

РОЛЬ РАДІОЗАХИСНИХ ЗАХОДІВ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ У ФОРМУВАННІ ДОЗОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЛЮДИНУ: ВІД ЧОРНОБИЛЯ ДО ФУКУСИМИ

Порівнюється ефективність різних радіозахисних заходів (контрзаходів) при веденні сільськогосподарського виробництва на забруднених радіонуклідами територіях у зонах аварії на Чорнобильській АЕС і АЕС «Фукусіма-1». Показано, що їх вплив на зниження надходження і накопичення радіонуклідів у продукції рослинництва і тваринництва, а, відповідно, формування дози внутрішнього опромінення людини за рахунок продуктів харчування, у різних умовах неоднаковий і залежить, головним чином, від радіонуклідного складу забруднення, типу ґрунту та профільної спрямованості і спеціалізації виробництва.

Ключові слова : радіаційні аварії, Чорнобильська АЕС, АЕС «Фукусіма-1», аграрне виробництво, контрзаходи.

Сравнивается эффективность различных радиозащитных приемов (контрприемов) при ведении сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами территориях в зонах аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1». Показано, что их влияние на снижение поступления и накопления радионуклидов в продукции растениеводства и животноводства, а, следовательно, формирование дозы внутреннего облучения человека за счет продуктов питания, в различных условиях неодинаково и зависит, главным образом, от радионуклидного состава загрязнения, типа почвы и профильной направленности и специализации производства.

Ключевые слова : радиационные аварии, Чернобыльская АЭС, АЭС «Фукусима-1», аграрное производство, контрприемы.

The efficiency of different radioprotective measures (countermeasures) while agricultural production keeping at territories contaminated by radionuclides after the accidents at Chernobyl NPP and NPP «Fukushima-1» are compared. It is shown, that its influence on the decreasing of uptake and accumulation of radionuclides in plant-breeding and animal-breeding production, and, accordingly, on formation of human internal dose on due to foodstuffs in unequal in different conditions and depends mainly on radionuclide composition of contamination, soil type and profile orientation and specialization of enterprise.

Key words : radiation accidents, Chernobyl NPP, NPP «Fukushima-1», agricultural production, countermeasures.

Першою і основною ланкою, що приймає радіонукліди з атмосфери, їх акумулятором і депонентом є ґрунт, а точніше – сільськогосподарські угіддя. Саме з цієї ланки через продукцію рослинництва і тваринництва трофічними ланцюгами починають радіонукліди свій шлях до людини, формуючи дозу внутрішнього опромінення. У населення, що мешкає на забруднених радіонуклідами територіях, внесок дози внутрішнього опромінення, яку воно отримує з продуктами харчування, у дозу загального опромінення, може досягати 90-95 % [1].

Аварії на Чорнобильській АЕС і АЕС «Фукусіма-1» (Фукусіма Даїчі) об'єднує не тільки масштабність – це найбільші радіаційні аварії за всю історію розвитку ядерної енергетики, котрим присвоєно по сім балів за

шкалою INIS, а й те, що їх можна назвати сільськогосподарськими аваріями, навіть лісосільськогосподарськими – обидві відбулися у зонах розвинутого землеробства, значну територію яких займають ліси. Відповідно, населення забруднених радіонуклідами територій – це здебільш сільські жителі, які за рахунок споживання місцевих продуктів і побічної продукції лісу отримують дозу внутрішнього опромінення – більшу, іноді у багато разів, ніж мешканці міст. І від реалізації радіозахисних заходів в аграрному виробництві, спрямованих на зменшення надходження і накопичення радіонуклідів в продукції рослинництва і тваринництва, залежить величина дози, яку отримують не тільки жителі сільських місцевостей, а й мешканці міст, які також споживають цю продукцію. Отже, відпові-

дальність за радіаційну безпеку населення країни фактично покладається на виробника сільськогосподарської продукції.

Ще при мінімізації наслідків Киштимської аварії в Челябінській області, що відбулася у 1957 р., були розроблені основні організаційні принципи ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях, радіозахисні прийоми (контрзаходи) у рослинництві й тваринництві, які сприяли зменшенню накопичення радіонуклідів у продукції [2]. Вони успішно пройшли випробування в умовах післяаварійного періоду в зоні Чорнобильської АЕС, були вдосконалені та доповнені [3; 4]. В умовах Полісся на найбільш забруднених радіонуклідами дерново-підзолистих ґрунтах різного ступеня опідзоленості і торф'яно-болотних ґрунтах, які мають кислу реакцію, бідні практично на всі поживні речовини такі прийоми, як вапнування, внесення підвищених норм фосфорних і калійних добрив, органічних добрив, застосовані як окремо, так і у різних комбінаціях, дозволили знизити надходження ^{137}Cs у рослини в 2,5-4 разів і ^{90}Sr у 1,5-3 разів, відповідно зменшуючи дозу внутрішнього опромінення людини в 1,5-3 рази [4-5].

Але ці заходи виявилися малоефективними в умовах радіонуклідного забруднення унаслідок аварії на АЕС «Фукусіма-1» суглинистих і глинистих каштанових ґрунтів важкого гранулометричного складу з потужним гумусовим горизонтом. По-перше, ці ґрунти мають близьку до нейтральної слабоекислої реакцію ґрунтового розчину, і проведення вапнування на них слабо впливає на рухомість іонів цезію. По-друге, в умовах забруднення угідь внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС вапно, як джерело кальцію, виконує і роль радіоблокатора по відношенню до ^{90}Sr . Але цей радіонуклід практично відсутній в аварійних викидах АЕС «Фукусіма-1». З цієї ж причини немає необхідності у внесенні фосфорних добрив, дія яких пов'язана з переведенням ^{90}Sr у малорозчинний стан. По-третє, ці ґрунти більшою мірою забезпечені елементами живлення, в тому числі калієм, і внесення калійних добрив мало впливає на надходження в рослини ^{137}Cs . І, по-четверте, ці ґрунти за рахунок високого вмісту гумусу (до 8%), макро- і мікроелементів, потужного ґрунтово-вбирного комплексу здатні до фіксації цього радіонукліду і прискорення його так званого «старіння» – переходу у важко доступний для рослин стан. Останнє, безперечно, слід віднести до позитивних якостей цих ґрунтів, так як це свідчить про високу потенційну автореабілітаційну здатність.

Саме тому, як показали досліді першого року, в умовах Японії найбільш ефективними виявилися такі прийоми, як глибока оранка плантажним плугом з переміщенням забрудненого верхнього шару ґрунту на глибину 30-40 см [6], зняття верхнього забрудненого шару ґрунту завтовшки 3-5 см [7], поверхневе застосування сорбуючих матеріалів з наступним їх збиранням і видаленням [8], скаламучування води у рисових чеках з наступним її відбором і очищуванням від радіонуклідів [9]. З їх допомогою вдається на порядок і більше очистити ґрунт від радіонукліду, знизити його перехід у рослини і, відповідно, у 5-7 разів зменшити дозу опромінення людини.

Ці у цілому відомі, за винятком останнього, прийоми випробувалися, але не застосовувалися широко на забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угіддях в умовах аварії на Чорнобильській АЕС, з одного боку, у зв'язку з їх економічною недоцільністю в умовах країн СНД, а, з іншого, у зв'язку з тим, що внаслідок реалізації більшості з них виникає величезна кількість матеріалу, який являє собою радіоактивні відходи. Тільки при знятті 3-сантиметрового шару ґрунту з одного гектару угідь виникає 300 м³ забрудненого радіонуклідами ґрунту загальною масою близько 500 т.

В умовах дослідів, що проводяться в Японії, відносно невеликих обсягів забрудненого ґрунту, він тимчасово складається у великих поліетиленових пакетах і розміщується у бетонних спорудах, котрі обмежують його як джерело зовнішнього опромінення. Робляться спроби зменшення обсягів таких відходів шляхом випалювання радіоактивного цезію з ґрунту при нагріванні у спеціальних печах до температури 1300⁰С з наступним уловлюванням його на фільтрах і похованням. Мінеральний продукт, що виникає після випалу ґрунту, планується використовувати у якості будівельного матеріалу. Проте виробність такої технології в умовах однієї експериментальної установки невелика – лише близько 2 кг ґрунту за годину [10].

Як в умовах аварії на Чорнобильській АЕС, так і АЕС «Фукусіма-1», низьку ефективність виявив прийом фітодезактивації ґрунту за допомогою різних видів рослин, що мають відносно високі коефіцієнти накопичення і переходу радіонуклідів та формують велику фітомасу (соняшник, амарант, люпин та інші) [11-12]. До того ж, його застосування також супроводжується утворенням великої кількості радіоактивних відходів. І в цілому визнано недоцільним використання рослин-накопичувачів радіонуклідів для очищення ґрунту [13].

В галузі тваринництва високу ефективність щодо обмеження накопичення радіоактивного цезію у молоці і м'ясі виявляє покращення кормової бази за рахунок Perezалуження, особливо докорінне, луків і пасовищ, додавання до раціону тварин, у першу чергу, великої рогатої худоби, ентеросорбентів фероцину (берлінська лазур, прусський блакитний) та інших. Як свідчить досвід російських і білоруських [14], а також українських вчених [15], підтверджений і японськими дослідниками [16-18], ці прийоми дозволяють знизити вміст ^{137}Cs у продукції тваринництва у 3-6 разів і, відповідно, зменшити дозу опромінення людини.

Таким чином, 25-річний досвід мінімізації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС і поки що однорічний, проте не такий уже і малий, судячи з великого обсягу виконаних робіт, досвід Японії однозначно свідчать про відсутність загального спільного підходу до застосування радіозахисних заходів в аграрній сфері у випадку забруднення сільськогосподарських угідь радіоактивними речовинами в результаті ядерних інцидентів. Вони визначаються багатьма чинниками, але, в першу чергу, – радіонуклідним складом забруднення, типом ґрунту і профільною орієнтацією та спеціалізацією виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Health Effects of the Chernobyl Accident – a Quarter of Century Aftermath. – Kyiv : DIA, 2011. – 648 p.
2. Гулякин И. В. Сельскохозяйственная радиобиология / И. В. Гулякин, Е. В. Юдинцева. – М. : Колос, 1973. – 272 с.
3. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи у віддалений період : методичні рекомендації. – К. : Атіка-Н, 2007. – 196 с.
4. Гудков И. Н. Контрприемы в агропромышленном производстве на загрязненных радионуклидами территориях как основа защиты человека от хронического облучения в малых дозах ионизирующей радиации / И. Н. Гудков / Наукові праці Миколаївського гуманітарного університету ім. Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія». Серія «Екологія». Спецвипуск. – 2008. – Т. 102. Вип. 89. – С. 70–77.
5. Радіоекологія / [Гудков І. М., Гайченко В. А., Кашпаров В. О. та ін.] – К. : НУБіП України, 2011. – 368 с.
6. Nagasaka Y., Kobayashi K., Watanabe Y. Decontamination method using agricultural machinery and implement / Intern. Sci. Sympos. on Combating Radionuclide Contamination in Agro-soil Environment (Japan, Fukushima, 8–10 March 2012). Materials. – Tokyo : MAFF, 2012. – P. 305–311.
7. Endo K. Research of the radioactive substance removal/reduction technology in Fukushima prefecture (livestock raising). – Ibid. – P. 346–352.
8. Yoshioka K. Research and development of radioactive substance removal/reduction technology in Fukushima prefecture (land and crops). – Ibid. – P. 329–338.
9. Naka T. Development decontamination technologies for farmland soil – Physical decontamination / Ibid. – P. 312–316.
10. Ohsugi T., Nakashio N., Okoshi M. et al. Partitioning behavior of Cs during pyrolysis process of plant matter and soil / Ibid. – P. 375.
11. Kimura N. Approach to countermeasures for reducing radiocaesium contamination in agricultural soil and crops / Ibid. – P. 300–301.
12. Suzuki Y., Saito T. Phytoremediation of radiocesium in different soil using cultivated plant / Ibid. – P. 403.
13. Алексахин Р. М. О Международном научном симпозиуме по ликвидации последствий радиоактивного загрязнения почвы и сельскохозяйственной среды / Р. М. Алексахин / Радиационная биология. Радиационная экология. – 2012. – Т. 53, № 3. – С. 368–369.
14. Анненков Б. Н. Радиационные аварии и ликвидация их последствий в агрофере / Б. Н. Анненков, А. В. Егоров, Р. Г. Ильязов. – Казань : Изд-во «Фен» Академии Наук РТ, 2004. – 408 с.
15. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього (Національна доповідь України). – К. : КІМ, 2011. – 356 с.
16. Togamura Y. Reducing radionuclide contamination of forage crops. Intern. Sci. Sympos. on Combating Radionuclide Contamination in Agro-soil Environment (Japan, Fukushima, 8–10 March 2012). Materials. – Tokyo : MAFF, 2012. – P. 319–328.
17. Matsuzawa T., Muto K., Yoshida Y., Takase T. Plowing meadow inhibit absorption of radioactive cesium / Ibid. – P. 412.
18. Oinuma H., Yanai K., Matusuyama H., Miyaji M. Effect of zeolite and bentonite on radioactive caesium in daily cattle / Ibid. – P. 416.

Рецензенти: *Хворостенко М. І.*, д.мед.н., професор;
Іванкова В. С., д.мед.н., професор.

© Гудков І. М., 2012

Дата надходження статті до редколегії: 15.04.2012 р.

ГУДКОВ Ігор Миколайович – академік УААН, д.б.н., проф., завідувач кафедри радіобіології та радіоекології, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ.

Коло наукових інтересів: сільськогосподарська радіобіологія, радіаційна безпека населення на забруднених радіонуклідами територіях.