

5. Dołęga, J.M. (2006). Sozologia systemowa — dyscyplina naukowa XXI wieku [Systemic sciences — the discipline of the 21st century]. *Problemy ekorozwoju — Ecodevelopment problems*, 1, 2, 11–23 [in Polish].
6. Goetel, W. (1966). Sozologia — nauka o ochronie przyrody i jej zasoby [Sozologia — science about the protection of nature and its resources]. *Kosmos — Cosmos*, 5, 473–482 [in Polish].
7. Michajłow, W. (1975). *Sozologia ta problemy srodowiska zycia człowieka [Sozologia these problems of the environment of human life]*. Warszawa [in Polish].
8. Kondrat'eva, N.V., Tsarenko, P.M. (Ed.). (2008). *Osnovy al'hosozologii [Bases of algosozology]*. Kyiv [in Russian].
9. Stoyko, S.M. (1973). Nova haluz' nauky — okhrona biosfery ta yiyi zavrannya na Ukrayini [New branch of the science — a guard biosphere and its tasks in Ukraine]. *Visnyk AN URSSR — Journal of the Academy of Sciences of the USSR*, 7, 83–91 [in Ukrainian].
10. Tunytsya, Yu.Yu. (2002). *Ekolohichna Konstytutsiya Zemli. Ideya. Kontseptsiya. Problema [The Ecological Constitution of the Earth. The Idea. The Concept. The Problem.]*. Lviv: Vydav. tsentr LNU im. Ivana Franka [in Ukrainian].

УДК 631.95:577.391

## СТАНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ РАДІОЕКОЛОГІЇ В УКРАЇНІ: ЕТАПИ РОЗВИТКУ, ДОСЯГНЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ

I.M. Гудков

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Розглянуто етапи становлення й розвитку радіоекології та її галузі — сільськогосподарської радіоекології. Сформульовано проблеми, що постали перед радіоекологією після аварії на Чорнобильській АЕС, зокрема у теперішній, віддалений від неї час.*

**Ключові слова:** радіоекологія, сільськогосподарська радіоекологія, аварія на Чорнобильській АЕС, проблеми, завдання.

Радіоекологія — це напрям радіобіології (хоча може вже й окрема наука), що вивчає концентрації та поведження (розподіл, міграцію, кругообіг) радіоактивних речовин у навколишньому природному середовищі та дію їх іонізуючого випромінювання на живі організми. Її галузь — сільськогосподарська радіоекологія — звужує середовище до об'єктів сільськогосподарського спрямування, а живі організми — до сільськогосподарських рослин і тварин та агроценозів.

Прерогативою радіоекології, як правило, є зовсім незначні потужності хронічного опромінення організмів іонізуючим

випромінюванням радіаційного фону, а також унаслідок забруднення біосфери природними і штучними радіонуклідами. Проте багато рослин і тварин можуть нагромаджувати в життєво важливих органах значну кількість радіоактивних речовин, що спричиняє істотне внутрішнє опромінення організму. Впливаючи на генетичний апарат, додаткове опромінення зумовлює зростання темпів мінливості клітин і всього організму. Вищі дози можуть знижувати їх життєздатність, і навіть спричиняти загибель найбільш чутливих до іонізуючих випромінювань видів, і зрештою змінювати структуру біоценозів та збіднювати їх міжвидові взаємовідношення.

У становленні та розвитку радіоекології можна виокремити чотири етапи, хоча пе-

ріодизація її історії є доволі спірною [1–3]. *Перший етап — початок 1930–1945 рр.* Існують підстави вважати, що у витоків радіоекології, яка виникла на стику радіобіології та екології, стояв великий вчений — перший президент Академії наук України В.І. Вернадський [4]. Саме під його керівництвом у Біогеохімічній лабораторії АН СРСР були виконані піонерні дослідження з накопичення важких природних радіонуклідів рослинами і тваринами та закладені основи вивчення їх міграції у різних об'єктах навколишнього природного середовища. У цій лабораторії вперше були проведені дослідження з біологічної дії інкорпорованих природних радіоактивних елементів, зокрема урану і радію, на організми рослин і тварин [5–7]. Вже тоді особлива увага приділялася можливій їх генетичній дії. Саме науковий співробітник цієї лабораторії О.О. Передельський, а також видатний російський радіобіолог і радіоеколог О.М. Кузін [8], водночас і незалежно з відомим американським екологом і радіоекологом Ю.П. Одумом [9], у 1956–1957 рр. запропонували термін «радіоекологія» для назви нового напрямку у науці, що був визнаний у всьому світі і став її офіційною назвою.

*Другий етап — 1945–1963 рр.* Це був період масових випробувань атомної зброї, що розпочався першим вибухом у штаті Нью-Мексика (США), другим і третім у містах Хіросіма і Нагасакі (Японія) та іншими, пізніше підхопленими Радянським Союзом, Великою Британією, Францією. Тоді були здійснені великомасштабні роботи з вивчення процесів міграції та надходження в живі організми штучних радіонуклідів — продуктів поділу урану і плутонію. Саме у цей період виникло окреме відгалуження радіоекології — сільськогосподарська радіоекологія, основним завданням якої стало вивчення концентрації та міграції радіонуклідів у об'єктах сільського господарства та впливу їх іонізуючих випромінювань на сільськогосподарські рослини та худобу.

Цей час позначився також низкою крупних радіаційних аварій на підприєм-

ствах ядерного паливного циклу: на АЕС у м. Чок-Ривер (Канада, 1954 р. — 5 балів за шкалою INIS), на сховищі радіоактивних відходів радіохімічного заводу «Маяк» на Південному Уралі (Радянський Союз, 1957 р. — 6 балів), на АЕС «Віндскейл» (Велика Британія, 1957 р. — 5 балів) та іншими, внаслідок чого значні території зазнали радіоактивного забруднення. Якщо випробування атомної зброї відбувалося у задалегідь відведених місцях, то аварії були несподіваними, непередбаченими, іноді з непоправними катастрофічними наслідками, згубна дія яких проявляється впродовж багатьох десятиліть. Це стимулювало розширення і поглиблення наукових досліджень у галузі радіоекології, у т.ч. і сільськогосподарського спрямування.

Так, 5 серпня 1963 р. у Москві між урядами СРСР, США і Великої Британії був підписаний Договір про заборону на випробування атомної зброї в атмосфері, у космічному просторі та під водою (Московський договір), за винятком підземних ядерних вибухів, що унеможливило її вдосконалення. Упродовж двох наступних місяців договір підписали 107 держав, серед яких не було Франції і Китаю. Втім через деякий час вони стали додержуватися умов цього договору. Останні три випробування здійснила КНДР у 2006–2013 рр.

*Третій етап — 1963–1986 рр.* — період, коли основні проблеми радіоекології були присвячені екологічним аспектам безпеки використання ядерної енергетики і застосування радіаційних технологій у різних сферах господарювання, у т.ч. і сільському господарстві. На цьому етапі остаточно були сформульовані основні її завдання:

— виявлення територій суші і акваторій з підвищеним умістом радіонуклідів;

— дослідження шляхів міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами, і насамперед у ланці «грунт — рослина — тварина — людина», з метою припинення чи послаблення екологічних зв'язків на будь-якій її ділянці;

— прогнозування поведінки радіонуклідів у навколишньому природному се-

редовищі і оцінка дозових навантажень на живі об'єкти.

26 квітня 1986 р. — час аварії на Чорнобильській АЕС — з усіма підставами можна вважати завершенням третього етапу і початком нового, четвертого, який триває дотепер. Ця дата взагалі розділила історію радіоекології на «дочорнобильський» і «післячорнобильський» періоди [10].

Системні науково поставлені радіоекологічні дослідження в Україні були розпочаті тільки на другому етапі. Україна пишається тим, що український вчений Г.Г. Полікарпов є засновником абсолютно нового напрямку — морської радіоекології. В лабораторії радіоекології Інституту біології південних морів (до 1963 р. — Севастопольська біологічна станція ім. О.О. Ковалевського) під його керівництвом уперше були проведені масштабні дослідження з міграції природних і штучних радіонуклідів у морських гідросистемах Світового океану, їх нагромадження в окремих компонентах гідробіосистем та з біологічної дії на гідробіонти. Ці дослідження одержали високу оцінку з боку світової наукової громадськості, а практичні радіаційно-гігієнічні рекомендації відіграли важливу роль під час підписання у 1963 р. згаданого Московського договору про заборону ядерних випробувань у трьох середовищах, у т.ч. і під водою. Фундаментальні роботи Г.Г. Полікарпова та його співробітників «Радиоэкология морских организмов [11], «Радиоохомоэкология Черного моря» [12] та інші визнано в усьому світі. Свідченням цього є й те, що Г.Г. Полікарпову у 1965 р. було доручено організацію відділу радіоекології в Інституті океанології (Куба), а в 1975–1979 рр. — керівництво секцією в Міжнародній лабораторії морської радіоактивності МАГАТЕ (Монако).

Одним з ініціаторів проведення в Україні широких систематичних радіоекологічних досліджень був видатний агрохімік і фізіолог рослин П.А. Власюк. В Інституті фізіології рослин АН УРСР, який він тоді очолював, у 1950–1960 рр. під безпосереднім керівництвом Д.М. Гродзинського були розгорнуті широкомасштабні роботи з ви-

вчення природної радіоактивності ґрунтів, рослин, насамперед сільськогосподарських культур, повітря, води на території країни. У процесі досліджень особливо ретельно було вивчено радіоактивність ґрунтів усіх ґрунтово-кліматичних зон, оцінено вміст основних дозоутворювальних природних радіоактивних елементів урану, торію, радю, радону, радіоактивного ізотопу калію та деяких інших. На підставі цих даних були створені карти вмісту основних природних радіонуклідів у ґрунтах України, на яких були виділені провінції з підвищеною радіоактивністю ґрунтів та сільськогосподарських угідь у Черкаській, Вінницькій, Київській, Житомирській, Запорозькій, Кіровоградській областях, що зумовлено, як правило, виходом на поверхню підстильних корінних порід — гранітів. Було встановлено радіоактивність рослин різного таксономічного походження, сформульовано теоретичні підходи до визначення впливу природної радіоактивності на розвиток і формування фітоценозів. Результати цих досліджень були узагальнені у фундаментальній монографії Д.М. Гродзинського «Естественная радиоактивность растений и почв» [13], що й досі залишається важливим документальним свідченням ситуації щодо рівня вмісту природних радіонуклідів у окремих компонентах природного середовища до періоду масового промислового видобутку урану на території України.

Автору цих рядків, у ті роки аспіранту П.А. Власюка і Д.М. Гродзинського, разом з іншими співробітниками відділу біофізики і радіобіології Інституту фізіології рослин АН УРСР довелось брати участь в роботі експедицій з обстеження і визначення рівнів природної радіоактивності на території Українських Карпат, Закарпаття, Прикарпаття та деяких інших регіонів України. Оцінюючи свій вельми скромний внесок як різнороба у ці дослідження, причетність до них назавжди залишилась яскравою подією, якою були відзначені перші кроки у сільськогосподарській радіоекології.

Без перебільшення можна вважати, що це були піонерні дослідження, що вписувалися у сферу сільськогосподарської радіо-

екології, а П.А. Власюка і Д.М. Гродзинського, які увійшли в історію біологічної науки нашої країни як відомі вчені, засновниками і сільськогосподарської радіоекології в Україні.

Паралельно у ці роки в Інституті фізіології ім. О.О. Богомольця АН УРСР під керівництвом А.І. Даниленка проводились роботи з вивчення природної бета-активності ґрунтів, рослин, сільськогосподарських тварин і людини, обумовленої, переважно, бета-випромінюванням природного радіоактивного ізотопу  $^{40}\text{K}$ . Невеликою групою дослідників була оцінена радіоактивність тисяч зразків з території України. Основна мета цих досліджень зводилася до розв'язання проблеми нормування і визначення гранично допустимої інтенсивності іонізуючої радіації для людини, вияснення фізіологічної ролі і біологічної дії на людину природних радіоактивних нуклідів. Одержаний матеріал пізніше узагальнено у книзі «Природная бета-радиоактивность растений, животных и человека» [14], що є суттєвим внеском у розвиток вітчизняної радіоекології, зокрема, її сільськогосподарський напрям.

Мусимо констатувати, що незважаючи на масштабні роботи з вивчення поведінки у навколишньому природному середовищі штучних радіонуклідів — продуктів поділу урану і плутонію внаслідок випробувань атомної зброї, що розгорнулися в усьому світі, в Україні такі роботи, на відміну від Росії, майже не проводилися. Безперечно, підстав для проведення великомасштабних досліджень у цьому напрямі у російських радіоекологів було достатньо, адже на території країни були збудовані і діяли величезні полігони з випробувань атомної зброї: Новоземельський полігон, де-факто російський Семіпалатинський полігон у степах Казахстану, та деякі інші на просторах її азіатської частини. У 1957 р. саме на території Росії сталася вже згадана найбільша на той час радіаційна аварія на Південному Уралі — відома як Киштимська аварія, внаслідок якої зазнали радіонуклідного забруднення значні території сільськогосподарських і лісних угідь. На

них в умовах цілковитої секретності проводили дослідження у галузі сільськогосподарської радіоекології російські вчені. Іноді фрагменти їх робіт доповідались на відкритих наукових конференціях, друкувались у доступних наукових виданнях. Але ані слова про радіаційні інциденти, місце проведення досліджень — фігурували якісь «експериментальні поля», «дослідні ділянки». Адже й про саму Киштимську аварію широка громадськість дізналася лише на початку 1990-х років.

Саме тоді керівником досліджень у галузі сільськогосподарської радіоекології, засновником її у світовому масштабі В.М. Клечковським була сформульована головна парадигма цього напрямку радіоекології, згідно з якою ареал, де спостерігаються видимі зміни природних і сільськогосподарських угруповань рослин і тварин радіаційної природи, є істотно меншим, ніж площа, на котрій обмежується діяльність людини або вона забороняється взагалі, оскільки концентрації радіонуклідів на об'єктах навколишнього природного середовища перевищують допустимі рівні [15]. Це припущення і визначило головний напрям досліджень у сільськогосподарській радіоекології.

Фундаментальні дослідження про міграцію штучних радіонуклідів, що випали внаслідок випробувань атомної зброї, були проведені на території України групою російських вчених з Інституту біофізики МОЗ СРСР за участю українських колег під керівництвом О.М. Марєя у 1957–1967 рр. Результати досліджень свідчили, що за однакової структури харчування населення України основний внесок  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  (близько 90%) у раціон жителів Полісся, особливо сільських мешканців, спричинено споживанням молока. Це зумовлено високим рівнем переходу цих радіонуклідів з бідних на ґрунтово-вбирний комплекс і мінеральні елементи, до того ж кислих дерново-підзолистих та торфоболотних ґрунтів цього регіону, в кормові рослини [16]. Одержані більш як за 20 років до аварії на Чорнобильській АЕС закономірності міграції цих радіонуклідів були повністю

підтверджені дослідженнями радіоекологів у післяаварійний період.

Здавалося б, що ці роботи, будівництво на території України п'ятих атомних електростанцій, що розпочалося на початку 70-х років (1970 р. — Чорнобильська АЕС, 1973 р. — Рівненська, 1975 р. — Південноукраїнська, 1981 р. — Запорізька і Хмельницька АЕС) і які були введені в дію вже наприкінці 1970-х — початку 1980-х років, мало б стимулювати розвиток робіт у галузі сільськогосподарської радіоекології. Адже на той час вже добре було відомо, що внаслідок ядерних і радіаційних інцидентів насамперед уражується (зазнає радіонуклідного забруднення) сільськогосподарська сфера, і продукція рослинництва та тваринництва стає основним джерелом формування дози опромінення іонізуючою радіацією широких верств населення. Але, на превеликий жаль, цього не сталося. І хоча роботи з вивчення міграції продуктів поділу урану та їх надходження в організм людини проводилися у деяких установах, систематичних досліджень у галузі їх переходу з ґрунту в сільськогосподарські рослини, надходження в продукцію рослинництва і тваринництва, розробки засобів запобігання накопиченню майже не було. В Україні не було і наукової установи, яка могла займатися проблемами сільськогосподарської радіоекології, не було навіть підрозділу на рівні лабораторії, відділу, групи, де б проводилися такі дослідження. Саме тому аварія на Чорнобильській АЕС знеацька застала радіобіологів і радіоекологів України — власних кадрів, фахівців у цьому глибоко специфічному напрямі радіоекології в країні не було.

А масштаби аварії були вражаючими. Регіон аварії охопив величезну площу. Тільки обмежена ізоляцією щільності забруднення  $^{137}\text{Cs}$  на рівні  $37 \text{ kBк/м}^2$  ( $1 \text{ Ки/км}^2$ ) становила понад 150 тис.  $\text{км}^2$ , або 4% від території колишнього СРСР (в Україні — 53,5 тис.  $\text{км}^2$  і 9% відповідно), а це — 6,5 млн га сільськогосподарських угідь (в Україні — 1,13), 4,2 млн га лісів (в Україні — 1,21), розгалужена система річок та озер, близько 6 тис. населених пунктів

(в Україні — 2293), у яких мешкає й досі понад 6 млн осіб (в Україні — понад 2,3). Тобто це — один з найбільше заселених регіонів тодішнього СРСР.

За низкою аргументів аварія була названа сільськогосподарською, зокрема [17]:

- основна господарча спрямованість регіону аварії — аграрне виробництво;
- близько 70% населення, яке мешкає у регіоні, становлять сільські жителі;
- сільськогосподарська продукція, одержана на забруднених радіонуклідами угіддях, є одним з основних, а нерідко й домінуючим джерелом опромінення людини іонізуючою радіацією;
- дози опромінення сільського населення є значно вищими порівняно з мешканцями міст, що зумовлено специфічним «сільським типом харчування»;
- мінімізація наслідків аварії у сільськогосподарській сфері, у т.ч. за допомогою вжиття радіозахисних заходів, або контрзаходів, на забруднених радіонуклідами територіях, є одним з основних елементів системи радіаційної безпеки населення країни.

Утім, з перших днів після аварії потужний колектив співробітників відділу біофізики та радіобіології Інституту фізіології рослин АН УРСР під керівництвом Д.М. Гродзинського, кардинально змінивши напрям своїх наукових досліджень одним з перших розпочав вивчення її наслідків у фіто- і агроценозах. Були отримані унікальні результати про характер транспорту і розподілу радіонуклідів за їх надходження в рослини, описані різні радіобіологічні ефекти інкорпорованих радіонуклідів, створені математичні моделі, що дають змогу прогнозувати радіологічну ситуацію у сфері рослинництва у наступні роки. Результати цих робіт висвітлено у колективних монографіях: «Антропогенная радионуклидная аномалия и растения» [18], «Радіобіологічні ефекти хронічного опромінення рослин у зоні впливу Чорнобильської катастрофи» [19] та інших наукових працях.

Вже через місяць після аварії при Міністерстві сільського господарства Укра-

їни було організовано філіал Всесоюзного НДІ сільськогосподарської радіології (нині УкрНДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України), колектив якої, очолюваний М.О. Лощловим (пізніше Б.С. Прістером, В.О. Кашпаровим), оперативно приступив до вивчення наслідків аварії в аграрній сфері.

У перші роки після аварії значну частку становили роботи, пов'язані безпосередньо з ліквідацією її наслідків у сільськогосподарській сфері. Оперативно були розроблені експрес-методи оцінки радіонуклідного забруднення сільськогосподарських угідь, проведені масштабні роботи з відбору та аналізу десятків тисяч зразків ґрунту, рослинності, продукції тваринництва, що надало змогу у найкоротші терміни обстежити всю територію України, провести картування забруднених угідь, оцінити радіоекологічну ситуацію у різних ґрунтово-кліматичних зонах країни і сферах сільськогосподарського виробництва, вивести з використання найбільш забруднені ділянки. Також були розроблені програми перепрофілювання господарств, розташованих на забруднених територіях, рекомендації з дезактивації присадибних ділянок. І вже на початку 1990-х років радіологічну ситуацію в сільськогосподарському виробництві України вдалося стабілізувати.

В Україні була широко розгорнута багатопільова науково-дослідна програма «Сільськогосподарська радіологія», керівником якої був відомий український радіобіолог-радіоеколог Б.С. Прістер, котрий свого часу отримав практичний досвід з вивчення наслідків Киштимської аварії та їх мінімізації в аграрній сфері. Були сформульовані основні завдання, що постали перед вітчизняною сільськогосподарською радіоекологією і котрі згодом трансформувалися в окремі її напрям на довгі роки [20–22], зокрема:

- проведення комплексу методичних та експериментальних робіт з радіоекологічного моніторингу агробіоценозів, у т.ч. радіаційний контроль сільськогосподарської продукції забруднених територій та розробка рекомендацій щодо безпечного

і раціонального ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення;

- вивчення закономірностей міграції радіонуклідів «чорнобильського викиду» ланцюгом «ґрунт – рослини – корми – організм тварин» з метою дослідження шляхів надходження радіонуклідів у продукцію рослинництва і тваринництва, прогнозів можливого її забруднення, розробки та впровадження заходів, спрямованих на зниження забруднення продуктів харчування;

- вивчення впливу різних видів та доз добрив і меліорантів, а також комбінацій засобів обробки ґрунту і технологій застосування засобів хімізації на накопичення радіоактивних речовин в урожаї сільськогосподарських культур;

- розробка систем кормовиробництва в умовах забруднення природних кормових угідь і орних земель  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  як основи ведення тваринництва на забруднених територіях;

- розробка заходів з раціонального використання і переробки сільськогосподарської продукції;

- створення баз даних і систем підтримки та прийняття рішень у разі аварійних ситуацій;

- побудова моделей динаміки рухливості та біологічної доступності радіонуклідів залежно від фізико-хімічних форм випадіння і ґрунтово-кліматичних умов;

- реабілітація забруднених земель, розробка науково обґрунтованих заходів з метою повернення зони відчуження до господарського використання.

У перше післяаварійне десятиріччя в межах цієї програми і низки інших проєктів у широкій мережі науково-дослідних інститутів Національної академії аграрних наук України (тоді ПВ ВАСГНІЛ, УААН), Міністерства сільського господарства України, аграрних вищих навчальних закладів, серед яких достойне місце зайняв і Український філіал Центрального інституту агрохімічного обслуговування, на базі якого згодом був організований Інститут агроекології і природокористуван-

ня НААН, розгорнулися роботи в галузі сільськогосподарської радіоекології, спрямовані насамперед на вивчення і мінімізацію наслідків аварії в агропромисловому секторі країни. Було цілком очевидно, що продукція сільського господарства на довгі десятиліття, якщо не століття, стане основним джерелом формування додаткової дози опромінення людини. Це означало, що відповідальність за радіаційну безпеку населення фактично покладається на виробника цієї продукції — працівників сільського господарства.

У подальшому була розроблена концепція ведення сільськогосподарського виробництва на забрудненій території на віддалений після аварії період, програми реабілітації вилучених з землекористування територій. Для найбільш критичних населених пунктів розроблено технічні проекти, що гарантують одержання продукції відповідної якості за чинними вимогами.

На сьогодні в Україні головною науковою організацією, що займається питаннями ведення агропромислового виробництва на забруднених радіонуклідами територіях, залишається УкрНДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України. Такі дослідження тривають в Інституті агроєкології і природокористування НААН, Інституті сільського господарства Полісся НААН, деяких університетах, зокрема на кафедрі радіобіології та радіоекології НУБіП України, Житомирському національному агроєкологічному університеті, Національному університеті водного господарства та природокористування. На превеликий жаль, через низку об'єктивних чинників їх обсяги цілком невиправдано були скорочені. Безперечно, гострота проблем, пов'язаних з аварією на Чорнобильській АЕС у цей віддалений період значно зменшилася. Але не треба забувати, що на території України на чотирьох АЕС працюють 15 енергоблоків і низка підприємств з їх обслуговування; близько 200 атомних енергоблоків експлуатуються на АЕС в сусідніх з Україною державах західної і східної Європи. І як засвідчили наслідки найбільших радіацій-

них аварій, радіонукліди не знають кордонів.

Нині в Україні функціонує, може і не доволі задовільно, мережа радіоекологічного моніторингу, яка контролює радіологічну ситуацію в деяких сферах, у т.ч. і аграрній. Проводиться аналіз радіаційного стану в регіонах, що зазнали радіонуклідного забруднення, в деяких галузях виробництва, зокрема у сільськогосподарському, триває вивчення основних закономірностей міграції довгоживучих радіонуклідів на об'єктах довкілля, здійснюються роботи з безпечної організації ведення певних галузей, насамперед аграрного виробництва, в умовах забруднених радіонуклідами територій.

Насамкінець, основні завдання, які стоять перед сільськогосподарською радіоекологією на сучасному, віддаленому після аварії на Чорнобильській АЕС етапі, і потребують виконання, можна звести до таких:

- широкий систематичний радіоекологічний моніторинг сфери сільського господарства, який включає оцінку вмісту основних дозоутворювальних штучних радіонуклідів у його об'єктах: ґрунтах, водоймах, сільськогосподарських угіддях, продукції рослинництва і тваринництва;
- вивчення особливостей міграції радіонуклідів у ґрунтах різних типів у ланці «ґрунт — сільськогосподарські рослини — сільськогосподарські тварини — людина» з наступною кількісною оцінкою накопичення радіонуклідів у кожній ланці трофічних ланцюгів;
- дослідження особливостей формування поглинених доз іонізуючої радіації в сільськогосподарських рослинах, організмі сільськогосподарських тварин унаслідок внутрішнього опромінення інкорпорованих радіонуклідів, а також їх біологічної дії на певні їх види і агроценози;
- розробка заходів з мінімізації накопичення радіонуклідів у продукції рослинництва і тваринництва та рекомендацій з ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях;
- прогнозування тенденцій щодо радіоактивного забруднення продукції рослинництва і тваринництва.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Alexakhin R.M. Radioecology: History and state-of-the-art at the beginning of the 21th century / R.M. Alexakhin // Radiation Risk Estimates in Normal and Emergency Situations. — Springer, 2006. — P. 159–168.
2. Гудков І.М. Радіоекологія як наука: історія та сучасні проблеми / І.М. Гудков. — К.: НУБіП України, 2011. — 505 с.
3. Славова Т.В. Сільськогосподарська радіоекологія в Україні: історичні витоки, становлення, розвиток / Т.В. Славова, В.А. Вергунов, В.П. Славова. — Житомир: ЖДУ, 2014. — 226 с.
4. Гудков І.М. В.І. Вернадський — основоположник радіоекології / І.М. Гудков // Вісник ДонНУЕТ. — 2010. — № 2 (46). — С. 105–111.
5. Вернадский В.И. О концентрации радия живыми организмами / В.И. Вернадский // Докл. АН СССР. — 1929. — № 2. — С. 33–34. — (Серия «А»).
6. Вернадский В.И. О концентрации радия растительными организмами / В.И. Вернадский // Докл. АН СССР. — 1930. — № 20. — С. 539–542. — (Серия «А»).
7. Вернадский В.И. Геохимия, биогеохимия и радиология на новом этапе / В.И. Вернадский // Вестн. АН СССР. — 1933. — № 11. — С. 17–24.
8. Кузин А.М. Радиоэкология / А.М. Кузин, А.А. Педерельский // Бюллетень охраны природы. — 1956. — № 1. — С. 65–70.
9. Odum E.P. Radiation ecology / E.P. Odum // Fundamental of Ecology. — Philadelphia, Penna: W.B. Saunders Co, 1957. — P. 452–479.
10. Алексахин Р.М. Радиоэкологические уроки Чернобыля / Р.М. Алексахин // Радиобиология. — 1993. — Т. 33, Вып. 1. — С. 3–14.
11. Поликарпов Г.Г. Радиоэкология морских организмов / Г.Г. Поликарпов. — М.: Атомиздат, 1964. — 296 с.
12. Радиохемозкология Черного моря / Г.Г. Поликарпов, Н.С. Рисик, А.Я. Зесенко и др; под ред. Г.Г. Поликарпова и Н.С. Рисика. — К.: Наукова думка, 1977. — 232 с.
13. Гродзинский Д.М. Естественная радиоактивность растений и почв / Д.М. Гродзинский. — К.: Наук. думка, 1965. — 216 с.
14. Шевченко И.Н. Природная β-радиоактивность растений, животных и человека / И.Н. Шевченко, А.И. Даниленко. — К.: Наук. думка, 1989. — 208 с.
15. Марей А.Н. Глобальные выпадения цезия-137 и человек / А.Н. Марей, Р.М. Бархударов, Н.Я. Новикова. — М.: Атомиздат, 1974. — 167 с.
16. Алексахин Р.М. Радиоэкология и Чернобыль / Р.М. Алексахин // Ежемесячный журнал атомной энергетики России. — 2006. — № 4. — С. 43–49.
17. Корнеев Н.А. Сфера агропромышленного производства — радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и основные защитные мероприятия / Н.А. Корнеев, А.П. Поваляев, Р.М. Алексахин // Атомная энергия. — 1988. — Т. 65, Вып. 2. — С. 129–134.
18. Антропогенная, радионуклидная аномалии и растения / под ред. Д.М. Гродзинского. — К.: Лыбидь, 1991. — 158 с.
19. Радіобіологічні ефекти хронічного опромінення рослин у зоні впливу Чорнобильської катастрофи / під ред. Д.М. Гродзинського. — К.: Наук. думка, 2008. — 374 с.
20. Пристер Б.С. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для сельского хозяйства Украины / Б.С. Пристер — К.: Центр Приватизації та Економічної Реформи в АПК, 1999. — 104 с.
21. Пристер Б.С. Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии и радиобиологии при загрязнении окружающей среды молодой смесью продуктов ядерного деления / Б.С. Пристер. — К.: НАН Украины, 2008. — 320 с.
22. Гудков І.М. Актуальні завдання і проблеми сільськогосподарської радіоекології через чверть століття після аварії на Чорнобильській АЕС / І.М. Гудков, В.О. Кашпаров // Вісник ЖНАЕУ. — 2012. — Вип. № 1 (30), Т. 1. — С. 27–36.

## REFERENCES

1. Alexakhin, R.M. (2006). Radioecology: History and state-of-the-art at the beginning of the 21th century [in English].
2. Hudkov, I.M. (2011). Radioekolohiya yak nauka: istoriya ta suchasni problem [Radioecology as a science: history and modern problems]. Kyiv: NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
3. Slavova, T.V., Verhunov, V.A., Slavov, V.P. (2014). Silskohospodarska radioekolohiia v Ukraini: istorichni vytoky, stanovlennia, rozvytok [Agricultural radioecology in Ukraine: the historical origins, formation and development]. Zhytomyr: ZhDU [in Ukrainian].
4. Hudkov, I.M. (2010). V.I. Vernadskyi — osnovopolozhnyk radioekolohii [V. I. Vernadsky — the founder of radioecology]. Visnyk DonNUET — Vestnik DonNUET, 2, 46, 105–111 [in Ukrainian].
5. Vernadskyi, V.Y. (1929). O kontsentratsii radiya zhivymi organizmami [On radium concentration by living organisms]. Dokl. AN SSSR. — Report Academy of Sciences of the USSR, Vol. A, 2, 33–34 [in Russian].
6. Vernadskyi, V.Y. (1930). O kontsentratsii radiya rastitelnyimi organizmami [On the concentration of radium by plant organisms]. Dokl. AN SSSR. — Report Academy of Sciences of the USSR, Vol. A, No. 20, 539–542 [in Russian].
7. Vernadskyi, V.Y. (1933). Geohimiya, biogeohimiya i radiologiya na novom etape [Geochemistry, biogeochemistry and radiology on the new stage]. Vestn.



- AN SSSR. — Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*, 11, 17–24 [in Russian].
8. Kuzin, A.M., Peredelskiy, A.A. (1956). Radioekologiya [Radioecology]. *Byulleten ohranyi prirody — Bulletin for the conservation of nature*, 1, 65–70 [in Russian].
  9. Odum E.P. (1957). *Radiation ecology*. Fundamental of Ecology. Philadelphia, Penna: W.B. Saunders Co [in English].
  10. Aleksahin, R.M. (1993). Radioekologicheskie uroki Chernobyilya [Radioecological lessons of Chernobyl]. *Radiobiologiya. — Radiobiology*, 33, 1, 3–14 [in Russian].
  11. Polikarpov, G.G. (1964). *Radioekologiya morskikh organizmov [Radioecology of marine organisms]*. Moscow: Atomizdat [in Russian].
  12. Polikarpov, G.G., Risik, N.S., Zesenko, A.Ya. et al. (1977). *Radiohemoekologiya Chernogo moraya [Radiochemoecology of the Black sea]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
  13. Grodzinskiy, D.M. (1965). *Estestvennaya radioaktivnost rasteniy i pochv [Natural radio-activity of plants and soils]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
  14. Shevchenko, I.N., Danilenko, A.I. (1989). *Prirodnaya  $\beta$ -radioaktivnost rasteniy, zivotnykh i cheloveka [Natural  $\beta$ -radioactivity of plants, animals and humans]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
  15. Marey, A.N., Barhudarov, R.M., Novikova, N.Ya (1974). *Globalnyie vyipadeniya tseziya-137 i chelovek [Global fallout of caesium-137 and people]*. Moscow: Atomizdat [in Russian].
  16. Aleksahin, R.M. (2006). Radioekologiya i Chernobyl [Radioecology and the Chernobyl]. *Ezhemesyachnyiy zhurnal atomnoy energetiki Rossii — Monthly magazine of atomic energy of Russia*, 4, 43–49 [in Russian].
  17. Korneev, N.A., Povalyaev, A.P., Aleksahin, R.M. (1988). Sfera agropromyshlennogo proizvodstva — radioekologicheskie posledstviya avarii na Chernobyil'skoy AES i osnovnyie zaschitnyie meropriyatiya [The field of agricultural production — radioecological consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant and basic control measures]. *Atomnaya energiya — Atomic energy*, 65, 2, 129–134 [in Russian].
  18. Grodzinskiy, D.M. (Eds.). (1991). *Anthropogenic radionuclide anomaly and plants*. Kyiv: Lybid [in Russian].
  19. Grodzinskiy, D.M. (Eds.). (2008). *Radiobiology effects of chronic irradiation of plants are in the affected of the Chornobyl's catastrophe zone*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
  20. Prister, B.S. (1999). *Posledstviya avarii na Chernobyil'skoy AES dlya selskogo hozyaystva Ukrainyi [The consequences of the accident at the Chernobyl NPP for agriculture of Ukraine]*. Kyiv: Tsentr Privatizatsiyi ta Ekonomichnoyi Reformi v APK [in Russian].
  21. Prister, B.S. (2008). *Problemyi selskohozyaystvennoy radioekologii i radiobiologii pri zagryaznenii okruzhayuschey sredy molodoy smesyu produktov yadernogo deleniya [Problems of agricultural radioecology and radio-biology at contamination of environment young mixture of foods of nuclear fission]*. Kyiv: NAN Ukrainy [in Russian].
  22. Gudkov, I.M., Kashparov, V.O. (2012). Aktualni zavdannia i problemy silskohospodarskoi radioekologii cherez chvert stolittia pislia avarii na Chornobyil'skii AES [Current tasks and problems of agricultural radioecology in the quarter-century after the accident at the Chernobyl AEC]. *Visnyk ZhNAEU — Bulletin of ZhNAEU*, 1, 30, 1, 27–36 [in Ukrainian].