

УДК 631.95:628.516:615.849

АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО МІНІМІЗАЦІЇ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД РОЗВИТКУ РАДІОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ПІСЛЯ АВАРІЇ НА ЧАЕС

Дутов О.І.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,
dei2005@ukr.net

Висвітлено результати досліджень з визначення агроекологічних підходів до мінімізації доз опромінення населення. Показано, що у віддалений період розвитку радіоекологічної ситуації після аварії на Чорнобильській АЕС саме за рахунок вживання сільськогосподарської продукції, дарів лісу продовжує формуватися до 95% дози опромінення населення. Отже протирадіаційні заходи в сільськогосподарському виробництві мають передбачати зниження як індивідуальної ефективної дози опромінення населення шляхом виробництва гарантовано радіоекологічно безпечної сільськогосподарської продукції, так і колективної – шляхом зменшення інтенсивності потоку радіонуклідів з урожаєм. *Ключові слова:* еквівалентна доза випромінювання, питома активність сільськогосподарської продукції, потоки ^{137}Cs з урожаєм сільськогосподарських культур, нормативи вмісту радіонуклідів, радіаційно-екологічна критичність сільськогосподарської продукції.

Агроэкологические подходы к минимизации доз облучения населения в отдаленный период развития радиологической ситуации после аварии на ЧАЭС. Дутов А.И. Представлены результаты исследований по определению агроэкологических подходов к минимизации доз облучения населения. Показано, что в отдаленный период развития радиологической ситуации после аварии на Чернобыльской АЭС, именно за счет сельскохозяйственной продукции, даров леса, заготовленных на радиоактивно загрязненных территориях, продолжает формироваться до 95 % дозы облучения населения. Исходя из этого, противорадиационные мероприятия в сельскохозяйственном производстве должны предусматривать снижение как индивидуальной эффективной дозы облучения населения путем производства гарантированно радиологически безопасной сельскохозяйственной продукции, так и коллективной – путем уменьшения интенсивности потока радионуклидов с урожаем. *Ключевые слова:* эквивалентная доза излучения, удельная активность сельскохозяйственной продукции, потоки ^{137}Cs с урожаем сельскохозяйственных культур, нормативы содержания радионуклидов, радиационно-экологическая критичность сельскохозяйственной продукции.

Agroecological approaches to minimize radiation doses in remote periods of development of the radiological situation after the accident. Dutov O.I. The results of studies investigating agroecological approaches to minimize irradiation doses to the population. It is shown that in the remote period of the radiological situation after the Chernobyl NPP accident, it is due to agricultural products, forest products continues to form 95% of population exposure. So anti-radiation measures in agriculture must include reducing both individual effective population exposure by producing guaranteed radioecological safety agricultural products, as well as collective – by reducing the flux of the radionuclide with harvest. *Keywords:* equivalent dose of radiation,

the specific activity of agricultural products, the flow of ^{137}Cs harvest crops ratios of radionuclides, radiation and environmental critical agricultural products.

Вступ

У віддалений період розвитку радіаційної ситуації після аварії на Чорнобильській АЕС основним дозуютьоруючим радіонуклідом залишається [1, 2, 3]. За остатніми результатами загальнодозиметричної паспортизації та даними ЛВЛ-моніторингу радіоактивно забруднених населених пунктів України [4], спостерігається тенденція до поліпшення радіаційної ситуації, зниження доз опромінення населення. Відбувається це, в першу чергу, за рахунок процесів фізичного напіврозпаду радіонуклідів, фіксації ^{137}Cs глинистими мінералами ґрунтово-вбирного комплексу, а відтак і зменшення інтенсивності його міграції трофічними ланцюгами. Разом з тим, у близько 15 населених пунктах радіологічна ситуація залишається особливо критичною. За даними дозиметричної паспортизації, результатами радіологічного контролю Мінагрополітики України в цих населених пунктах і сьогодні виявляють непоодинокі випадки, коли питома активність ^{137}Cs в сільськогосподарській продукції, насамперед тій, що виробляють в особистих підсобних і фермерських господарствах населення, перевищує не лише чинні гігієнічні нормативи, але і тимчасові, що були встановлені відразу після Чорнобильської катастрофи, а доза опромінення населення тут наближається до 5 мЗв. [5, 6]. Тому зниження рівнів опромінення населення та реабілітація територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок

Чорнобильської катастрофи шляхом забезпечення радіаційного захисту населення і довкілля, розвитку продуктивних сил забруднених регіонів, відновлення виробничої та соціальної інфраструктури на цих територіях залишається вкрай важливим, актуальним завданням і належить до основних стратегічних засад державної екологічної політики України на період до 2020 року [7, 8].

Матеріали та методи досліджень

Вивчення сільськогосподарських аспектів формування доз опромінення населення у віддалений період розвитку радіаційної ситуації проводили у 5 найбільш забруднених областях України: (Волинська, Житомирська, Рівненська, Київська і Чернігівська). Вміст ^{137}Cs , як основного дозуютьоруючого радіонукліду, у ґрунтових і рослинних зразках визначали спектрометричним методом на гамма-спектрометричному устаткуванні з напівпровідниковим детектором GEM-30185, Ge(Li), GMX серії «EG&G ORTEC») з багатоканальним аналізатором ADCAM – 300. Відбір зразків та їх підготовка до аналізу здійснювалася за загальноприйнятими методиками з урахуванням специфіки науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології [9].

Для оцінки накопичення радіонуклідів у врожаї за різної щільності забруднення ґрунту використовували коефіцієнт переходу (КП) радіоактивного цезію із ґрунту в рослини – вміст радіонукліду в рослині за щільності забруднення ґрунту, що дорів-

нює одиниці (Бк/кг повітряно-сухої маси рослин) / (кБк/м² ґрунту).

Радіологічні лабораторії, які здійснювали сертифікацію продукції, зареєстровані в Міністерстві України з питань надзвичайних ситуацій і атестовані Держстандартом України.

Результати та їх обговорення

Дослідженнями з формування доз опромінення населення було встановлено, що у віддалений період розвитку радіаційної ситуації після аварії на ЧАЕС продовжує формуватися за рахунок внутрішнього опромінення радіоактивним цезієм, що надходить до організму з продуктами харчування, зокрема з сільськогосподарською продукцією, що виробляється на радіоактивно забрудненій території (Рис. 1). Її внесок в структуру загальної дози опромінення населення сягає 80-95%.

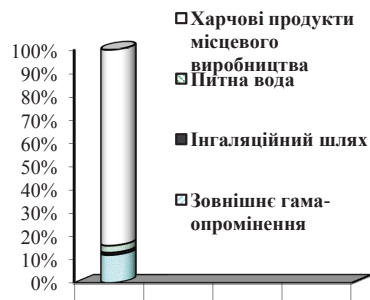


Рис. 1. Структура формування дози опромінення населення у північно-західних районах Полісся, забрудненого внаслідок Чорнобильської катастрофи

Доля зовнішнього гамма-опромінення є значно меншою і коливається в межах 5-20%. Більш

високим цей чинник є на ранніх етапах розвитку радіаційної ситуації. Але з часом значно зменшується, що зумовлено як фізичним розпадом короткоживучих радіонуклідів, так і обробитком ґрунту, який має передбачати захоронення верхнього найзабрудненішого його шару. Тому цей захід залишається обов'язковим при поліпшенні луків і пасовищ для великої рогатої худоби особистих підсобних господарств населення.

Внутрішнє опромінення від радіонуклідів, що надходять з питною водою є відносно невисоким (до 2%) і представляє небезпеку у період паводків при горизонтальній міграції радіоактивного цезію з поверхневими водами. Внутрішнє опромінення, зумовлене інгаляційним надходженням радіонуклідів з повітрям є незначним і не перевищує 1 %.

Зважаючи на те, що зовнішнє опромінення у віддалений період після Чорнобильської катастрофи стабілізувалося, пріоритетним напрямком у мінімізації індивідуальної дози опромінення населення має бути комплекс заходів, спрямованих на зменшення надходження радіонуклідів до організму людини саме з продуктами харчування місцевого виробництва.

Структура продукції, яка перевищує державний гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у продуктах харчування та питній воді» (ДР-2006), наведена на рис. 2.

Аналіз представлених даних показує, що 76% зразків, вміст радіонуклідів в яких перевищує чинні гігієнічні нормативи, представлено сільськогосподарською продукцією, а 24% лісовою (гриби, ягоди, м'ясо диких

тварин тощо). Враховуючи те, що вплинути на зменшення вмісту радіонуклідів в лісовій продукції досить проблематично і можливо лише опосередкованими заходами (шляхом організації інформаційно-роз'яснювальної роботи серед населення, введення заборонних заходів щодо їх збору тощо), найбільш актуальним заходом зменшення дози внутрішнього опромінення населення є забезпечення виробництва радіологічно «чистої» сільськогосподарської продукції. Найбільш критичним продуктом тут залишається молоко, що виробляється в особистих підсобних господарствах населення. Більше половини всієї продукції, вміст радіонуклідів в якій перевищують чинні гігієнічні нормативи, представлено саме молоком. Тому не випадково кількість населених пунктів з перевищенням ліміту річної дози опромінення досить близька до кількості пунктів, у яких середнє значення вмісту ¹³⁷Cs у молоці перевищує значення встановлених допустимих рівнів (ДР-2006). Особливо критичною групою населення тут є діти в раціоні яких цей продукт займає далеко не останнє місце. Отже слід зауважити, що на радіоактивно забрудненій території найкритичнішою ланкою рослинницької галузі є кормовиробництво. Виробництво «чистих» кормів для дійних корів.

Тобто виробництво гарантовано радіаційно безпечної сільськогосподарської продукції на харчові потреби є основним підґрунтям і умовою комплексної реабілітації і відродження території, забрудненій внаслідок Чорнобильської катастрофи. Саме для виконання цього завдання розробляється і реалізується ком-

плекс відповідних ґрунтово-агрохімічних, організаційно-господарських та інших заходів.

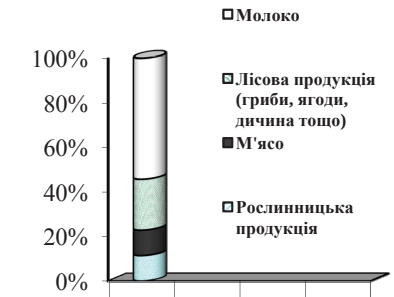
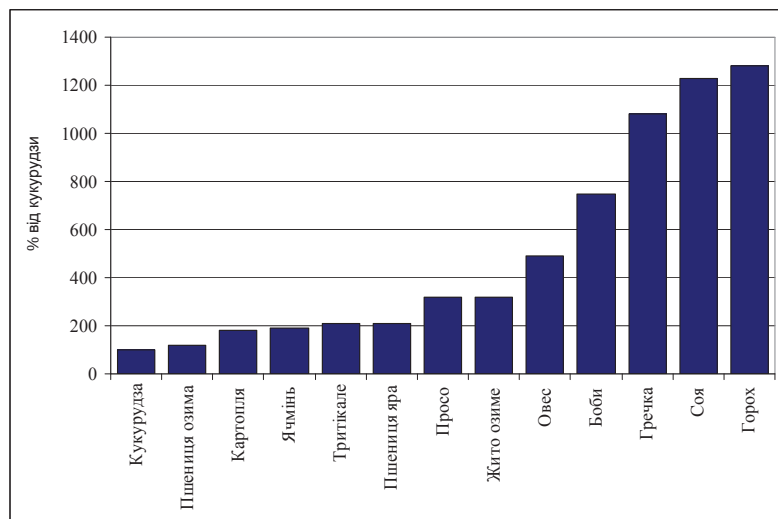


Рис. 2 Структура продукції, що перевищує допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування (ДР-2006)

Сучасна еколого-економічна ситуація характеризується вкрай обмеженим фінансуванням, а відтак і запровадженням комплексу протирадіаційних заходів ґрунтово-агрохімічного спрямування. Тому сьогодні, у віддалений період розвитку радіологічної ситуації після Чорнобильської катастрофи, одним з найдоступнішим агротехнічних заходів, спрямованих на зменшення опромінення населення, є удосконалення сівозмін шляхом підбору і насичення культур (а в межах культури – сортами), які відрізняються потенційно невисокою здатністю накопичувати радіонукліди.

Результати досліджень з вивчення радіаційно-екологічних аспектів підбору польових сільськогосподарських культур для сівозмін території, забрудненій внаслідок Чорнобильської катастрофи, представлені на рисунку 3.

Рис. 3. Відносне накопичення ^{137}Cs польовими культурами, % від кукурудзи

Наведені дані показують, що за потенційною здатністю до накопичення ^{137}Cs в товарній частині рослин польові сільськогосподарські культури можна розділити на три умовні групи. Найменшим накопиченням ^{137}Cs відрізнялися зернові злакові культури. Мінімальним вміст радіонуклідів в межах цієї групи спостерігається в зерні кукурудзи: коефіцієнт переходу радіонуклідів тут становив $0,07 \text{ (Бк/кг)/(кБк/м}^2\text{)}$. Накопичення радіоактивного цезію в зерні озимої пшениці є на 56% більше. Перехід радіонуклідів в зерно жита в 3,5 рази вищий, ніж в кукурудзі. Але його максимальний вміст в межах цієї групи культур є характерним для зерна вівса. Вміст ^{137}Cs в його зерні був в 5 разів вищий, ніж в зерні кукурудзи.

До групи культур з потенційно невисокою здатністю до накопичення

^{137}Cs відноситься і картопля. Коефіцієнт переходу радіонуклідів в її бульби займає проміжне положення між пшеницею озимою і ячменем, але є на 71% вищим, ніж зерно кукурудзи.

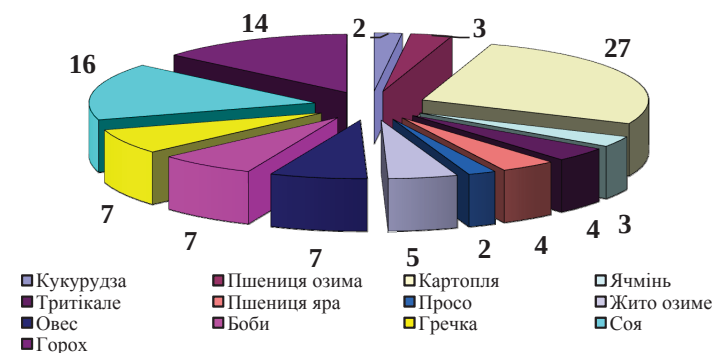
Більш високим потенційним накопиченням радіонуклідів відрізнялася група круп'яних культур. Якщо накопичення радіоактивного цезію в просі спостерігається на рівні озимого жита, то в зерні гречки – в 3 рази вищим. Але максимальне накопичення радіоактивного цезію є характерним для групи зернових бобових культур. При цьому вміст радіонуклідів в зерні бобів в межах цієї групи є мінімальним, в зерні гороху – максимальним.

Водночас з насиченням сівозмієв сільськогосподарськими культурами, які відрізняються потенційно невисокою здатністю до накопичення ^{137}Cs ,

слід звертати увагу на інтенсивність потоків радіонуклідів з сільськогосподарською продукцією. Саме цей показник визначає колективну дозу опромінення населення, а відтак і вірогідність виникнення стохастичних ефектів опромінення у населення.

Слід зауважити, що потенційна здатність сільськогосподарських ку-

льтур до накопичення ^{137}Cs , і інтенсивність потоків радіонуклідів з урожаєм не завжди позитивно корелюють між собою. Порівняльна оцінка розподілу потоків ^{137}Cs з урожаєм польових культур наведена на рисунку 4.

Рис. 4. Розподіл потоку ^{137}Cs з врожаєм поширених в зоні Полісся польових сільськогосподарських культур, %

Аналіз наведених даних свідчить про те, що потік радіоактивного цезію в групі польових культур формується переважно за рахунок картоплі (27%), сої (16%) і гороху (14%) відповідно. Саме ці культури забезпечують 57% загального потоку ^{137}Cs з урожаєм поширених в найбільш забрудненій зоні Київського Полісся польових культур. Особливу увагу слід приділяти вирощуванню картоплі, з врожаєм якої забезпечується 27% потоку радіонуклідів. 43% загального потоку радіонуклідів забезпечують 10 інших польових культур, які вивчали у досліді. В порядку збільшення інтенсивності потоку радіонуклідів ці культури можна розміс-

тити у наступному порядку: кукурудза, просо, ячмінь, пшениця озима, тритикале, пшениця яра, жито озиме, боби, гречка. Зазначена закономірність пояснюється тим, що за відносно невисокої потенційної здатності до накопичення ^{137}Cs (на рівні зернових злакових культур) урожаєм бульб картоплі є набагато більшим.

Висновки

1. У віддалений період розвитку радіологічної ситуації після аварії на ЧАЕС основна доза опромінення населення (до 95%) продовжує формуватися за рахунок вживання сільськогосподарської продукції, що виробляється на радіоактивно забрудне-

ній території. Отже, агроекологічні підходи до формування доз опромінення населення полягають у зменшенні як індивідуальної ефективної дози шляхом виробництва гарантовано радіоекологічно безпечної сільськогосподарської продукції, так і колективної для визначених груп населення шляхом зменшення інтенсивності потоків радіонуклідів з урожаєм сільськогосподарських культур.

2. Природні реабілітаційні процеси з плином часу після аварії на ЧАЕС значно уповільнилися. Поліпшення радіоекологічної ситуації, зменшення доз опромінення населення сьогодні і у віддаленій перспек-

тиві можливі лише за умови вжиття належних протирадіаційних заходів, серед яких особливу актуальність набуває підбір і введення в сівозміни сільськогосподарських культур, які відрізняються не лише потенційно невисокою здатністю до акумуляції радіонуклідів, але і мінімальним потоком радіонуклідів з сільськогосподарською продукцією.

3. Комплексні наукові дослідження із зазначених питань дозволять у майбутньому використовувати систематизовані наукові знання як методологічну основу дій в разі ймовірного радіоактивного забруднення природного середовища.

Література

1. Національна доповідь України «25 років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього».- Київ: КІМ, 2011.- 395 с.
2. Зубец М.В., Пристер Б.С., Алексахин Р.М. та ін.. Актуальные проблемы и задачи научного сопровождения производства сельскохозяйственной продукции в зоне радиоактивного загрязнения Чернобыльской АЭС//Агроекологічний журнал, 2011.- № 1.- С. 5-20.
3. Дутов О.І. Сучасні підходи до раціонального використання радіоактивно забруднених земель (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС)// Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 77. – Харків: ННЦ “ІГА ім. О.Н. Соколовського”, 2012. –С. 38–43.
4. Ліхтарев І.А., Ковган Л.М., Василенко В.В. та ін.. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛВЛ-моніторингу в населених пунктах України, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії. Дані за 2011 р. / І.А. Ліхтарев, Л.М. [і др.].- Збірка 14, 2012.- Київ.: МНС, 2012. – 63 с.
5. Радіологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення / За ред. В.І. Холоші. – К.:Вета, - 2008. – 54 с.
6. Дутов О.І. Сучасні підходи до раціонального використання радіоактивно забруднених земель (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС) // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник ННЦ “ІГА ім. О.Н. Соколовського”. – Вип. 77. – Харків: ННЦ “ІГА ім. О.Н. Соколовського”, 2012. – С. 38–43.
7. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». Київ, 21 грудня 2010 року N 2818-VI.
8. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. N 577-р Київ «Про затвердження Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011-2015 роки».
9. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології. – Київ, 1992. – 136 с.

ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 502.58:556.531:622.765

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ВОДОГOSПОДАРСЬКИХ СИСТЕМ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ФЛОТАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Дмитрієва О. О.¹, Тимошенко М.М.², Василенко Г. В.¹

¹Український науково-дослідний інститут екологічних проблем,
вул. Бакуліна, 6, 61166, м. Харків,
director@niiep.kharkov.ua

²Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,
dei2005@ukr.net

Розглядається формування екологічно безпечних водогосподарських систем гірничо-збагачувальних комбінатів, що використовують флотаційні технології як систематизовану сукупність дій, яка забезпечує додержання нормативів шкідливого впливу флотореагента на водні об'єкти. *Ключові слова:* екологічна безпека, гірничо-збагачувальні комбінати, водогосподарська система, флотаційні технології, концентрація флотореагента, сорбція-десорбція та біодеструкція флотореагента, прогнозування, водоохоронні заходи.

Формирование экологически безопасных водохозяйственных систем горно-обогатительных комбинатов, использующих флотационные технологии. Дмитриева Е.А., Тимошенко М.Н., Василенко А.В.. Рассматривается формирование экологически безопасных водохозяйственных систем горно-обогатительных комбинатов, использующих флотационные технологии, как систематизированную совокупность действий, которая обеспечивает соблюдение нормативов вредного воздействия флотореагента на водные объекты. *Ключевые слова:* экологическая безопасность, горно-обогатительные комбинаты, водохозяйственная система, флотационные технологии, концентрация флотореагента, сорбция - десорбция и биодеструкция флотореагента, прогнозирования, водоохранные мероприятия.

Formation of environmentally sound water management systems mining and processing using flotation technology. Dmitrieva E., Timoshenko M., Vasulenko A.. The article discusses the formation of environmentally sound water management systems mining and processing using flotation technology as a systematic set of activities that ensures regulatory compliance flotation