

УДК 631.95:577.391

Гудков І.М. (Україна, Київ)

АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ І ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ РАДІОЕКОЛОГІЇ

Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС в Україні основним радіоактивним забруднювачем - штучним довгоживучим радіонуклідом ^{137}Cs за рівнів вище 1 Кі/км^2 , або 37 кБк/м^2 , була забруднена територія у 53,5 тис. км^2 , або 5,35 млн. га, – 9% території країни. З них 4 млн. га під лісом і 1,13 млн. га – під сільськогосподарськими угіддями. Решта – під населеними пунктами, дорогами, водоймами.

Основна господарча спрямованість регіону аварії – зона Полісся, північна частина Лісостепу – аграрне виробництво. Відповідно, до 70% населення, що проживає у ньому, складають сільські жителі. Сільськогосподарська продукція, яка виробляється на забруднених радіонуклідами територіях, і продукти харчування, є одним з основних, а часом домінуючим джерелом дії іонізуючої радіації на людину. Дози опромінення сільського населення значно вищі, ніж міського, що визначається специфічним “сільським типом харчування”. Нарешті, мінімізація наслідків аварії у сільськогосподарській сфері, до котрих відноситься виконання радіозахисних заходів, або так званих контрзаходів, є одним з основних елементів системи радіаційної безпеки усього населення країни.

Саме тому радіоактивне забруднення сільськогосподарських угідь стало одним з найбільш тяжких наслідків аварії і вона з усіма підставами була названа сільськогосподарською катастрофою [1]. І завдання і проблеми, що стали перед радіоекологією, це у значній мірі завдання і проблеми окремого її напрямку - сільськогосподарської радіоекології. Втім, відокремлювати ці завдання не слід, так як аварія, не перекресливши класичних фундаментальних завдань загальної радіоекології, пов'язаних з оцінкою кількості, визначенням концентрації та вивченням шляхів міграції природних і штучних радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища та впливом їх іонізуючих випромінювань на живі організми, висунула нові завдання і поставила нові проблеми, зумовлені надзвичайно великими масштабами і особливостями радіоактивного забруднення довкілля.

У теперішній час через 23 роки після аварії головними завданнями як загальної радіоекології так і окремих її напрямків, слід вважати такі:

1. Широкий систематичний моніторинг території країни з метою виявлення лісних, сільськогосподарських, водогосподарських угідь та інших об'єктів, забруднених довгоживучими штучними радіонуклідами, в першу чергу ^{137}Cs , ^{90}Sr і ^{239}Pu .

2. Вивчення особливостей міграції цих радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, закономірностей їх надходження, транспортування, розподілу і перерозподілу в екосистемах з подальшою оцінкою їх накопичення в окремих ланках, у першу чергу в продукції рослинництва, тваринництва, лісівництва, харчових продуктах, як основних джерел формування дози опромінення людини.

3. Розробка основ раціонального використання забруднених радіонуклідами територій, головним чином сільськогосподарських і лісних угідь, для різних напрямків господарювання з урахуванням специфіки забруднення, географічних, ландшафтних, ґрунтово-кліматичних та інших умов регіонів.

4. Вивчення особливостей біологічної дії іонізуючих випромінювань інкорпорованих радіонуклідів на живі організми і в першу чергу людину.

5. Дослідження впливу інших антропогенних чинників, що привносяться у довкілля (важкі метали, кислотні дощі, добрива, пестициди та інші), на перехід радіонуклідів в рослини і організм тварин і людини, в тому числі з метою розробки заходів з мінімізації накопичення радіонуклідів в продукції рослинництва і тваринництва, продуктах харчування.

6. Довгострокове прогнозування поведінки радіонуклідів в біоценозах, в т.ч. на основі моделювання різних ситуацій, і розробка системи підтримки прийняття рішень щодо ведення окремих галузей господарювання в умовах радіоактивного забруднення.

7. Розробка науково-обґрунтованих систем ведення сільського, лісного, водного господарства, харчової і фармацевтичної промисловості, транспорту та деяких інших сфер діяльності, які забезпечують постійне зменшення рівня опромінення населення.

Вже в перше після аварійне десятиліття у рамках цілої низки наукових програм і проектів роботи з вивчення наслідків аварії та їх мінімізації у різних сферах виробництва і діяльності людини

були розгорнуті у широкій мережі науково-дослідних інститутів і вищих навчальних закладів різних відомств. На превеликий жаль, у другому десятилітті з-за багатьох об'єктивних причин вони абсолютно не виправдано були скорочені. Проте, перші три завдання вирішувалися і вирішуються досить успішно, хоча постійно зустрічають фінансові утруднення. Обстежується ступінь забруднення території країни окремими радіонуклідами, створені і опубліковані карти радіоактивного забруднення за ^{137}Cs , ^{90}Sr і ^{239}Pu [2,11,12], обласні і районні організації різних спрямувань озброєні картами-планами радіоактивного забруднення підлеглих територій, в усякому разі за ^{137}Cs , а в окремих випадках і за ^{90}Sr . При вивченні особливостей міграції радіонуклідів виокремлено трофічні ланцюги, котрі характеризуються особливо високою швидкістю їх пересування, наприклад, торфоболотні ґрунти–рослини, ґрунти–лучні рослини. Оцінені коефіцієнти накопичення і переходу окремих радіонуклідів для різних типів ґрунтів і видів рослин. Була розроблена система комплексу радіозахисних заходів (контрзаходів), які охопили всі напрями господарювання на забруднених територіях, зокрема сформульовано організаційні основи ведення агропромислового і лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення. Все це знайшло відображення у серії рекомендацій з ведення окремих напрямів виробництва в таких умовах [4].

Важлива проблема – радіаційне ураження живих організмів на забруднених радіонуклідами територіях. Вважається, що на теперішній час радіаційна небезпека як для людини, так і для інших видів тварин і рослин за межами зон відчуження і відселення не існує. Проте, певні питання виникають при вивченні можливих ефектів низьких (так званих „малих” і навіть „надмалих” доз) хронічного опромінення інкорпорованих радіонуклідів, яке формується місяцями, роками. Якщо говорити про можливість прояву у цих умовах радіаційного гормезису і розглядати ці дози як потенційний фактор прискорення росту й розвитку, то слід допускати, що в умовах агроценозів стимуляційні явища можуть торкатися не тільки культурних рослин, але й бур'янів і між рослинами, які відрізняються за радіочутливістю, можуть складатися досить незвичайні взаємовідносини. Зокрема, не впливаючи на культурні рослини і навіть пригнічуючи їх, малі дози іонізуючих випромінювань можуть стимулювати розвиток бур'янів, котрі, як правило, мають більш високу радіостійкість.

Крім того, у рослин, що ростуть на забруднених радіонуклідами землях, у тварин, що утримуються на них, нерідко спостерігається невідповідність порівняно низьких доз, які формуються у тих умовах, тим радіобіологічним ефектам, які реєструються [5, 6]. Це є наслідком нерівномірного розподілу радіонуклідів в рослинному чи тваринному організмі, за рахунок чого утворюються місця їх високої концентрації і формуються часом дуже високі дози локального опромінення у зонах критичних органів. Більш того, є рослини, які здатні накопичувати радіонукліди у десятки разів більших кількостях, ніж інші. Це призводить до їх сильних радіаційних уражень. Саме це, можливо, є причиною випадіння деяких видів на забруднених радіонуклідами територіях [7].

Велика кількість радіонуклідів, зокрема ^{137}Cs може накопичуватися у квіткових бруньках і квітках. Безперечно, під час запліднення радіочутливі статеві клітини отримують значні дози опромінення. Це може негативно сказатися не тільки на продуктивності рослин, але й приводити до уражень у наступних поколіннях, виникненню мутацій.

Традиційно вважається, що ^{90}Sr , накопичуючись разом з кальцієм у скелеті, створює загрозу тільки для клітин червоно кісткового мозку – депо всіх клітин крові. Але добре відомо, що кальцій є основним мінеральним компонентом оболонки рослинних клітин і у підвищених кількостях накопичується у ядерних оболонках усіх типів клітин. Є всі підстави вважати, що разом з ним накопичується і ^{90}Sr , піддаючи опроміненню ядра як соматичних, так і статевих клітин. Тому слід переглянути деякі загальні і дещо спрощені погляди відносно розподілу певних радіонуклідів в рослинах і в організмі тварин і людини. Особливо це стосується радіоцезію, про який слалася тверда упереджена думка, що він, накопичуючись у м'язах тварин, рівномірно розподіляється по організму визначаючи опромінення, аналогічне зовнішньому. Аналогічна думка існує і по відношенню розподілу цезію в рослинах.

Важливу проблему утворюють радіонукліди альфа-випромінюючих трансуранових елементів (ТУЕ), особлива небезпека яких добре відома радіобіологам. Якщо абсолютна кількість радіонуклідів у навколишньому середовищі, як це прийнято вважати, з роками зменшується за рахунок фізичного розпаду, то це у даній ситуації відноситься тільки до ^{90}Sr і ^{137}Cs , періоди піврозпаду котрих складають, відповідно, 29 і 30 років, і кількість яких за 23 роки зменшилася лише на третину. Однак, це не відноситься до ТУЕ, таким як плутоній і америцій, у деяких ізотопів котрих періоди піврозпаду вимірюються сотнями і тисячами років і відносна частка котрих з роками буде

зростати. Традиційно вважається, що вони в основному являють загрозу лише при інгаляційному надходженні в організм, так як погано пересуваються звичайними транспортними шляхами з ґрунту, „застряючи на вході” у ланці ґрунт–рослина і надходять до організму людини лише з бульбо- і коренеплодами. Однак, зараз це положення переглядається. Є дані про те, що ТУЕ можуть транспортуватися за допомогою переносників кальцію, заліза, марганцю і коефіцієнти їх накопичення рослинами можуть на порядок-два перевищувати відомі [13]. Особливу небезпеку являє ^{241}Am , кількість якого за рахунок відносно швидкого розпаду ^{241}Pu (період піврозпаду 14,4 року) до 2059 р. зросте у 40 разів порівняно з кількістю викинутого під час аварії [8], так як внесок ^{241}Pu у сумарну радіоактивність ТУЕ, що була накопичена у реакторі, складає близько 83 % [3].

Іонізуючі випромінювання є потужним імунодепресантом – фактором, який пригноблює захисні реакції організму. Чи впливають низькі дози хронічного опромінення на імунітет рослин, тварин, людини? Досвід радіобіології свідчить, що цей ефект не має порогу. І певне зростання захворюваності сільськогосподарських рослин і тварин в зонах радіаційного впливу аварії, а також і населення по країні в цілому у після аварійний період [9,10,11] може бути пов'язане не тільки з наслідками опромінення у рік аварії, але й з дією радіації у теперішній час саме у такому аспекті.

При вирішенні п'ятого завдання було встановлено, що найбільш ефективними прийомами мінімізації надходження радіонуклідів в рослини на бідних кислих ґрунтах північно-західної частини України, яка у найбільшій мірі була піддана забрудненню, є вапнування і внесення підвищених рівнів фосфорно-калійних добрив. Завдяки їх здійсненню потоки надходження радіонуклідів в рослини зменшуються в 2-6 разів [4]. Але ці заходи ускладнили серйозну місцеву проблему, так як виявилось, що під впливом вапнування і добрив зменшується надходження в рослини не тільки радіоактивних, але й інших елементів, зокрема багатьох мікроелементів, з якими кальцій вапна і фосфор добрив утворюють важко розчинні комплекси. Це призводить до зниження вмісту в рослинах, а, відповідно, кормах і продуктах харчування, в організмі продуктивних тварин і людини багатьох біологічно важливих мікроелементів, зокрема, йоду, фтору, кобальту, цинку, міді, марганцю.

Полісся належить до біогеохімічної провінції, де в ґрунтах і рослинах традиційно не вистачає перерахованих мікроелементів, що призводить до специфічних ензоотичним захворюванням тварин і людини – гіпомікроелементозам [14]. Названі радіозахисні заходи, погіршуючи кормові і харчові якості продукції, посилюють цей дефіцит і загострюють ситуацію зі станом здоров'я тварин і населення.

Проте, у порівнянні з 1991 р. обсяги вапнування ґрунтів у теперішній час зменшилися у 15-20 разів, а внесення мінеральних добрив – у 5-10 разів, що привело нібито до вирішення проблеми загострення дефіциту мікроелементів. Але ще з більшою гостротою встала проблема радіонуклідного забруднення продукції.

Певні проблеми виникають при довгостроковому прогнозуванні поведінки радіонуклідів у біогеоценозах. Не дивлячись на те, що основні шляхи міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами достатньо добре вивчені, залежно від типу ґрунту, форми радіонуклідного забруднення ґрунту, щільності забруднення, біологічних особливостей рослин, погоднокліматичних умов кількість радіонуклідів, що надходить на цій первинній і найбільш відповідальній ланці та швидкість їх руху, може розрізнятися у багато разів. Тому важливим напрямом досліджень стає моделювання можливих радіоекологічних ситуацій в окремих ценотичних угрупованнях. Такі методи моделювання руху радіонуклідів дають можливість прогнозувати рівні їх накопичення у будь-якій ланці трофічного ланцюгу, в т.ч. в продукції рослинництва, кормовиробництва, тваринництва, продуктах харчування людини, що є дуже важливим у плані розробки і реалізації захисних заходів і реабілітації забруднених радіонуклідами територій, а також системи ведення окремих галузей виробництва в умовах радіоактивного забруднення.

Але слід визнати, що точність прогнозування за допомогою усіх існуючих методів і підходів не можна вважати достатньо високою. Серед об'єктивних причин цього основними є погодні умови року, клімату. Зокрема, в залежності від кількості атмосферних опадів протягом вегетаційного періоду, температури коефіцієнти переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини можуть суттєво мінятися. Саме тому точність прогнозу поведінки радіонуклідів в агроценозах, як і в інших угрупованнях, у значній мірі визначається точністю погоднокліматичного прогнозу.

Останнє завдання об'єднує радіоекологію з радіаційною медициною, точніше, з окремим спеціальним її розділом – радіаційною гігієною, головним завданням якої є забезпечення

радіаційної безпеки населення. Оцінка доз внутрішнього опромінення людини, яке у теперішній час на забруднених територіях досягає 90% загальної дози, обов'язково передбачає одержання інформації про перехід радіонуклідів трофічними ланцюгами з продуктами харчування до людини. У кінцевому підсумку захист людини від дії іонізуючої радіації є основним завданням радіоекології і у значній мірі окремого її напрямку – сільськогосподарської радіоекології. Саме від реалізації радіозахисних заходів у сільському господарстві залежить виробництво продуктів харчування з мінімальним вмістом радіоактивних речовин. Це означає, що на сільське господарство фактично покладається відповідальність за радіаційну безпеку країни.

В цілому є всі підстави вважати вирішення завдань, які встали перед сучасною радіоекологією, вважати важливими і актуальними проблемами екології.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. – М.: ИздАТ, 2001. – 752 с.
2. Атлас. Україна. Радіоактивне забруднення. – К.: МНС України, 2002. – 46 с.
3. Бегичев С.Н., Боровой А.А., Бурлаков Е.В. и др. Топливо реактора IV блока ЧАЭС (краткий справочник). – М.: Препринт ИЯЭ РАН, 1990. – 46 с.
4. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддалений період (Рекомендації). – К.: Атіка-Н, 2007. – 196 с.
5. Гродзинський Д.М., Булах А.А., Гудков І.М. Радіобіологічні ефекти у рослин // Чорнобильська катастрофа. – К.: Наук. думка, 1996. - С. 293-311.
6. Гудков І.М., Гродзинський Д.М. Особливості формування поглинених доз та віддалені радіобіологічні ефекти у сільськогосподарських рослин на забруднених радіонуклідами територіях // Вісник ДААУ. – 2001. - № 1. – С. 8-11.
7. Гудков І.М., Гродзинський Д.М. Радіаційне ураження рослин в зоні впливу аварії на Чорнобильській АЕС // Вісник аграрної науки. – 2001. – Спецвипуск. Квітень. – С. 43-47.
8. Иванов Е.А., Рамзина Т.В., Хамьянов Л.П. и др. Радиоактивное загрязнение окружающей среды ²⁴¹Am вследствие аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. – 1994. – Т. 77. – Вып. 2. - С. 140-145.
9. Кассич В.Ю. Сведения об эпизоотической ситуации по туберкулезу крупного рогатого скота в некоторых регионах, подвергшихся загрязнению радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС // Матер. Межд. конф. «Общая эпизоотология: иммунологические, экологические и методические проблемы». – Харьков: Изд-во УААН, 1995. – С. 56-59.
10. Мазуркевич А.Й., Наконечна М.Г., Куц Н.В., Терещенко М.П. До питання вивчення перебігу епізоотичного процесу на забруднених радіонуклідами територіях // Науковий вісник НАУ. – 2000. - № 28. – С. 133-136.
11. Національна доповідь України „15 років Чорнобильської катастрофи. Досвід подолання”. – К.: МНС, 2001. – 150 с.
12. Національна доповідь України „20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє”. – К.: Атіка, 2006. – 224 с.
13. Павлоцкая Ф.И., Поспелов Ю.Н., Мясоедов Б.Ф. и др. Поведение трансплутониевых элементов в окружающей среде // Радиохимия. - 1991. - № 3. - С. 112-119.
14. Судаков М.О., Береза В.І., Погурський В.Г. та ін. Мікроелементози сільськогосподарських тварин. – К.: Урожай, 1991. – 144 с.