за показником вмісту радіоактивних речовин.

**Висновки.** Екологічний критерій вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді можна сформулювати так: якість води для зрошення встановлюють з урахуванням потреби забезпечення безпечного радіаційного (радіоекологічного) стану й охорони навколишнього середовища від забруднення. Оцінку якості води для зрошення за цим критерієм можна визначити як таку, що проводять для запобігання радіаційному впливу на компоненти природного середовища та на здоров'я людини.

Отримано величини допустимих концентрацій у зрошувальній воді радіонуклідів, які потрапляють у навколишнє середовище з викидами і скидами АЕС:  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{110m}\text{Ag}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ . Через суттєву відмінність (10–20 разів) між нормами зрошення для різних способів зрошення (дощування і крапельне зрошення) та відмінність (1,5–2,0 рази) між коефіцієнтами переходу радіонуклідів зі зрошувальної води у сільськогосподарські культури величини допустимих концентрацій вказаних радіонуклідів у зрошувальній воді способом дощування виявилися більшими у 20–40 разів за відповідні величини допустимих концентрацій для краплинного способу зрошення.

Отримані результати можуть слугувати основою для внесення коректив до державних стандартів з оцінки якості зрошувальної води.

Перспективи подальших досліджень полягають у пошуку екологічних критеріїв оцінки якості зрошувальної води за вмістом радіоактивних елементів, враховуючи радіаційно-екологічний принцип безпеки зрошувальних вод, що передбачає використання екосистемних підходів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ICRP Publication 67. Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2. Ingestion Dose Coefficients. – Oxford: Pergamon Press, 1993. – 166 p.
2. ВНД 33-5.5-02-97 Якість води для зрошення. Екологічні критерії. – Харків, 1998. – 15 с.
3. Временные рекомендации по контрольным (допустимым) концентрациям радионуклидов в воде, используемой для полива сельхозугодий в районах АЭС. – М: МОЗ СРСР, 1988
4. ГН 6.6.1.1-130-2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді
5. Григор'єва Л. І. Якість зрошувальної води: підходи до розробки радіаційно-гігієнічних критеріїв. Зб. наук. праць Одеської держ. академії технічного регулювання і якості. – Вип. 2(7). – 2015. – С. 9.
6. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Радіоекологічні та радіобіологічні аспекти зрошеного землеробства півдня України. – Миколаїв, 2006. – 264 с.
7. Дані споживання продуктів харчування у 2007 р. – Миколаївське статистичне управління. – Миколаїв, 2007. – 10 с.
8. Дані споживання продуктів харчування у 2010 р. – Миколаївське статистичне управління. – Миколаїв, 2010 – 9 с.
9. Дані споживання продуктів харчування у 2011 р. – Миколаївське статистичне управління. – Миколаїв, 2011. – 9 с.
10. Дані споживання продуктів харчування у 2017 р. – Миколаївське статистичне управління. – Миколаїв, 2017. – 10 с.
11. ДСТУ 2730-94 Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. – К. : Держстандарт України, 1994. – 14 с.

- 12.ДСТУ 7286:2012 Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії. – К. : Мінекономрозвитку України – 2013. – 14 с.
- 13.ДСТУ Якість води для систем крапельного зрошення. Агрономічні і екологічні критерії. – К. : Держстандарт України, 2015. – 16 с.
- 14.ДСТУ 7596:2014 Мікрозрошення. Краплинне зрошення овочевих культур. Загальні вимоги та методи контролювання. – К. : Мінекономрозвитку України, 2015. – 12 с.
- 15.Звіт про виробництво продукції тваринництва, кількість сільськогосподарських тварин і забезпеченість їх кормами. – Миколаїв : ВО «Еліта», 2010. – 27 с.
- 16.Козленко Є. В. Вплив умов формування води Інгулецької зрошувальної системи на агрономічні та екологічні показники її якості. – Зрошуване землеробство. – Вип. 56. – 2011. – С. 164.
- 17.Лозовіцький П. С. Наукові основи управління екологічною безпекою зрошуваних земель півдня України : Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. – Київ, 2015. – 380 с.
- 18.Рекомендации по расчету уровней возможного поступления радионуклидов населению с продуктами питания, полученными на поливных угодьях при использовании воды водоема-охладителя для нужд орошения /Бархударов Р. М., Хамьянов Л. П., Томилин Ю. А. и др. (К., 1988). – 7 с.
- 19.Якименко А. Н. Оценка качества воды Киевского водохранилища по показателям радиационной безопасности. – Химия и технология воды. – Вып. 35. – 2013. – 341 с.

**Григорьева Л.И., Алексеева А.О.**

#### **ДОПОЛНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НОРМАТИВАМИ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

*В статье исследованы проблемы стандартизации экологических показателей оценки качества оросительной воды по содержанию радиоактивных веществ. Представлены результаты исследований по определению нормативных величин содержания в оросительной воде ряда радионуклидов, которые попадают в окружающую среду с выбросами и сбросами АЭС:  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{89,90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ . Исследования базировались на поставленном эксперименте в естественных условиях и позволили определить нормативные величины для двух самых распространенных способов орошения: дождевание, капельное орошение.*

**Ключевые слова:** радионуклиды, оросительная вода, нормирование.

**L.Grygorieva, A.Aleksieieva**

#### **ADDITION OF ENVIRONMENTAL CRITERIA OF IRRIGATION WATER QUALITY BY THE STANDARDS OF RADIOACTIVE SUBSTANCES CONTENT**

*The problems of standardization of irrigation water quality ecological indicators by the content of radioactive substances are investigated in the article The results of researches of the determination the normative values of the content in the irrigation water of a number of radionuclides that enter the environment with emissions and discharges of nuclear power plants:  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{89,90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  are shown. The researches were based on the set experiment in natural conditions and allowed to determine the normative values for the two most common irrigation methods: sprinkling, drip irrigation.*

**Keywords:** radionuclides, irrigation water, rationing.

Рецензент: Андреев В.І., канд. техн. наук, доцент, начальник відділу аспірантури і докторатури ЧНУ ім. Петра Могили, м. Миколаїв