

Т.В.Славова, В.А.Вергунов, В.П.Славов

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА
РАДІОЕКОЛОГІЯ
В УКРАЇНІ: ІСТОРИЧНІ ВИТОКИ,
СТАНОВЛЕННЯ, РОЗВИТОК**

**Міністерство аграрної політики та продовольства України
Житомирський національний агроекологічний університет
Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН
України**

Т.В.Славова, В.А.Вергунов, В.П.Славов

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА РАДІОЕКОЛОГІЯ
В УКРАЇНІ: ІСТОРИЧНІ ВИТОКИ, СТАНОВЛЕННЯ,
РОЗВИТОК**

Монографія

**Житомир
Вид-во ім. І. Франка
2014**

УДК 57.043:63:37:022

ББК 40.73

Г 93

*Затверджено до друку Вченою радою Житомирського
національного агроекологічного університету
(протокол №11 від 26 червня 2014 р.)*

Рецензенти:

Романчук Л.Д. - доктор сільськогосподарських наук, професор Житомирський національний агроекологічний університету;

Савчук І.М. - доктор с.-г. наук, професор Інституту сільського господарства Полісся НААН України;

Кучма М.Д. - доктор с.-г. наук, професор Інституту агроекології і природокористування НААН України).

Т.В.Славова, В.А.Вергунов, В.П.Славов

Сільськогосподарська радіоекологія в Україні: історичні витоки, становлення, розвиток. Монографія. За редакцією чл.-кор. НААН України В.П.Славова. – Житомир, Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. – 226 с.

Монографія підготовлена на основі детального вивчення архівних матеріалів, численних наукових праць дослідників проблем радіобіології і радіоекології, аналізу діяльності державних установ, науково-дослідних інститутів і закладів освіти.

Наведені відомості про історичні витоки сучасної сільськогосподарської радіоекології. Підкреслено, що радіобіологія є теоретичною основою радіоекології взагалі і сільськогосподарської – зокрема. Вона вивчає первинні механізми впливу іонізованого опромінювання на живі організми різної будови і рівня організації. На сучасному етапі сільськогосподарська радіобіологія являє собою самостійний напрям загальної радіаційної екології. Одним із головних завдань радіоекології є вивчення найбільш критичних ланок, вміст радіонуклідів у яких значно вищий, ніж у інших, створення математичних моделей міграції радіонуклідів по трофічним ланцюгам та встановлення безпечних рівнів вмісту в навколишньому середовищі.

Особлива увага приділена розкриттю становлення наукових шкіл і внеску представників цих наукових шкіл в розвиток і становлення радіобіології та сільськогосподарської радіоекології як в СРСР, так і в Україні. Наведені відомості про діяльність вітчизняних учених і їх внесок у розвиток радіоекології в Україні.

Корисну інформацію знайдуть в монографії викладачі, аспіранти і студенти вищих навчальних закладів, а також наукові співробітники, спеціалісти, що займаються радіаційним контролем продукції, працівники державних установ.

УДК 57.043:63:37:022

ББК 40.73

ISBN 978-966-485-170-8

©Славова Т.В., 2014

©Вергунов В.А., 2014

©Славов В.П., 2014

Зміст

Глава 1. Історичні витoki становлення сільськогосподарської радіоекології в СРСР Україні як складової радіобіології

- 1.1 Радіобіологія – теоретична основа радіоекології
- 1.2 Етапи розвитку радіобіології
- 1.3 Заснування загальної радіоекології – нового перспективного наукового напрямку
- 1.4 Становлення і розвиток сільськогосподарської радіоекології
- 1.5 Формування наукових шкіл академіка ВАСТНІЛ В.М.Клочковського і професора М.В.Тимофєєва-Ресовського та їхній внесок у становлення
 - 1.5.1 Наукова школа академіка В.М.Клочковського
 - 1.5.2 Наукова школа М.В.Тимофєєва-Ресовського
- 1.6 Науковий доробок учених Всеросійського науково-дослідного інституту сільськогосподарської радіоекології і агроєкології (ВНДІСГРАЕ) в становленні і розвитку сільськогосподарської радіоекології

Глава 2. Становлення і розвиток сільськогосподарської радіобіології в Україні

- 2.1 Академік Д.М.Гродзинський – засновник української школи радіобіології рослин
- 2.2 Дослідження академіка НААН України І.Н.Гудкова з проблем сільськогосподарської радіобіології рослин

Глава 3. Розвиток сільськогосподарської радіоекології в Україні після аварії на Чорнобильській АЕС

- 3.1 Оцінка радіаційної ситуації після аварії на ЧАЕС
- 3.2 Система управління і наукового супроводу робіт з ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС
- 3.3 Організація системи радіоекологічного контролю

сільськогосподарської продукції

Глава 4. Внесок вітчизняних учених-аграрників у розвиток сільськогосподарської радіоекології в Україні

- 4.1 Діяльність Південного відділення ВАСГНІЛ щодо організації наукового супроводу робіт з ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС
- 4.2 Діяльність Української академії аграрних наук щодо організації досліджень проблем Чорнобильської катастрофи
- 4.3 Внесок колективу Українського науково-дослідного інституту сільськогосподарської радіоекології (УНДІСГР) у розвиток сільськогосподарської радіоекології

Глава 5. Організація вітчизняної сільськогосподарської радіоекологічної освіти після аварії на ЧАЕС

- 5.1 Внесок колективу Житомирського національного агроекологічного університету в становлення і розвиток сільськогосподарської радіоекології в Україні (1986-2000 рр.)
 - 5.1.1 Наукова діяльність учених Житомирського сільськогосподарського інституту в до чорнобильський період (1922-1985 рр.)
 - 5.1.2 Організація наукових досліджень в університеті по ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС (1986-2001 рр.)
 - 5.1.3 Шлях до виконання спільних міжнародних наукових проектів
 - 5.1.4 Радіоекологічні дослідження під науковим керівництвом чл.-кор. УААН і ВАСГНІЛ, професора М.Й.Долгілевича
 - 5.1.5 Радіологічні дослідження під керівництвом чл.-кор. НААН України, професора В.П.Славова

Глава 6. Внесок окремих учених в розвиток і становлення сільськогосподарської радіології в Україні

- 6.1 Внесок академіка НААН України Б.С.Прістера в становлення і розвиток сільськогосподарської радіології в Україні
- 6.2 Внесок академіка НААН України Ю.І.Савченка в становлення і розвиток сільськогосподарської радіології в Україні

Заключення

ГЛАВА 1

ІСТОРИЧНІ ВИТОКИ СТАНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ РАДІОЕКОЛОГІЇ В СРСР ТА УКРАЇНІ ЯК СКЛАДОВОЇ РАДІОБІОЛОГІЇ

1.1 Радіобіологія – теоретична основа радіоекології

У ході розвитку цивілізації кожна наука виникає, досягає своїх вершин, потім розпадається на кілька частин або зливається з іншими науками, а інколи втрачає актуальність, виконавши свою роль.

До XIX ст. свої соціальні і виробничі потреби людство задовольняло за рахунок метафізичних наук. Достатньо було того, що в них описували світ, який оточує людину, як ізольовані матеріальні об'єкти, що не змінюються від початку свого виникнення. Але вже в середині XIX ст. такі уявлення стали суперечити реаліям життя та виробничій діяльності людини. У відповідь на це виникли нові наукові напрями – такі, як еволюційне вчення, генетика, мікробіологія та багато ін. У цей період у сфері науки почали домінувати напрями, головною ідеєю яких стало дослідження розвитку всіх природних об'єктів та явищ. З розвитком цивілізації на зміну цій ідеї прийшла нова – ідея взаємозв'язку і взаємозумовленості структур і явищ природи. Якраз це і стало періодом становлення і формування сучасної екології. Термін „екологія” вперше запропонував німецький біолог Е. Геккель у 1866 році. В перекладі з грецької слово „oikos” означає дім. Тобто екологія – це наука про „дім”, природу, що оточує нас. Але поступово зміст екології розширювався, змінювалося її місце в системі наук. Із суто біологічної науки „вона трансформувалася в науку про структуру та функцію природи в цілому, науку про біосферу, науку, що вивчає місце людини на нашій планеті, науку про взаємозв'язки всього живого на нашій планеті між собою та з довкіллям” [1].

Сьогодні екологію розглядають як міждисциплінарну науку, що взяла на озброєння всі методи теорії систем. Таким чином вона опинилася на

перехресті біологічних і гуманітарних наук. За визначенням М.Ф.Реймерса, до складу сучасної екології входить 39 розділів, а сама вона тісно пов'язана з 70 великими науковими дисциплінами. Отже, становлення екології як науки є наслідком розвитку цивілізації, науково–технічного прогресу та якісної зміни місця людини в природі.

Відомо, що досягнення науково–технічного прогресу істотно впливають на визначення темпів соціального і економічного розвитку суспільства. Історичний досвід минулого свідчить, що соціальні зміни та економічні реформи мають значний вплив і на розвиток дослідницької справи. Гортаючи книгу історії науки, бачимо, що кінець XIX і XX ст. увійдуть в історію цивілізації як період великих відкриттів у галузі фізики, біології, медицини, атомної енергетики, розробки і створення озброєння нового типу. Ці досягнення створили умови появи багатьох нових напрямів науки взагалі і радіології, радіобіології та радіоекології зокрема.

Теоретичною основою радіоекології є класична радіобіологія, яка вивчає первинні механізми впливу іонізуючого опромінення на живі організми різної будови і рівня організації взагалі і тісно пов'язана з біофізикою. Сучасна загальна радіобіологія являє собою комплексну міждисциплінарну галузь біологічної науки з чітко виділеними окремими напрямками, в тому числі і сільськогосподарською радіобіологією [1, 80,95,97,147,270].

На сучасному етапі розвитку цивілізації сільськогосподарська радіоекологія являє собою самостійний напрям загальної радіаційної екології. В свою чергу радіоекологія є складовою частиною радіобіології і екології, що вивчає взаємодію радіонуклідів з екосистемами: розподіл і процеси кругообігу радіонуклідів за участю продуцентів, консументів і радіонуклідів, міграцію їх між ланками трофічних ланцюгів наземних та водних екосистем, розподіл доз опромінення біологічних компонентів у просторі та часі. Одним із головних завдань радіоекології є виявлення найбільш критичних ланок, вміст радіонуклідів у яких значно вищий, ніж в

інших, створення математичних моделей міграції радіонуклідів по трофічним ланцюгам та встановлення безпечних рівнів вмісту в навколишньому середовищі [147,271].

Ось як визначає суть науки радіоекології академік НАН України Д.М.Гродзинський у роботі „Радіобіологія рослин” [53]. Він пише: „Несколько автономное положение занимает радиоэкология – наука о распространении радионуклидов по элементам экологических систем – почвам, природным водам, растениям, животным и так далее – и об экологическом значении радиационного фактора, обусловленного попавшими в среду радионуклидами. Автономность этой области радиобиологии вытекает из того, что её ведущей методологией исследования является экология, хотя первопричина экологических изменений под влиянием радионуклидов – радиобиологические эффекты, относящиеся к области радиобиологии растений”.

Навіть такий короткий аналіз значень термінів „радіоекологія” і „радіобіологія” свідчить, що ці розділи науки виникли в процесі розвитку цивілізації на базі досягнень науково-технічного прогресу та природничих наук, які дали початок біології і екології.

1.2 Етапи розвитку радіобіології – теоретичної основи радіоекології

Перший період. Народження радіобіології як самостійної науки пов’язане з великими відкриттями в галузі фізики, а формування і становлення її як самостійної галузі науки відбувалося за кілька періодів. Початковий період розпочався у 1895 році, коли німецький фізик В.К.Рентген описав і опублікував праці про невідомі X–промені, які потім були названі його ім’ям. Рентгену допоміг випадок. 8 листопада 1895 року він закінчив пізно ввечері експеримент у лабораторії фізичного інституту Вюрцбургського університету і, погасивши лампу, побачив у темряві зеленувате свічення. Воно виходило від кристаликів платиносинеродистого барію, що містився поблизу загорнутої у щільний чорний папір газорозрядної катодної трубки, яку Рентген забув вимкнути, і виникало знову при її

включенні. У Рентгена з'явилася геніальна здогадка, що під час проходження струму в трубці виникає невідоме випромінювання, яке він назвав X-променями. Упродовж 2 років Рентген дослідив властивості відкритих ним променів, створив перші „рентгенівські” трубки. Публікації щодо X-променів привернули увагу вчених всього світу. Тільки протягом 1896 року було опубліковано понад тисячу робіт щодо дослідження їхніх властивостей і застосування. За ці дослідження Рентгену в 1901 році була присуджена перша Нобелівська премія з фізики [12,83]. У цей час професор фізики Паризького музею природної історії А.Беккерель досліджував індуковане сонячним світлом свічення різних мінералів і встановив, що найбільш інтенсивно воно виникає у солей урану. У березні 1896 року була опублікована перша стаття А.Беккереля про деякі властивості невидимих випромінювань уранових солей. Він довів, що якщо покласти сіль урану на фотопластинку, загорнуту в щільний чорний папір і помістити на сонячне світло, то пластинка засвічується в тому місці, де була сіль. Потім він загорнуту в чорний папір пластинку із сіллю залишив у темному ящику. Через кілька днів Беккерель проявив пластинку. На ній він побачив чіткі контури солі у вигляді хреста. Так були відкриті уранові або „беккерелеві” промені. Фактично це було відкриття природної радіоактивності і в 1903 році А.Беккерель був удостоєний також Нобелівської премії, що є свідченням великої значимості цього наукового досягнення. Аналізуючи ці два відкриття, вчені дійшли висновку, що мова йде про невидимі промені, які здатні проникати через світлонепроникний бар'єр [12,83,270].

Багато вчених різних лабораторій сконцентрували свою увагу на пошуках нових променів-невидимок. У кінці 1897 року відкритими урановими, „беккерелевими” променями зацікавилась М.Склодовська-Кюрі. Нею було встановлено здатність випромінювати ураном і торієм „беккерелевих” променів. З цього приводу вона писала: „Я назвала радіоактивностью способность испускать такие лучи и создала новый термин, принятый с тех пор в науке”. Випромінюючі елементи були названі

радіоелементами від слова *radius* – промінь. Якщо роком відкриття А.Беккерелем радіоактивності в науці вважається 1896 р., то 1898 називають роком народження поняття „радіоактивність”, введеного М.Склодовською–Кюрі [12]. Цілеспрямовано досліджуючи цю проблему, подружжя Кюрі в липні 1898 року відкрили властивість радіоактивності у зовсім нового елемента, першого відкритого саме за радіоактивністю і названого полонієм, а в грудні цього самого року ще у одного нового елемента – радію. Ці елементи в періодичній системі елементів Д.І.Менделєєва зайняли порожні місця під порядковими номерами 84 і 88. Це було третє велике відкриття, за яке в 1903р. подружжя Кюрі було удостоєне також Нобелівської премії.

Про негативну біологічну дію іонізуючого випромінювання на здоров`я людей стало відомо практично відразу ж після його відкриття. Першою жертвою радіаційного впливу став сам Беккерель. Для демонстрації властивостей урану засвічувані фотопластини він носив ампулу з препаратом радіоактивної солі в кишені жилету. Невдовзі він побачив на шкірі проти цього місця виразку, яку довго лікував. Таким чином він описав дію радіоактивних речовин на людину. Від раку, внаслідок променевого ураження, померла М. Склодовська–Кюрі. Від цієї хвороби загинули її донька І.Кюрі та чоловік Ф.Жоліо–Кюрі – видатні фізики, лауреати Нобелівської премії за відкриття штучної радіоактивності елементів у 1934 році.

У 30–х роках минулого століття у Німеччині в місті Гамбурзі в Інституті Макса Планка, було встановлено пам`ятник ученим–фізикам, радіобіологам, лікарям–рентгенологам – жертвам променевої хвороби, на якому значились прізвища 103 дослідників. Через 10 років список збільшився в 3 рази [14].

Слід підкреслити, що наукові експерименти щодо впливу іонізуючої радіації на живі організми почали проводити одразу ж після відкриття Х–променів і явища радіоактивності. Першим дослідником був російський учений І.Р.Тарханов, який вже у березні 1896 року провів досліди з дії цих

променів на жаб та комах. Він показав ушкоджуючу властивість X–променів. На початку XX століття (1903) фундаментальні дослідження дії X–променів і променів радіо провів на тваринах і рослинах відомий російський патофізіолог і біохімік Ю.С.Лондон. Він розкрив механізм ушкоджуючої дії іонізуючого випромінювання на різні системи організму. Ю.С.Лондон вважається основоположником радіобіології в Росії, а його монографія „Радий в биологии и медицине”, опублікована у 1911 році, є першим у світі виданням з радіобіології [98].

У 1904 році німецький вчений Г.Петерс виявив порушення клітинного поділу під впливом іонізуючої радіації. У 1905 році М.Корніке встановив, що найбільше ушкоджується радіацією ядро клітини. Він описав різні типи порушень поділу ядра і хромосом. Саме він вважається засновником нового напрямку науки – радіаційної цитології.

Формування радіобіології в Росії проходило в дні великих потрясінь. У 1918 році, за пропозицією професора М.Неменова, Наркомпрос в особі А.В.Луначарського організує в Ленінграді науковий центр „... для всестороннього изучения действия рентгеновских лучей и радия на организм человека, животных и растений и для создания научно–образованных специалистов рентгенологов и радиологов” [1]. Тут, завдяки класичним роботам Г.А.Надсона, Г.С.Філіпова та інших учених, радіологія розвивалась на твердій фундаментальній основі. [10,272–279].

Таким чином, останні роки XIX ст. і перші два десятиріччя XX ст. стали першим етапом розвитку радіобіології. За ці роки було нагромаджено численну кількість фактів про дію X–променів і випромінювання радіоактивних елементів на біологічні об’єкти. Хоча вони носили описовий характер, але мали велике фундаментальне значення. Умовно це був кінець першого і початок другого періоду розвитку радіобіології як самостійного напрямку науки.

Другий період. У 20 – 30–роках XX ст. було зроблено низку важливих відкриттів, з’явилися нові ідеї. У 1923 році німецький фізіолог рослин

Є.Петрі показав, що за рентгенівського опромінення насіння і паростків пшениці в атмосфері вуглекислого газу радіаційне ушкодження знижується порівняно з опроміненням у повітрі. Наступні дослідження підтвердили факт загальнобіологічного значення цього явища, названого „кисневим ефектом”.

Ці роки ознаменувались ще одним значним відкриттям – встановленням мутагенної дії іонізуючої радіації. Вперше це зробили російські вчені Н.В.Тимофєєв – Ресовський [274], Г.А.Надсон і Г.С.Філіпов [272,273] у 1925 році на нижчих грибах. Працями цих видатних учених в експериментах на дріжджах було показано, що під впливом випромінювання радіо і X–променів виникають нові мікроорганізми, які вони назвали радіо–і рентгенорасами. Виникаючі раси відрізнялись від вихідних форм як за своєю будовою і розвитком, так і за життєвими властивостями, наприклад, інтенсивністю росту, здатності утворювати пігмент, накопичувати жир, посиленою властивістю спричиняти спиртове бродіння та ін. „Эти новые расы оказались стойкими и в течение ряда лет передавали по наследству свои способности следующим поколениям; они носят характер «сальтантов», что соответствует мутантам высших организмов. Такого рода расообразование под влиянием лучей представляет не только значительный теоретический интерес, но и открывает некоторые перспективы для практики”, – стверджував Г.А.Надсон [272].

У 1927 році американський генетик Г.Мьолер відкрив мутагенний ефект на дрозофілі і одержав за це відкриття Нобелівську премію. Це явище на вищих рослинах описав у 1928 році Л.Стедлер.

Роботи з радіаційного мутагенезу вищих рослин в Україні в середині 20–х років ХХ ст. проводили Л.М. Делоне [18], С. Дука [19,20] та А.О. Сапегін [21,22,23]. Слід підкреслити, що явище радіаційного мутагенезу стало основою нового напрямку науки радіаційної генетики.

Підсумовуючи вищенаведене, можна стверджувати, що ці відкриття стали основою узагальнень і формування теоретичних засад біологічної дії

іонізуючого опромінення. На початку 20-х років минулого століття німецький фізик Ф.Десауер почав досліджувати так званий „радіобіологічний парадокс”, тобто велику невідповідність між дуже малою величиною поглинутої при опроміненні енергії іонізуючого випромінювання і ступенем прояву реакцій біологічного об’єкта, що нерідко призводить до його загибелі. Він припустив, що електрони, вирвані з атому речовини клітини, не віддаляються від нього, а вступають у рекомбінацію, тобто утворюють нейтральні атоми і молекули. У результаті поглинута енергія виділяється у формі теплоти і температура в цьому місці різко підвищується. Якщо це проходить у відповідальних місцях, наприклад у хромосомах, таке локальне ушкодження може призвести до пошкодження всієї клітини. Так виникла перша теорія, що якоюсь мірою пояснювала дію іонізуючої радіації на організм, і одержала назву теорії прямої дії [5,13,143,144,170].

У наступні роки дослідженнями Д.Кроутера в Англії (1924–1927), Ф.Хольвека у Франції (1928–1938) та іншими були розвинуті уявлення про дискретність дії іонізуючого випромінювання, процес поглинання енергії як суму одиничних актів взаємодії фотона з окремими молекулами чи структурами клітини. У подальшому ці погляди були розвинуті в теорії мішені, сформульовані в 1935 році видатним російським радіобіологом М.В.Тимофєєвим–Ресовським та німецьким дослідником К.Ціммером у класичній роботі „О природе генных мутаций и структуры гена”. У 30-х роках ХХ століття на основі радіаційно–хімічних досліджень О.Рісе (1929) і Г.Фріка (1934) одержала життя теорія непрямої дії радіації.

Але, попри численні дослідження, нагромадження великого експериментального матеріалу, зроблені узагальнення, появу теорій в кінці 30-х років ХХ ст., радіобіологія як самостійна наука не оформилась. Радіобіологією займались в основному ентузіасти–біологи, фізики, медики–рентгенологи і радіологи. Ще не були відомі потенційні можливості атомної енергії, не існувало атомної енергетики, не було створено ядерної зброї, а значить, не існувало загрози радіаційної небезпеки. Але фізики–ядерники

вже здогадувались про незвичайні енергетичні можливості атома і його небезпеку.

Наш співвітчизник, видатний радіобіолог і біогеохімік В.І.Вернадський однозначно застерігав і писав про глобальну радіаційну загрозу, що несуть подальші дослідження фізиків–ядерників та закликав їх до обережності і відповідальності. Він наголошував: „Недалеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Это может случиться через столетия. Но ясно, что должно быть. Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направит её на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до умения использовать силу, которую неизбежно должна дать ему наука?” Ці слова великого вченого справді стали пророчими. У другій половині ХХ ст. у світі були створені і ядерна зброя, і атомна промисловість, і атомна енергетика [95].

Третій період. Початок 40–х років ХХ ст. можна вважати кінцем другого і початком третього періоду розвитку радіобіології. У цей час інтенсивно велись дослідження проблем ядерної фізики. У 1945 році США провели випробування ядерної бомби, скинувши її на японські містечка Хіросіму та Нагасакі. СРСР також проводив ядерні випробування. В результаті виникла радіаційна загроза навколишньому середовищу. Світ пересвідчився в реальності одночасної загибелі великої кількості людей. Тому інтерес до наслідків біологічної дії іонізуючого випромінювання значно зріс. Необхідно було дослідити ураження біологічних об’єктів при їх тотальному опроміненні, причини різної радіочутливості організмів, роль радіації у виникненні шкідливих мутацій, закономірності і причини зниження імунітету, утворення пухлин, скорочення тривалості життя. Необхідно було розв’язувати і практичні завдання – як захистити організм від опромінення. Саме в цей період радіаційна біологія сформувалась у самостійну науку. У багатьох країнах Європи, Азії, США, СРСР при великих атомних центрах створюються радіобіологічні лабораторії, науково–дослідні інститути. Імена

видатних радіобіологів того часу добре відомі. Це А.Холендер, А.Сперроу, Ш.Вольф, Г.Куртіс, Р.Кімбол (США), П.Александр, Т.Альпер, Д.Доєрті, Л.Грей, Л.Лайсі (Великобританія), Р.Латарж (Франція), К.Ціммер, Б.Раєвський (ФРН), З.Бак (Бельгія) та багатьох інших.

У колишньому СРСР у цей період також сформувався великий загін вітчизняних радіобіологів при створених і діючих радіологічних центрах в Інституті біофізики АМН СРСР (Москва), Інституті біофізики АН СРСР (Москва–Пуціно), Московському державному університеті ім. М.В.Ломоносова, Інституті хімічної фізики АН СРСР (Москва), Всесоюзному онкологічному центрі АМН СРСР (Москва), Ленінградському інституті ядерної фізики АН СРСР, Інституті медичної радіології АМН СРСР (Обнінськ), Інституті фізіології рослин АН УРСР (Київ) [53,138,143,196].

Слід зазначити, що у ці роки досягнення радіобіології широко використовуються для розв'язання практичних завдань медицини щодо діагностики і лікування хвороб, одержання нових сортів рослин, стимуляції їх росту і продуктивності, боротьби з комахами – шкідниками, знезараження та консервування продуктів. У 50–х роках ХХ ст. було експериментально доведено явище післярадіаційного відновлення клітин. У 60–70–х роках ХХ ст. у радіобіології розширюється використання біофізичних методів досліджень, ідей молекулярної біології. Накопичені і узагальнені нові експериментальні дані дали можливість сформулювати теорії прямої і непрямой дії іонізуючих випромінювань. Остаточо було зроблено висновок про те, що основною мішенню іонізуючого випромінювання є ДНК. Показано явище молекулярної репарації ДНК, повністю впорядковується схема променевого ураження організму.

Слід підкреслити, що після заборони в 1963 році випробувань ядерної зброї в атмосфері, зниження загального радіаційного фону спостерігається тенденція до зменшення радіобіологічних досліджень. Кількість спеціальних лабораторій в СРСР зменшилась майже втричі. Ще гірша ситуація склалася в Україні, де практично були ліквідовані ці напрями досліджень. Це була

велика помилка. Шкідливість такого самозаспокоєння підтвердила аварія на Чорнобильській АЕС [97,138,188,201,208,223,271,280].

1.3 Заснування загальної радіоекології – нового перспективного наукового напрямку

Історія виникнення і розвитку радіоекології в Україні невіддільна від загальної історії світової науки взагалі і колишнього СРСР зокрема. Саме тому важливо послідовно висвітлити основні віхи виникнення і розвитку вітчизняної радіоекології від перших відкриттів фізики, основоположних учень В.І.Вернадського і В.Н.Сукачова, М.В.Тимофєєва–Ресовського і В.М.Клечковського, до сучасних радіоекологічних досліджень, виконаних у зонах радіонуклідного забруднення України.

Перший період. Самостійний розділ радіобіології, що вивчає концентрації і міграцію радіоактивних речовин в об'єктах навколишнього середовища та вплив на живі організми є екологічна радіобіологія або радіоекологія. Цей напрям став формуватися у 20–30–х роках минулого століття. Започаткував радіоекологічні дослідження В.І.Вернадський (1863–1945), видатний біогеохімік і радіогеолог, один з організаторів Академії наук України та її перший Президент. Розроблене ним учення про живу речовину і біосферу Землі мало велике наукове значення [122]. Крім цього, ним були виконані перші експериментальні радіоекологічні дослідження з виявлення закономірностей накопичення радію живими організмами [116]. Ідея про організованість біосфери одержала розвиток у працях В.Н.Сукачова щодо біогеоценозів як елементарних одиниць біосфери [117].

В основу вчення про біогеохімію ландшафтів Б.Б.Полинова і А.П.Виноградова покладена оцінка результатів геохімічної діяльності живих організмів [118,119].

Радіоекологічні дослідження цього періоду були спрямовані на оцінку міграції в зовнішньому середовищі урану, торію, радію і продуктів

їхнього розпаду при використанні біогеохімічного методу пошуку уранових руд.

Наукові дослідження геохімічної школи В.І.Вернадського, А.Е.Ферсмана, О.П.Виноградова чітко довели, що природні радіонукліди можуть проникати через біологічні мембрани рослин і тварин і накопичуватися та навіть концентруватися в окремих тканинах. Накопичення радіонуклідів визначає внутрішнє опромінення біологічних об'єктів. У міру розширення досліджень з вивчення явища радіоактивності і збільшення добування природних радіонуклідів представники шкіл академіків В.І.Вернадського, А.Е.Ферсмана, А.П.Виноградова почали активно розвивати біогеохімічні методи розвідування рудних копалин, які дають змогу оперативно і дешево виявляти локалізацію рудних елементів. Дослідженнями професорів А.І.Перельмана, Д.П.Малюги і Б.Б.Полинова був обґрунтований метод біогеохімічних індикаторів, в основі якого лежить специфічна здатність окремих видів рослин, водоростей, тварин вибірково накопичувати різні елементи, зокрема і природні радіонукліди.

Отже, завдяки розвитку біогеохімії почалося вивчення міграції мінеральних елементів у біологічних ланцюгах. У кінці 20-х – на початку 30-х років ХХ ст. академік В.І.Вернадський виявив основні залежності накопичення радіо прісноводними і наземними організмами [116]. Під його керівництвом були виконані перші роботи з накопичення природних радіоактивних елементів у рослинах і тваринах, їх міграції в довкіллі та дослідження біологічної дії випромінювань інкорпорованих радіоактивних речовин.

Радіоекологія як самостійний науковий напрям формувався у міру того, як радіоактивні речовини та їх випромінювання стали перетворюватися на безперервно зростаючий фактор негативної дії на зовнішнє середовище. Тому радіоекологія на початкових етапах розглядалась як новий розділ радіобіології, що вивчає радіобіологічні явища на рівні складних природних комплексів – біогеоценозів. За визначенням багатьох учених основне

завдання радіоекології зводиться загалом до вивчення поведінки і біологічної дії штучних і природних радіонуклідів у різних біогеоценозах [11,138–141]. Умовно можна казати, що **це був перший період становлення радіоекології.**

Другий період. З початку 50–х років починається другий період розвитку радіоекології. Саме в цей період розпочався активний розвиток атомної промисловості, інтенсивніше велися випробування ядерної зброї, були побудовані перші атомні електростанції [95]. Все це сприяло підвищенню радіаційного фону Землі за рахунок техногенної компоненти. У біосферу надійшла велика кількість штучних радіонуклідів, внаслідок чого виникло додаткове (до природного фонового) опромінення рослин, тварин і людини. В цей період у різних країнах були розпочаті широкомасштабні дослідження перенесення радіонуклідів харчовими ланцюгами і накопичення їх у живих організмах. Світовій громадськості стало ясно, що фактично сформувався новий глобально діючий екологічний фактор – штучні радіонукліди і породжуване ним іонізуюче випромінювання. Усвідомлення важливості проблеми взаємодії живих організмів один з одним і середовищем існування в умовах радіоактивного забруднення і підвищеного фону радіації поступово привело до створення нової дисципліни – радіоекології. Слід підкреслити, що назва, постановка основної мети і завдань з'явилися практично одночасно в 1956 році незалежно один від одного в роботах російських дослідників В.М.Клечковського, М.В.Тимофєєва–Ресовського, А.М.Кузіна і О.О.Передельського [120,139,147] і американських Є.Одума і П.Плетта [142,281].

Оскільки на нашій планеті панує Світовий океан, важливе значення надавалось дослідженням поведінки радіонуклідів, процесів їх накопичення, міграції у гідробіосистемах. У 1956 році були розпочаті системні дослідження на Севастопольській біологічній станції ім. А.О.Ковалевського АН СРСР, яка була в 1963 році реорганізована в Інститут біології південних

морів АН УРСР. Саме тут виникла *морська радіоекологія* – новий напрям радіоекології.

Засновником лабораторії, а потім відділу радіобіології був Г.Г.Полікарпов. Виконані під його керівництвом дослідження [88–92,121,162–164,282–284] одержали визнання як у СРСР, так і за кордоном. Перше велике узагальнення досліджень з радіоекології водних організмів, що стосується морських біогеоценозів, було зроблене Г.Г.Полікарповим в 1964 році в монографії „Радиоэкология морских организмов” [87] і в 1966 році в розширеному і доповненому виданні англійською мовою „Радиоэкология водных организмов” [89]. У 1970 році за редакцією Г.Г.Полікарпова видана колективна монографія „Морська радіоекологія” [94].

Про авторитет ученого свідчить той факт, що у 1975 році його було запрошено в Міжнародну лабораторію морської радіоактивності МАГАТЕ в Монако керівником секції вивчення зовнішнього середовища. Тут він працював до 1979 року. За цей час ним сформульовано уявлення про зональність прояву ефектів хронічного опромінення різною потужністю дози від підфонового до летального значення на рівні екосистем. З 1986 року діяльність Г.Г.Полікарпова як голови з водної радіоекології комісії експертів-радіоекологів при Президії АН УРСР значною мірою сприяла організації регіонального моніторингу, прогнозуванню і розробці заходів зі зменшення міграції та забруднення водних об'єктів від Прип'яті до Чорного моря.

Результати наукових досліджень співробітників Інституту південних морів НАН України, починаючи з 1950 років ХХ ст., як зазначалось вище, сприяли виникненню, розвитку і утворенню нового напрямку радіоекології – морської радіоекології. Завдяки зусиллям морських радіоекологів Севастополя у 1963 році було підписано Московський договір про заборону ядерних вибухів в атмосфері, під водою і в космосі. Сьогодні Інститут біології південних морів НАН України є визнаним міжнародним науковим центром морської радіоекології і нове покоління дослідників продовжує і примножує славні наукові традиції минулих поколінь учених.

Слід також зазначити, що трохи пізніше в Інституті гідробіології АН УРСР (м.Київ) були розгорнуті дослідження поведінки радіонуклідів у прісноводних водоймах, переважно в басейні Дніпра. Дослідження співробітників цього інституту сприяли становленню і розвитку загальної водної радіоекології в Україні. Колектив науковців вніс значний вклад у розвиток і становлення вітчизняної радіоекології.

Все вищевикладене свідчить, що історія становлення і розвитку загальної радіоекології в Україні невід’ємна від загальної історії світової науки взагалі і колишнього Радянського Союзу зокрема. Цей напрям науки виник у результаті розвитку класичної радіобіології – теоретичної основи радіоекології, яку започаткував В.І. Вернадський.

1.4 Становлення і розвиток сільськогосподарської радіоекології

Значення радіоекології – науки про розповсюдження і поведінку радіонуклідів у біогеосфері зростала з кожним новим вибухом атомних зарядів у військових чи народногосподарських інтересах, з кожною новою аварійною ситуацією на підприємствах атомної промисловості. У середині ХХ ст. стало зрозумілим, що розсіяні в зовнішньому середовищі продукти поділу ядерного палива, а також інші техногенні радіонукліди можуть бути для людства не меншою, а навіть більшою загрозою, ніж ушкоджуюча дія окремого ядерного вибуху.

Загрозу радіоактивного забруднення природного середовища можна було визначити за умови знання шляхів і розмірів можливого надходження радіонуклідів в організм людини. Але для цього необхідно вивчити фізико–хімічні закономірності поведінки радіонуклідів у природних середовищах, передусім у ґрунті, і визначити параметри їхнього переходу біологічними ланцюгами в сільськогосподарську продукцію.

Міграцію мінеральних елементів в об’єктах природного середовища вивчали десятки років і основні закономірності цього процесу були відомі. Агрохімія, як наука, розвивалась з кінця ХІХ ст., але головним чином

досліджували міграцію біологічно важливих елементів, що містяться у природному середовищі в макрокількостях.

Водночас серед продуктів поділу урану і плутонію – основних видів ядерного палива виявилась ціла низка зовсім не вивчених компонентів, що надходили в ґрунт в ультрамікрокількостях. У 50 – 60-х роках ХХ ст. практично була відсутня інформація про безпосередню дію іонізуючого опромінення у процесі накопичення радіоактивних речовин рослинами. Те, що забруднення зовнішнього середовища штучними радіонуклідами небезпечне для всього живого, і насамперед, для людини, було відомо. Але якими є розміри загрози, допустимі рівні вмісту радіонуклідів у зовнішньому середовищі, чи можна відвернути або зменшити їх надходження в сільськогосподарські рослини, організм тварин? На ці питання ще потрібно було відповісти. В цих умовах за ініціативою керівника Атомного проекту СРСР, академіка АН СРСР І.В.Курчатова на базі кафедри агрохімії Московської сільськогосподарської академії ім. К.А.Тімірязєва в жовтні 1947 року була створена науково–дослідна біофізична лабораторія (БФЛ). Очолив її учень і послідовник академіка Д.М.Прянішнікова доцент кафедри агрономічної і біологічної хімії академії Всеволод Маврікійович Клечковський. У списку дослідників атомної проблеми ім'я В.М.Клечковського можна віднести до розробки методології і використання методу мічених атомів в агрохімії і біохімії, створення і розвитку радіоекології і агрохімії радіоактивних продуктів поділу.

Академік ВАСГНІЛ В.М.Клечковський є засновником вітчизняної загальної і сільськогосподарської радіоекології. З позиції сучасного періоду розвитку сільськогосподарської радіоекології це ім'я стоїть на вершині піраміди. Започатковуючи цей напрям досліджень він уже тоді передбачав, що „...в условиях предстоящего широкого использования атомной энергии могут иметь место и другие причины, приводящие к распространению радиоактивных веществ из группы продуктов деления в природе” [147]. Узагальнені результати досліджень біофізичної лабораторії дали змогу

В.М.Клечковському зробити висновок про те, що з агрономічного погляду найважливішою проблемою для оцінки значення того підвищення рівня радіоактивності, що може бути результатом розповсюдження продуктів поділу, є не стільки можливість безпосереднього променевого ураження рослин, а навпаки – накопичення в рослинах радіоактивних речовин і забруднення у такий спосіб сільськогосподарських продуктів.

Отже, перша наукова організація сільськогосподарської радіоекології була створена у 1947 році в Московській сільськогосподарській академії ім.К.А.Тімірязєва – науково–дослідна біофізична лабораторія на чолі з В.М. Клечковським, а результати її досліджень можна вважати початком розвитку нового напрямку науки – сільськогосподарської радіоекології.

1.5 Формування наукових шкіл академіка ВАСГНІЛ

В.М. Клечковського і професора М.В. Тимофєєва-Ресовського та їхній внесок у становлення і розвиток сільськогосподарської радіоекології

Відомо, що формування і перші етапи розвитку будь–якої наукової дисципліни неможливі без творчості особистостей. В радіоекології такими видатними постатями, фактично засновниками цієї науки, стали два представники: В.М.Клечковський і М.В.Тимофєєв–Ресовський. Вони є основоположниками двох шкіл. Принципових протиріч між лідерами не було, навпаки було багато спільного, що об'єднувало їх як учених, наукова творчість яких протягом чверті століття (1950–1975) не тільки заклала фундамент радіоекології взагалі і сільськогосподарської зокрема, а і визначила магістральні шляхи їх розвитку.

Під керівництвом В.М.Клечковського колективи вели дослідження в умовах секретності на великих забруднених полігонах. А під керівництвом М.В. Тимофєєва-Ресовського розвивались переважно фундаментальні аспекти радіоекології, дослідження велись в основному в експериментальних

умовах і результати публікували у відкритій науковій пресі. У таких протилежних умовах формувались дві наукові школи.

1.5.1 Наукова школа академіка В.М.Клечковського

Всеволод Маврикійович Клечковський народився 28 листопада 1900 року. Отримавши в 1918 році середню освіту, він працював в Орловській губернії. В 1923 році став студентом відділення агрохімії і ґрунтознавства Московської сільськогосподарської академії ім. К.А.Тімірязєва. Світогляд В.М.Клечковського формувався під впливом поглядів В.Р.Вільямса, Д.М.Прянішнікова, М.Я.Дем'янова, В.П.Горячкіна, А.Н.Костякова та багатьох інших корифеїв науки, які працювали в стінах академії. У 1927 році за ініціативою Д.М.Прянішнікова в Тімірязєвській академії була створена кафедра агрохімії, на якій його залишили працювати після закінчення академії. Творчі інтереси і робота В.М.Клечковського в довоєнний період великою мірою визначали успіх у розробці програми досліджень з радіоекології в післявоєнні роки.

Історичні витоки формування наукової школи сільськогосподарської радіоекології починаються з 1947 року в першій науковій організації такого напрямку – науково–дослідній біофізичній лабораторії (БФЛ) Московської сільськогосподарської академії ім. К.А.Тімірязєва [145,150].

Дослідження у БФЛ фактично були розпочаті з нуля. На той час співробітники лабораторії не мали відпрацьованих методик проведення експериментів з радіоактивними речовинами, дозиметричного і радіометричного обладнання, не мали засобів захисту від іонізуючого опромінення. Незважаючи на це, дослідження розгорталися і велися відповідно до класичних традицій учення К.К.Гедройця про поглинаючу властивість ґрунтів і системи мінерального живлення сільськогосподарських рослин Д.М.Прянішнікова.

Основні напрями нових для сільськогосподарської науки досліджень очолили провідні учені Московської сільськогосподарської академії – Д.Д.Іваненко, О.Г.Шестаков, В.М.Клечковський, І.В.Гулякін. Група під керівництвом С.П.Целіщева розробляла методики і прилади для реєстрації іонізуючих випромінювань. Головним напрямом досліджень у цей початковий період було вивчення особливостей поведінки радіоактивних продуктів поділу в системі ґрунт – рослина.

На початку 50–х років у БФЛ започатковуються вегетаційні дослідження з вивчення особливостей накопичення рослинами радіонуклідів техногенного походження та дії іонізуючих випромінювань на сільськогосподарські культури. Перші досліді з оцінки накопичення техногенних радіонуклідів рослинами виконували з нерозділеною сумішшю радіоактивних продуктів поділу і нуклідів з наведеною активністю, які утворились у дослідних ядерних реакторах, де розроблялись технології виробництва плутонію для озброєнь.

Уже в 1949–1951 роках [146,147,151] вперше було показано, що радіоактивні продукти поділу здатні у великих кількостях накопичуватися в рослинах, не викликаючи видимих радіаційних уражень. Внаслідок цього інкорпоровані в рослинах радіонукліди стали розглядати не тільки з позиції пригнічення росту і розвитку рослин та зниження їх урожайності, а головним чином як джерело радіоактивного забруднення рослинницької продукції, що веде до споживання радіонуклідів людиною з харчовими продуктами. Це був один із фундаментальних висновків. Тому велику увагу було приділено вивченню розподілу довгоживучих радіонуклідів (в основному стронцію–90 і цезію–137) в різних органах рослин залежно від фізико-хімічних властивостей і концентрації радіонуклідів у ґрунті, характеристики ґрунтів, біологічних особливостей рослин і факторів зовнішнього середовища.

Дослідженнями у галузі ґрунтової хімії радіонуклідів [147,151,152] було доведено, що головним депо штучних радіонуклідів, що надходять у зовнішнє середовище, є ґрунт і поведінка радіонуклідів у ньому відповідає

загальним закономірностям класичного вчення К.К.Гедройця про поглинаючу активність ґрунту. Але В.М.Клечковський зазначав, що поглинання радіонуклідів ґрунтами відбувається специфічно в умовах гранично низьких концентрацій адсорбованої речовини. Схеми процесів адсорбції іонів, що є в ґрунті в мікрокількостях, впливають із наявності кінцевого сорбційного об'єму ґрунтово-поглинального комплексу (ГПК), який послідовно заповнюється іонами, що витісняються. При цьому іони „конкурують” між собою за місця адсорбції. Радіонукліди потрапляють, як правило, без носіїв і в ґрунтовому розчині чи природних водах містяться в ультрамікроконцентраціях. В.М.Клечковський передбачив і експериментально довів, що кожна окрема, вільно взята частина іонів, що наявна в системі в мікрокількостях, у процесі поглинання не конкурує за місця на поверхні адсорбенту з будь-якою іншою частинкою таких самих іонів і молекул. Він запропонував розглядати процес поглинання ґрунтом окремих іонів або молекул одного із мікроелементів незалежно від наявності в системі інших мікрокомпонентів або іонів і молекул того самого компоненту. Специфічна особливість полягає в тому, що прояв цих залежностей однобічний: зміна кількості мікрокомпонента в системі здатна змінити розподіл мікрокомпонента, тоді як зміна кількості мікрокомпонента, по суті, не впливає на поведінку макрокомпонента. За даними В.М.Клечковського, І.В.Гулякіна, Г.Н.Целіщевої і Л.М.Соколової [147,151,154], при взаємодії іонів радіонуклідів з різними ґрунтами зберігаються всі основні закономірності обміну, а відмінності, що спостерігаються, мають кількісний характер. Разом з тим саме ці відмінності відіграють вирішальну роль у поведінці радіонуклідів у ґрунтах і при включенні їх у біологічні ланцюги в природних умовах. Так, радіонукліди стронцію достатньо повно (до 98%) витісняються з ґрунту розчинами нейтральних солей хлористого калію, магнію, барію, що свідчить про обмінний характер сорбції. Водночас радіонукліди цирконію, рутенію, цезію

витісняються із ґрунту значно менше, що пояснюється складнішою природою їхнього зв'язку з ґрунтом.

У подальших дослідженнях процесів взаємодії продуктів ядерного поділу з різними типами ґрунтів, виконаних І.В.Гулякіним і О.В.Юдинцевою [152], було встановлено, що характер та міцність сорбції, а відтак і швидкість міграції радіонуклідів по ґрунтовому профілю і їх доступність рослинам значною мірою визначається основними властивостями ґрунтів, у першу чергу – механічним і мінеральним складом, вмістом обмінних катіонів, органічної речовини, кислотністю ґрунтового розчину. Було встановлено [147,152], що один і той самий радіонуклід поглинається ґрунтом у бік підвищення в такому порядку: дерново–підзолистий супіщаний --- дерново–підзолистий суглинистий --- чорнозем. Така послідовність зумовлена підвищенням об'єму поглинання, пов'язаного з вмістом гумусу, мулової фракції, мінералів групи монтморилоніту і гідросмол у складі високодисперсних глинистих мінералів, утворенням малорозчинних гуматів. Цими дослідженнями було також доведено, що властивість ґрунтів сорбувати і утримувати цезій–137 зумовлена глинистими мінералами, які мають прошаркову структуру кристалічної решітки.

Дослідження позакореневого (аерального) надходження радіонуклідів, виконані в БФЛ під керівництвом В.М.Клечковського, довели, що головними факторами є біологічні особливості рослин, їхній стан у момент попадання радіоактивних речовин на поверхню рослин – таких, як: фаза розвитку, густина, гідрофільність поверхневого листового покриву та ін. У процесі росту у рослин знижується концентрація радіоактивних речовин за рахунок змиву дощами, розбавлення в процесі приросту [147].

Дослідження закономірностей поведінки продуктів поділу урану в системі ґрунт---рослина у БФЛ В.М.Клечковський разом із І.В.Гулякіним, О.В.Юдинцевою, А.Г.Шестаковим, С.П.Целіщевим, Н.В.Каширкіною проводили з 1947 року [147]. Цими дослідженнями доведено, що надходження радіоактивних продуктів поділу в рослини значною мірою

визначаються їхніми фізико-хімічними властивостями. Із водного середовища найбільш активно поглинаються рослинами стронцій-90 і цезій-137 і в менших кількостях накопичуються в надземних органах рослин цезій-95, рубідій-106, які концентруються у кореневій системі. Радіонукліди, які надійшли в надземну частину, накопичуються в основному у вегетативних органах: відносно в невеликих кількостях акумулюються в генеративних органах.

Слід звернути особливу увагу на той факт, що дослідженнями В.М.Клечковського, І.В.Гулякіна, О.В.Юдинцевої, М.П.Архипова в 1950–60-х роках [147,154,285] була встановлена оберненопропорційна залежність переходу стронцію-90 у рослини залежно від вмісту обмінного кальцію у ґрунтах. У результаті був запропонований показник Клечковського для кількісної оцінки розмірів накопичення стронцію-90 у рослинах. Цей показник враховував не тільки щільність забруднення ґрунтів цим радіонуклідом, а і вміст у них обмінного кальцію. До цього часу для прогнозу користувалися коефіцієнтом Фредеріксона, що враховував тільки щільність забруднення. При цьому допускалася помилка в кілька разів. Прогноз накопичення стронцію-90 за коефіцієнтом Клечковського на 95–98% визначав цей результат для ґрунтів різного рівня родючості.

Аналізуючи результати наукових досліджень, виконаних колективом БФЛ за перші 7–8 років після її організації, слід відзначити, що вони були проведені вперше не тільки в Радянському Союзі, а і в ряді випадків і вперше у світовій науці. Ці дослідження були високо оцінені. За комплекс робіт з агрохімії продуктів поділу провідним співробітникам В.М.Клечковському, І.В.Гулякіну, О.Г.Шестакову, С.П.Целіщеву у 1952 році була присуджена Сталінська премія. На жаль, наукова громадськість змогла ознайомитись з результатами цих масштабних досліджень в 1956 році, коли Академія наук СРСР у ротاپринтному виданні невеликим тиражем видала монографічну роботу колективу співробітників БФЛ за редакцією В.М.Клечковського „О поведении радиоактивных продуктов деления в почвах, их поступлении в

растения и накопления в урожае” [147]. Це була перша відкрита робота, де були підбиті підсумки експериментальних досліджень з агрохімії радіоактивних продуктів поділу. Саме результати цих досліджень і стали передумовою формування нового наукового напрямку.

Слід підкреслити, що результати досліджень біофізичної лабораторії були представлені в Науковий комітет ООН з дії радіації. Це був значний внесок СРСР у прийняття в 1963 році мораторію на ядерні випробування. Праці з ізотопної агрохімії були представлені в 1955 і 1958 роках на Женевських конференціях щодо мирного використання атомної енергії, на міжнародній конференції ЮНЕСКО в 1957 році з використання ізотопів у наукових дослідженнях.

Історія свідчить, що через рік після публікації результатів роботи біофізичної лабораторії, якою керував В.М.Клечковський, сталася аварія на хімічному комбінаті „Маяк” Челябінської області біля м.Киштим. У результаті утворився радіоактивний слід, що одержав назву Східно–Уральського. Безперечно, що одержані в Біофізичній лабораторії наукові результати, практичний досвід, набутий за ці роки, пройшли ретельну перевірку та дали змогу В.М.Клечковському разом зі своїми учнями обґрунтувати засади забезпечення радіаційної безпеки населення вже в перші дні після аварії. За його ініціативою на хімічному комбінаті „Маяк” створюється **Дослідна наукова станція**, яка стала базою для широкого розвитку радіоекологічних досліджень.

Це була **друга наукова організація**, де фактично утвердився новий напрям науки – сільськогосподарська радіоекологія [172,221]. Першим директором дослідної станції був Г.А.Середа, а потім нею керували М.А.Корнеєв, Є.А.Федоров, Г.М.Романов. Незмінним науковим керівником і координатором робіт, що проводились на станції, був В.М.Клечковський.

Академік ВАСГНІЛ В.М. Клечковський доклав багато сил і енергії, щоб залучити для досліджень на станції спеціалістів суміжних наукових

закладів. Це було необхідно для комплексного охоплення важливих напрямів досліджень, які зводились до розв'язання таких проблем:

- розподіл і міграція радіоактивних речовин у зовнішньому середовищі;
- надходження радіонуклідів у врожай сільськогосподарських культур і продукцію тваринництва;
- способи дезактивації ґрунтів;
- агрохімічні способи зниження надходження радіонуклідів у врожай;
- розробка способів очищення продукції, одержаної із забрудненої території;
- оцінка генетичних наслідків радіоактивного забруднення для флори і фауни;
- поведінка радіонуклідів у річкових і озерних екосистемах.

Фактично в цей час він упритул наблизився до розробки концепції сільськогосподарської радіоекології і формулювання основних завдань цього напрямку. Праці В.М.Клечковського і учнів його школи в цій галузі є основоположними. За 10–15 років досліджень на території Східно–Уральського радіоактивного сліду були закладені основи радіоекології як самостійної наукової дисципліни [150,177,183,222]. Як учений–аграрник В.М.Клечковський звернув увагу на кругообіг радіонуклідів на забруднених сільськогосподарських угіддях. Розуміючи важливість багаторічних спостережень за міграцією радіонуклідів у зовнішньому середовищі і променевими ефектами в природі, академік В.М.Клечковський був одним з ініціаторів створення Східно–Уральського державного заповідника – першого в світі радіаційного заповідника такого типу. Він був створений Постановою Ради Міністрів РФСР 29 квітня 1966 року, загальною площею заповідної території – 16616 га [173].

На базі цього заповідника за ініціативою В.М.Клечковського були розгорнуті фундаментальні дослідження і комплекс робіт, основною метою

яких було повернення забруднених територій в господарське користування. Роботи по реабілітації забруднених територій вимагали вивчення і наступного виконання широкого комплексу заходів, щоб знизити вміст радіоактивних речовин у сільськогосподарській продукції. Досліджувались різні способи спеціальної обробки ґрунтів, створювались нові комплекси сільськогосподарських машин, на великих площах проводилась меліорація забруднених луко–пасовищних угідь, вивчалась дія цілої системи захисту забруднених лісопокритих територій. На забруднених полях вирощували сільськогосподарські культури, що найменше накопичують радіонукліди. Світова практика не знала прикладів реабілітації техногенно забруднених територій в таких масштабах [174]. Під його керівництвом здійснена програма досліджень радіоекології, де вивчалось накопичення радіонуклідів різними сільськогосподарськими рослинами та тваринами і одержана цінна інформація про забруднення харчових продуктів [155]. У роботах [148,175] показано, що в кінці 50–х – на початку 60–х років завдяки організації комплексних досліджень, зусиллями багатьох спеціалістів: Л.Н.Соколова, А.В.Єгорова, Л.П.Маракушина, Р.П.Пашкова, Є.В.Рябова були одержані вихідні дані щодо вмісту радіонуклідів у різних ґрунтах, про надходження їх в урожай різних культур [152], впливу мінеральних добрив [153]. Паралельно розроблялись спеціальні технології вирощування і обробки сільськогосподарських культур (Г.С.Мішалкін, В.А.Семенов В.П.Костирьов). Доведено, що рекультивацію ефективно проводити глибокою оранкою, видаленням або захороненням верхнього забрудненого шару ґрунту (Н.Н.Самаріна, Є.Р.Рябова, Л.П.Маракушина, І.Г.Тепляков) [172,174].

Перші 4 роки роботи Дослідної станції завершилися виданням „Рекомендацій по веденню сільського и лесного хозяйства на территории с повышенной радиоактивностью”(М.: Колос, 1964). Це – перші рекомендації, які були схвалені Науково–технічною радою Міністерства середнього машинобудування, під головуванням академіка АН СРСР А.П.Александрова.

У 1967 році в цьому регіоні ситуація ускладнилась внаслідок вітрового переносу радіонуклідів з берегової зони озера Карачай, яке використовувалось як природне сховище радіоактивних відходів ВО „Маяк” [286]. Ці обставини потребували оцінки рівня радіаційного впливу на новозабруднених територіях. Інтенсивно розроблялись методи контролю, що давало можливість прогнозувати щільність забруднення природних ділянок. Фактично це був природний полігон для виконання експериментів, аналогів якому в світі не було. Вперше тут було виконано масштабне картування забруднених територій (В.Л.Андронников) з геоботанічними дослідженнями А.Л.Кожевникової і Е.Г.Смирнова. В природних біогеоценозах був вивчений розподіл радіонуклідів у ґрунтах, залежно від комплексу умов (Б.С.Прістер, М.П.Архипов, А.В.Єгоров). Виконані фундаментальні дослідження [285] з агрохімії і вивчення форм стронцію-90 у ґрунтах (М.П.Архипов, А.В.Єгоров, В.Ф.Гольцев). У цей період були створені і впроваджені в практику нові високочутливі інструментальні методи кількісного визначення бетта- і гамма-випромінювачів в об'єктах зовнішнього середовища (Г.І.Антоненко), а також методи екологічної дозиметрії, принципи обліку радіаційних біологічних ефектів для багатьох видів рослин і тварин (Г.М.Романов, Ф.А.Тихомиров) [172,176]. Така широкомасштабна організація досліджень дала позитивні результати. Вже через 5–6 років після аварії 83% забруднених територій Челябінської області були реабілітовані і передані для використання.

На основі робіт, виконаних на території Східно-Уральського радіаційного заповідника, у 1973 році були підготовлені „Рекомендации по ведению сельского хозяйства и лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения внешней среды”, які затвердило Міністерство сільського господарства СРСР, Міністерство охорони здоров'я СРСР і Держкомітет з використання атомної енергії. Це були, по суті, перші рекомендації щодо реабілітації радіоактивно забруднених територій. у 1974 році за результатами цих досліджень групі учених у складі В.М.Клечковського, Р.М.Алексахіна,

І.К.Дібобеса, І.Я.Панченка, О.П.Ковальова, Б.С.Прістера, Г.М.Романова, М.О.Семенова, Є.Н.Тевєровського, І.О.Тєрновського, Є.А.Фєдєрова була присуджена Дєржавна премія СРСР.

У 1965–1975 роках проводились радіоекологічні дослідження з використанням гамма-випромінювача, який було споруджено на станції. Опромінювали природні екосистеми – ліси, луки. В результаті були описані особливості променевого ураження і післярадіаційного відновлення лісів у суворо контрольованих умовах і за точкової дозиметрії [175]. Виконані оригінальні дослідження [178] з впливу опромінення великими дозами молодих продуктів ядерного поділу. В результаті дана оцінка променевого ураження тварин і визначена їхня молочна і м'ясна продуктивність. Це дуже важливо для прийняття рішень в умовах аварійних ситуацій [180].

У кінці 70–х років ХХ ст. співробітники Дослідної станції спільно з ученими інших закладів виконали фундаментальні дослідження [172] поведінки в зовнішньому середовищі плутонію (Ф.І.Павлоцька, Т.О.Горяченкова, А.С.Воронов, А.С.Бакуров). Дослідження В.Соколова, Є.Фєдєрова, Ф.Тихємирова, А.Ільєнка, Д.Кривєлуцького, А.Покаржєвського, Д.Спіріна, Р.Пономарьєва показали роль тварин і рослин у міграції радіонуклідів у природних екосистемах, виявили первинні зміни в популяціях різних видів рослин і тварин від дії радіації, а також вторинні ефекти пов'язані з порушенням біогеоценотичних зв'язків [172].

Дослідженнями Ф.А.Тихємирова, Р.М.Алєксахіна, Р.М.Карабаня, Д.А.Спіріна, Н.Н.Мішенкова доведено, що у випадках масованих радіоактивних опадів ліси є критичними екосистемами. Вони акумулюють радіонукліди і формують найбільші дозові навантаження на людину. При цьому різні типи лісів мають велику утримувальну властивість щодо радіонуклідів, підвищену радіочутливість і повільне самоочищення наземної фітомаси [175]. Це уповільнює процеси кругообігу хімічних елементів і створює умови для хронічного опромінення рослин і тварин, що мешкають у лісах [148,172,175,181].

Одночасно з дослідями на рослинах на Дослідній станції почали проводити аналогічні дослідження і на тваринах. Вивчення закономірностей переходу стронцію-90 і цезію-137 із раціону в організм сільськогосподарських тварин, а відтак і харчові продукти (молоко, м'ясо, яйця) проводили А.М.Сироткін, Л.А.Булдаков і Б.М.Анненков, М.А.Корнеєв [182,183,221]. Було вивчено метаболізм найбільш значимих радіонуклідів в організмі сільськогосподарських тварин і птиці, оцінені джерела і шляхи їх надходження в організм, коефіцієнти переходу в ланцюгу ґрунт– корм – організм тварин – продукти тваринництва, способи зменшення переходу радіонуклідів в організм, розроблені принципи нормування вмісту радіонуклідів у трофічних ланцюгах і методи технологічної і кулінарної переробки тваринницької продукції.

Соціально–економічні і політичні зміни, що відбулися на початку 90-х років минулого століття, розпад СРСР негативно вплинули на організацію досліджень співробітників станції. У цей період роботи станції мали в основному узагальнюючий характер. У 1998 році було прийнято рішення про реорганізацію станції. Вона була введена до складу Центральної заводської лабораторії ВО „Маяк”, тобто звідки й почалася її історія. Підсумовуючи вищенаведені дані, можна дійти такого висновку.

Першим спеціальним науковим підрозділом сільськогосподарської радіоекології стала створена в 1947 році у Московській сільськогосподарській академії ім. К.А.Тімірязєва науково–дослідна біофізична лабораторія (БФЛ) на чолі з В.М.Клечковським.

Після аварії на ВО „Маяк” у 1957 році утворився радіоактивний слід, що одержав назву Східно–Уральський. На хімічному комбінаті „Маяк” створюється Дослідна наукова станція – друга наукова організація, що стала базою для широкого розвитку радіоекологічних досліджень і фактичного утворення нового напрямку науки – сільськогосподарської радіоекології. Радіоекологічна школа В.М.Клечковського формувалась на дослідженнях, виконаних у Біофізичній лабораторії і на забруднених територіях Східно–

Уральського радіоактивного сліду. Основним науковим закладом, що забезпечував організацію і проведення досліджень, була Науково–дослідна станція, створена за ініціативою В.М.Клечковського, її багаторічного наукового керівника. Тут уже через 10 років сформувався колектив однодумців, що творчо і цілеспрямовано розв’язував проблеми аварії радіоактивно забруднених територій. Стрижень радіоекологічної школи В.М.Клечковського складала – М.А.Корнеєв, Є.А.Федоров, Р.М.Алексахін, Б.С.Прістер, Г.М.Романов, Б.М.Анєнков, М.П.Архипов, Ф.А.Тихомиров, М.А.Сироткін, А.В.Єгоров та багато інших учених. Усі вони стали відомими радіоекологами і своєю працею внесли великий вклад у розвиток сільськогосподарської радіоекології.

1.5.2 Наукова школа М.В.Тимофєєва-Ресовського

Свої дослідження з радіоекології М.В.Тимофєєв–Ресовський розпочав у 1947 році в біологічній лабораторії „Б” оборонного підприємства п/с 0215 на Південному Уралі поблизу оз.Сунгуль у Челябінській області і продовжив у 1955 році в Інституті біології, нині Інститут екології рослин і тварин Уральського відділення РАН з експериментальною радіоекологічною базою поблизу оз.В.Міасово. Цей заклад є одним із відомих центрів де до цього часу виконуються радіоекологічні дослідження і розвивають школу М.В.Тимофєєва–Ресовського [166].

Основна тематика робіт колективу М.В.Тимофєєва–Ресовського – екологічні дослідження міграції радіонуклідів у зовнішньому середовищі і дії іонізуючого випромінювання на живі організми в середовищі їх існування. В роботах [120,165] вчений сформулював концепцію експериментальної радіаційної біогеоценології, в якій запропонував розглядати радіоактивні ізотопи як „мічені” атоми, а іонізуюче випромінювання – як зручний і легко дозований фактор впливу на живі організми.

Розвиваючи цей напрям, він разом із співробітниками лабораторії М.В. Лучником, А.А.Титляною, Є.А.Тимофєєвою–Ресовською,

Т.А.Порядковою, М.В.Куліковим, Г.І.Махоніною, С.А.Любимовою, Є.М.Преображенською, І.В.Молчановою, Є.Н.Сокуровою, М.Я.Чеботіною, Б.М.Агафоновим, В.Г.Куликовою, М.В.Макаровим, Є.Н.Караваєвою, П.І.Юшковим, О.О.Позолотіним, М.В.Царапкіним, С.В.Тарчевською, Л.КАльшиць, Е.А.Гильовою виконали численні дослідження з вивчення поведінки радіонуклідів у спрощених системах: ґрунт – розчин – рослина; вода – ґрунт – гідробіоти та за оцінкою біологічної дії іонізуючого випромінювання на живі організми. Це дало можливість класифікувати радіонукліди за типом їхньої поведінки в екосистемах і виділити фактори, що впливають на їх рухомість. У роботах цього періоду (50–60-і роки ХХ ст.) значне місце відведено дослідженням ролі живих організмів у накопиченні радіонуклідів і їх перерозподілі за основними компонентами біогеоценозів [168,169,170].

Уже в цей період для порівняння організмів за кількісними накопиченнями радіонуклідів використовувалось поняття – коефіцієнт накопичення. Було встановлено, що накопичення радіонуклідів перебуває у широких межах – як для окремих елементів, так і для різних видів організмів. З цією метою були виконані спеціальні досліди на модельних співтовариствах наземних рослин, ґрунтових мікроорганізмах, прісноводними в умовах радіоактивного забруднення. Дослідження довели типові зміни в цих комплексах – від радіостимуляції до порушень її видового складу і структури [167,171,287]. У період масових випробувань ядерної зброї, в 60–70-х роках минулого століття, головним напрямком досліджень М.В.Тимофєєва–Ресовського і його учнів було вивчення закономірностей міграції і розподілу глобальних радіоактивних опадів у різних природних екосистемах суші, внутрішніх водойм і морів. Результати цих досліджень, їхнє узагальнення стали основою прогнозування наслідків радіоактивного забруднення біосфери, екологічного нормування цих забруднень у компонентах природного середовища [148,216,288,289,290].

У багаторічних дослідженнях співробітників лабораторії була виявлена і оцінена роль провідних фізико–хімічних і екологічних факторів середовища - таких, як видові особливості організмів, кислотність, світло, температура зовнішнього середовища, пора року та інших на поведінку антропогенних радіонуклідів у різних екосистемах [291–296]. Слід також підкреслити, що велику увагу було приділено дослідженню радіочутливості і радіопатології живих організмів. Хоч це і завдання радіобіології, але говорячи про ці дослідження, ми хочемо підкреслити їх значення для радіоекології. У роботах [297–300] висвітлені результати досліджень радіочутливості основних лісоутворювальних порід Уральського регіону з урахуванням типів внутрішньовидової змінності організмів, а також впливу біогенних і абіогенних факторів середовища. Після закриття біофізичної станції „Міасово” в 1979 році дослідження велись у напрямі впливу атомної енергетики на зовнішнє середовище, яка активно тоді розвивалась. Це стосувалось і проблем видобутку ядерного палива, і експлуатації атомних електростанцій.

У 30–кілометровій зоні Білоярської АЕС досліджували наземні і водні екосистеми. Справа в тім, що за період експлуатації станції у водойму–охолоджувач потрапило орієнтовно 125 ГБк стронцію–90 і 670 ГБк цезію–137, значна частина яких депонована в донних відкладеннях, а також 16 ГБк тритію, який практично повністю залишається у воді. Тому знання зон накопичення штучних радіонуклідів, ролі живих організмів у таких екосистемах, їхнього впливу на розподіл радіонуклідів та інші питання мали велике значення для безпечної експлуатації атомних станцій. У результаті цих досліджень були встановлені зони підвищеного накопичення штучних радіонуклідів, доведено, що живі організми є активними і важливими компонентами екосистеми і впливають на процеси перерозподілу радіонуклідів. Як індикатор радіонуклідного забруднення використовували види з високим ступенем накопичення. Було доведено, що аерозольні викиди АЕС не істотно впливають на забруднення штучними радіонуклідами

наземних екосистем, але найбільший вплив станції був на прилеглу болотно-річкову екосистему, в яку тривалий час надходили стічні води станції [301–305]. Заслужують на увагу дослідження в районі покладів уранової руди. Доведено, що забруднення формується аеральним шляхом за рахунок вивітрювання гірських порід, а дозове навантаження на живі організми визначається в основному зовнішнім гамма-фоном. При цьому були виділені генерації рослин з підвищеною життєздатністю і радіочутливістю, які сформувалися в умовах радіоактивного забруднення [306,307].

Підсумовуючи слід відзначити, що творчості М.В.Тимофєєва–Ресовського притаманий широкий фундаментальний розмах. Він розглядав радіаційну біогеоценологію (радіаційну екологію), виходячи з учення і термінології академіка В.М.Сукачова [117], як галузь природничого знання, що вивчає роль такого важливого екологічного фактора, як іонізуюче випромінювання. При цьому в оцінці міграції радіонуклідів у зовнішньому середовищі і дії іонізуючих випромінювань на біосферу він спирався на науковий доробок видатних учених, – таких, як – В.І.Вернадський, В.В.Докучаєв, Г.Ф.Морозов, Б.Б.Полинов [308].

Саме в ті роки почала формуватися наукова школа радіаційної біогеоценології. Наукова діяльність поставила М.В.Тимофєєва–Ресовського в ряд таких видатних учених, як В.І.Вернадський, В.Г.Хлопін, А.П.Виноградов, чий імена пов'язані з розв'язанням проблем атомної промисловості і енергетики, охорони навколишнього середовища від дії радіаційного фактора.

1.6 Науковий доробок учених Всеросійського науково-дослідного інституту сільськогосподарської радіології і агроекології (ВНДІСГРАЕ) в становлення і розвиток сільськогосподарської радіоекології

У кінці 60–х – початку 70–х років минулого століття радіологічний фактор був визнаний одним із основних джерел негативної дії на

середовище, в якому перебуває людина. Останнє було наслідком глобального радіоактивного забруднення біосфери в результаті випробувань ядерної зброї.

Відомо [123], що локальні опади були встановлені після вибухів перших атомних бомб. Про глобальні опади стало відомо на початку 50-х років ХХ ст., коли були проведені вибухи ядерних і термоядерних пристроїв. Особливу увагу на радіоактивні опади стали звертати після сильного радіаційного опромінення екіпажу японського риболовецького судна „Фукуру–Мору” від радіоактивних продуктів ядерного вибуху, що провели США 1 березня 1954 року поблизу Бікіні [124]. З цього часу більшість країн створили спеціальну службу спостереження за забрудненістю радіоактивними продуктами повітря, ґрунту, води і харчових продуктів. Результати стали публікувати в періодичній літературі і матеріалах наукового Комітету при ООН з атомної радіації. Цей комітет був заснований у 1955 році на Х сесії Генеральної Асамблеї ООН [132–137]. Незважаючи на те, що у серпні 1965 року в Москві представники СРСР, США і Великобританії підписали Договір про заборону випробувань ядерної зброї в атмосфері, космічному просторі і під водою, проблема радіоактивних опадів продуктів ядерних вибухів не зменшилась. По–перше, радіоактивні продукти, що потрапили в стратосферу від проведених випробувань випадатимуть на поверхню Землі ще багато років. По–друге, не всі держави підписали Договір. По–третє, поки ядерна зброя не заборонена і запаси її ще великі, неможливо повністю виключити вірогідність ядерного конфлікту. Учені зрозуміли, що розсіяні в зовнішньому середовищі продукти ділення ядерного палива, а також інші техногенні радіонукліди можуть бути для людства не меншою, а може навіть більшою загрозою, ніж уражаюча дія ядерного вибуху. Ці обставини переконали, що необхідно пильно стежити за радіоактивними опадами, визначати фактичні рівні активності в різних середовищах і вивчати радіобіологічну дію радіоактивних опадів [125–137,184–187,309].

Результати досліджень біофізичної лабораторії (БФЛ) Московської сільськогосподарської академії ім. К.А.Тімірязєва, Науково–дослідної станції ВО „Маяк” на Південному Уралі також засвідчили, що людство вступило в „атомну епоху” і буде змушене жити в умовах широкого використання ядерної енергії. А тому необхідно реально оцінювати загрозу і активно вести пошук засобів захисту, засобів, що забезпечуватимуть безпечне використання територій у разі їх радіоактивного забруднення. Слід відзначити, що незважаючи на одержані цінні дані досліджень БФЛ, НДС ВО „Маяк”, позитивні результати впровадження заходів з ведення сільськогосподарського виробництва на забрудненій території Південно-Уральської зони, стало також зрозумілим і те, що рекомендації реорганізації сільського господарства, що підходять для однієї ґрунтово-кліматичної зони, потребують значної переробки в зонах з іншими кліматичними умовами, іншим ґрунтовим покривом, особливостями ведення агропромислового виробництва. Було також недостатньо інформації щодо закономірностей поведінки техногенних радіонуклідів у ґрунтах, переходу їх у рослини і організм тварин залежно від ґрунтово–кліматичних зон.

Екологічні дослідження цих проблем велись не тільки в СРСР, а і в західних країнах – США, Великобританії, Франції, Швеції, Бельгії. Комплекс робіт із сільськогосподарської радіоекології у них займав одне з провідних місць. Все це свідчить про те, що тоді йшло формування визнаних радіологічних шкіл як в СРСР так і країнах Заходу.

Враховуючи міжнародну ситуацію в середині 60–х років, у СРСР були розширені дослідження в галузі сільськогосподарської радіоекології. З цією метою створювались радіологічні лабораторії в структурі інститутів, що підпорядковувались Головному управлінню науково–дослідних і експериментально-виробничих організацій Міністерства сільського господарства СРСР. Вже в кінці 1968 року стало ясно, що розкидані по СРСР сільськогосподарські лабораторії без цілеспрямованого наукового керівництва, часто не маючи можливості проводити польові експерименти з

радіоактивними речовинами, не можуть вирішити поставлене завдання – підготувати сільське господарство до виживання у випадку ядерної війни або радіаційних аварій.

Розв'язання цих завдань вимагало подальшого зміцнення матеріально–технічної бази та зосередження зусиль навколо єдиного авторитетного наукового центру. Такий центр необхідно було створити для координації робіт, розробки і удосконалення засобів і методів захисту сільськогосподарських рослин і тварин від вражаючої дії ядерної зброї.

З такою пропозицією в 1968 році Міністерство сільського господарства СРСР звернулось до Уряду країни. Рішення про організацію Всеросійського науково-дослідного інституту сільськогосподарської радіології було прийнято Радою Міністрів СРСР лише 31 липня 1970 року. Наказом Міністерства сільського господарства СРСР від 15 березня 1971 року було визначено, що інститут тимчасово розміщуватиметься у Всесоюзному НДІ вірусології і мікробіології в м.Покров Володимирської області. У грудні 1971 року Мінсільгосп СРСР прийняв рішення про передачу у цей інститут радіобіологічного відділу Всесоюзного НДІ фітопатології. Це була колишня Біофізична лабораторія Московської сільськогосподарської академії ім. К.А.Тімірязєва. Фактично на базі цієї лабораторії в наступні роки йшло формування інституту. В 1973 році директором інституту було призначено М.А.Корнеєва, який працював на цій посаді до 1989 року. М.А.Корнеєв мав значний досвід керівництва великим колективом учених і користувався авторитетом серед учених–радіоекологів. Він очолював з 1960 по 1969 рік Науково-дослідну станцію на Південному Уралі, особисто організовував і проводив наукові дослідження з ліквідації наслідків „киштимської” аварії.

Аналізуючи основні етапи організації і становлення Всесоюзного науково–дослідного інституту сільськогосподарської радіології і агроєкології з позиції сучасного періоду розвитку сільськогосподарської радіоекології слід відзначити, що Біофізична лабораторія (БФЛ), по суті, стала основою

цього наукового закладу. Наукове коріння ВНДІСГРАЕ тісно пов'язане з БФЛ.

З кінця 1971 року почався активний період діяльності провідних співробітників колишньої Біофізичної лабораторії Московської сільськогосподарської академії в складі новоорганізованого закладу.

Інститут виконував функції головного в країні закладу з проблем розробки і удосконалення засобів і методів захисту сільськогосподарських рослин і тварин від уражаючої дії ядерної зброї. Інститут був на передньому краї оборонних проблем країни. Це диктувалося необхідністю поглиблення і подальшого розвитку наукової бази для проведення комплексних досліджень у галузі сільськогосподарської радіоекології. В той час М.А.Корнеєв писав, що „Современная сельскохозяйственная радиэкология – наука, которая исследует миграцию радиоактивных веществ по биологическим пищевым цепочкам, связанным с сельскохозяйственным производством, действие радиации на растения и животных, а также разрабатывает мероприятия по охране среды сельскохозяйственного производства от радиоактивного загрязнения” [194,195,221] .

В умовах гострого протистояння наддержав, коли не виключався ядерний конфлікт, була очевидною необхідність об'єднання, координації і єдиного керівництва у проблемах захисту сільськогосподарських рослин і тварин, безпечного функціонування агропромислового виробництва в екологічно небезпечних умовах.

У таких умовах порівняно невеликий колектив учених проводив організаційно–господарську діяльність з будівництва інституту, абсолютно нового типу наукового закладу, формувався кадровий потенціал, продовжувались інтенсивні наукові пошуки за такими напрямками:

- оцінка рівня і масштабів забруднення сільськогосподарських угідь;
- розробка і удосконалення системи заходів з підвищення стійкості до уражаючої дії радіації;

- удосконалення існуючих і розробка нових агротехнічних прийомів в умовах радіоактивного забруднення території країни;
- вивчення дії уражаючих факторів ядерного вибуху на сільськогосподарських тварин, пошук методів діагностики променевого ураження тварин;
- розробка системи оцінки можливої шкоди в тваринництві і рослинництві.

На той час важливо було оцінити радіочутливість сільськогосподарських рослин і тварин та можливість підвищення їхньої стійкості до дії іонізуючого випромінювання. Аналіз окремих наукових публікацій співробітників інституту [148,310,311] свідчить, що за короткий проміжок часу, не маючи постійної наукової бази, дослідження проводились на високому науковому і методичному рівнях.

Широко використовувалось моделювання ситуацій, що виникають за умов радіоактивних опадів під час ядерних вибухів або аварійних викидах продуктів ядерного поділу.

Дослідження проблем наслідків ядерного конфлікту показали необхідність вивчення нових напрямів наукових пошуків, що стосуються оцінки дії світового випромінювання ядерного вибуху і наслідків для сільськогосподарського виробництва порушень озонового шару, оцінки впливу на рослини і тварин жорсткого ультрафіолету, можливих наслідків пов'язаних зі зміною клімату, розробки способів мінімізації втрат у сільському господарстві у разі ядерної війни.

Щодо тваринництва виконували дослідження впливу гамма-випромінювання на сільськогосподарських тварин з урахуванням виду, статі, віку тварин та проявів і перебігу променевої хвороби. Вивчали комбіновану дію зовнішнього гамма-випромінювання у поєднанні з внутрішнім споживанням радіонуклідів, вплив іонізуючого випромінювання на сільськогосподарських тварин за різних умов утримання і годівлі.

Слід підкреслити, що ці дослідження проводились працівниками інституту в умовах відсутності своєї матеріально–технічної бази. Фактично будівництво інституту в м.Обнінськ розпочалося у 1975 році. Але колектив інституту працював, розвивалась його структура, розширювалась і удосконалювалась діяльність виробничих, наукових і господарських служб.

На початок 1981 року структура інституту складалась із 4 відділів і 5 самостійних лабораторій, адмінгоспчастини, директора і 2–х заступників з наукової роботи, головного інженера, заступника з будівництва, загальних питань та ін. Функціонували такі підрозділи:

- відділ тваринництва з трьома лабораторіями;
- відділ рослинництва з п'ятьма лабораторіями;
- фізико–хімічний відділ з чотирма лабораторіями;
- відділ досліджень документів і створення архівних документальних фондів;
- лабораторія стійкого функціонування сільськогосподарського виробництва;
- лабораторія оперативного прогнозування сільськогосподарського виробництва;
- лабораторія патентних і інформаційних досліджень;
- лабораторія сільськогосподарської радіоекології і використання атомної техніки в сільському господарстві;
- лабораторія наукової організації праці і оцінки ефективності наукових розробок.

У наступні роки були створені лабораторії математичного моделювання і АСУ і математичного моделювання антропогенного впливу на агробіоценози.

У 1979 – 1980 роках було закінчено будівництво лабораторного корпусу №4 з технологічним обладнанням та інших об'єктів (котельня, мазутосховище, об'єкти водо–газо–електро постачання, каналізаційна мережа з насосною станцією). Ці обставини дали змогу в той період

сконцентрувати в м.Обнінську основну частину співробітників і нарощувати науково–технічний потенціал інституту. В 1980–1985 роках було закінчено будівництво ще 2 лабораторних корпусів загальною площею 13,2 тис м², дитячого комбінату, побудовано 11,8 тис м² житла. Безумовно, це позитивно вплинуло на стан матеріально-технічної бази закладу, соціально-побутові умови співробітників інституту [146].

Незважаючи на організаційні труднощі, колектив інституту плідно працював. Як свідчить історичний аналіз, вивчення численних наукових публікацій співробітників інституту, було проведено районування території СРСР за ступенем загрози виробництва сільськогосподарської продукції, розроблені методи прогнозування радіаційних втрат урожаю зернових культур від вражаючої дії факторів ядерного вибуху, дана оцінка наслідків комбінованого зовнішнього і внутрішнього впливу опромінення на здоров'я і продуктивність сільськогосподарських тварин в умовах порушень технології годівлі і утримання тварин, видано збірник керівних матеріалів з комплексного прогнозування стану всіх галузей сільськогосподарського виробництва, створено, підготовлено і видано „Руководство по оценке последствий действия ионизирующей радиации на сельскохозяйственное производство”.

На початку 80–х років ХХ ст. в інституті широкий розвиток одержали дослідження з комплексної оцінки наслідків глобального ядерного конфлікту не тільки для СРСР, а і для всіх країн світу. В рамках цих досліджень, які проводились у комплексі з низкою інститутів Міністерства оборони СРСР, розглядали всі аспекти, що визначали можливість виживання людства за різних умов і масштабів ядерного конфлікту [312].

Аналізуючи результати досліджень співробітників інституту в період з 1971 по 1986 роки слід відзначити їх різноплановість і широкомасштабність. У галузі радіобіології вивчали дію іонізуючої радіації на рослинний і тваринний організми [154,155,175,180,183,222].

З 1974 року проводили піонерські дослідження з вивчення дії світлового випромінювання, що виникає при ядерному вибусі, на сільськогосподарські рослини і тварин.

Період з 1971 по 1986 роки – це період не тільки створення і розвитку матеріально–технічної бази інституту. Це був період утвердження сільськогосподарської радіоекології як самостійної галузі науки. Був виконаний значний обсяг досліджень з вивчення закономірностей поведінки радіонуклідів в агроєкосистемах, процесів взаємодії продуктів ядерного поділу з різними типами ґрунтів, швидкості міграції радіонуклідів по ґрунтовому профілю, фізико–хімічних характеристик радіоактивних опадів, форм виявлення середньо–і довгоживучих радіонуклідів у ґрунтах, швидкості їх трансформації з часом, а також виявлення зв'язків між фізико–хімічним станом радіонукліду в ґрунті, його мобільністю і потенційною біологічною доступністю. Виконані дослідження допомогли одержати пріоритетні дані про динаміку біологічної доступності радіонуклідів та значення факторів, що визначають поведінку радіонуклідів у ґрунтах як первинного ланцюга міграції радіонуклідів в аграрних екосистемах. Це підтверджують численні наукові публікації [208,217,313–315].

У 1972 – 1984 роках в інституті виконувались дослідження проблем аерального надходження радіонуклідів у рослини. Специфічність цієї проблеми полягає в тому, що при осіданні радіонуклідів з атмосфери у вигляді опадів або твердих частинок проходить їх накопичення в надземній масі рослин, тоді як під час попадання їх у ґрунт значна частина сорбується і слабо поступає у вегетативні і генеративні органи рослин.

У модельних експериментах з різними культурами були вивчені закономірності аерального забруднення довгоживучими радіонуклідами у вигляді опадів і радіоактивного пилу [316–318].

Одержані кількісні дані про забруднення природних і сіяних травостоїв при випадінні рідких аерозолів і у вигляді сухих, твердих або ґрунтових частинок. Дана оцінка надходження радіонуклідів у продукцію

рослинництва і корми залежно від їх концентрації у дощовій воді, розміру аерозолів, строків випадіння радіонуклідів на поверхню дернини і ґрунтово-рослинного покриття [319–321].

На основі багаторічних досліджень одержане рівняння для прогнозування надходження радіонуклідів у трави природних лук при забрудненні дернини „мокрими” опадами [321–323]. Результати цих досліджень дали змогу зробити прогноз можливого забруднення продукції рослинництва і тваринництва, а також оцінити збитки в сільськогосподарському виробництві за аерального радіоактивного забруднення зовнішнього середовища після радіаційної катастрофи.

Після створення ВНДІСГРАЕ дослідження з радіоекології ґрунтово-рослинного покриву продовжувалися і були одними із пріоритетних. Так, під керівництвом О.В.Юдинцевої виконано цілий комплекс робіт з вивчення факторів, що визначають особливості міграції радіонуклідів (в основному стронцію–90 і цезію–137) в аграрних екосистемах [324–331]. Цими роботами було доведено, що основними факторами, від яких залежить надходження цих радіонуклідів із ґрунту в рослини, є: наявність у ґрунті глинистих частинок, їхній мінералогічний склад і загальна ємність поглинання ґрунту. При цьому була виявлена залежність їх поведінки від хімічних елементів – аналогів кальцію і калію, відповідно.

Значний обсяг досліджень виконано з проблеми впливу ґрунтово-кліматичних умов і технологій виробництва сільськогосподарських культур на надходження радіонуклідів стронцію–90 і цезію–137 по харчовому ланцюгу. Різноманітність ґрунтового покриву, його комплексність потребували знання впливу зональних систем землеробства не тільки на розміри міграції довго живучих радіонуклідів у ґрунтах і системі ґрунт – рослина, а і на стан ґрунтової родючості. В результаті цих досліджень були розроблені методи прогнозування, дана оцінка їх позитивних і негативних сторін і визначені умови, за яких той чи інший метод дає найбільш точні результати.

Одним із важливих напрямів досліджень у цей період був пошук агротехнічних і агрохімічних заходів зі зниження негативного впливу радіоактивних речовин. Результати досліджень щодо впливу меліорантів на накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами показали ефективність застосування мінеральних і органічних добрив та вапнування для зниження рівнів забруднення сільськогосподарської продукції.

У зв'язку з ростом використання мінеральних добрив (особливо фосфорних) різних хімічних меліорантів, наприклад (фосфогіпсу, які отримують під час комплексної обробки уранової сировини) необхідно було вивчити проблему міграції цих нуклідів. Дані щодо закономірностей міграції урану–238, телуру–232 у системі ґрунт – рослина на той час практично були відсутні. Розпочаті в інституті дослідження цього напрямку у 80–х роках дали можливість розробити „Методику прогнозування забруднення рослин тяжёлыми естественными радионуклидами”.

У цей період у системі ВАСГНІЛ були створені науково–виробничі полігони в різних ґрунтово–кліматичних зонах для виконання досліджень з комплексної теми ВАСГНІЛ „Изучение закономерностей миграции радионуклидов в условиях орошения на сельскохозяйственных территориях, прилегающих к предприятиям ядерного топливного цикла” під керівництвом Р.М.Алексахіна, який в той період працював заступником директора ВНДІСГРАЕ. В комплексі з ученими Північно–Кавказького і Середньо–Азіатського НДІ фітопатології були виконані комплексні дослідження щодо закономірностей переносу радіонуклідів в умовах зрошуваного землеробства. Слід підкреслити, що результати цих досліджень стали основою **формування нового наукового напрямку – радіоекології зрошуваного землеробства.** В цих дослідженнях були встановлені основні закономірності і особливості міграції радіонуклідів у зрошуваних агроєкосистемах, вивчено вплив способів поливу, мінералізації, хімічного складу поливної води на накопичення радіонуклідів рослинами, механізму надходження радіонуклідів із поливної води у рослини. Показано, що зміна накопичення радіонуклідів у

надземній масі рослин за різних норм поливу зумовлена впливом двох процесів: сорбцією радіонуклідів із поливної води на поверхні надземних органів рослин і зливом деякої частини сорбованих радіонуклідів наступними порціями води. З ростом норм поливу переважає процес змиву радіонуклідів.

Аналіз наукових джерел свідчить, що в результаті досліджень цього нового напрямку сільськогосподарської радіоекології, започаткований у ВНДІСГРАЕ, – радіоекології зрошуваного землеробства, встановлено, що ведення зрошування посилює потоки міграції радіонуклідів в агросистемах порівняно до богарних умов вирощування сільськогосподарських культур. Радіаційно–гігієнічна оцінка продукції, отримана на зрошуваних угіддях показала, що вона може бути джерелом додаткового опромінення людини. За результатами цих досліджень під редакцією Р.М.Алексахіна було підготоване фундаментальне видання – „Радиоэкология орошаемого земледелия” [223].

Слід відзначити, що започатковані у 60–х роках ХХ ст. на Уралі дослідження по радіоекології луківних систем, активно продовжувались у ВНДІСГРАЕ під керівництвом М.А.Корнєєва. В модельних експериментах на трьох типах луків було встановлено, що накопичення радіонуклідів у травостої залежить від типу луків і властивостей ґрунту. Вперше було виявлено більш інтенсивне надходження радіонуклідів через базальну частину рослин. Доведено, що фрезерування і переорювання луків є ефективними прийомами зниження накопичення стронцію–90 у травостої [180,188,189].

Значний внесок зробили співробітники інституту в розвиток радіоекології сільськогосподарських тварин. Було вивчено метаболізм радіонуклідів в організмі сільськогосподарських тварин і птиці [190], оцінені джерела і шляхи надходження радіонуклідів в організм [332,333], коефіцієнти переходу в ланцюгу ґрунт---корми--- організм тварин ----- продукція тваринництва [333], розроблені принципи нормування вмісту

радіонуклідів у трофічних ланцюгах і способи зменшення надходження радіонуклідів в організм тварин, досліджена ефективність технологічної і кулінарної переробки тваринницької продукції [191,197,334–337]. Одержані дані широко використовувались під час розробки різного роду інструктивних і керівних документів щодо організації ведення тваринництва на радіоактивно забруднених територіях.

Цілеспрямовано велись дослідження лісових екосистем [122,193,218–220,338]. Результати цих досліджень стали фундаментом нового напрямку радіоекології – лісової радіоекології.

Аналізуючи численні публікації співробітників інституту, наукові звіти відділів і лабораторій за результатами досліджень, привертає увагу їхня цілеспрямованість на кінцевий практичний результат. Цей висновок вплив із результатів досліджень щодо розробки заходів зі зменшення надходження радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію і організацію сільськогосподарського виробництва на техногенно забруднених територіях.

Так, фундаментальними дослідженнями під керівництвом І.В.Гулякіна встановлена залежність надходження стронцію-90 і цезію-137 від вмісту кальцію і калію. Це дало можливість дослідити і обґрунтувати ефективність застосування таких агрохімічних заходів як вапнування і внесення калійних добрив для зниження переходу цих радіонуклідів у рослини.

Фундаментальні дослідження О.В.Юдинцевої, Т.Л.Жигаревої, Н.А.Корнєєва та інших з впливу видових і сортових особливостей сільськогосподарських рослин на накопичення стронцію-90 стали основою обґрунтування способу зменшення концентрації радіонуклідів у продукції шляхом підбору культур, які найменше накопичують радіоактивні речовини.

На основі фундаментальних досліджень були розроблені ефективні захисні заходи в галузі тваринництва. До них належать: зміна складу раціону тварин з урахуванням вмісту радіонуклідів в окремих кормах, збагачення раціонів різними макромінеральними добавками, заміна пасовищного

утримання худоби на стійлове, відгодівля тварин на „чистих” кормах. Результати досліджень цієї проблеми були узагальнені в монографії „Снижение радиоактивности в растениях и продуктах животноводства” [188].

Історико–науковий аналіз свідчить, що історія становлення і розвитку ВНДІСГРАЕ має два періоди – дочорнобильський (1971–1986 роки) і післячорнобильський (з 1986 року).

У дочорнобильський період дослідження були спрямовані головним чином на розв’язання оборонних проблем і проводились широким планом по всій території Радянського Союзу. Ці результати були масштабно використані при удосконаленні військової доктрини СРСР, а також при проведенні переговорів зі зменшення запасів ядерної зброї. Чорнобильська трагедія змінила напрями досліджень інституту, але вона повною мірою виявила цінність результатів досліджень, необхідність такої інформації, таких знань при ліквідації наслідків аварії в чорнобильському регіоні.

Після 1986 року вся наукова тематика інституту була спрямована на вирішення чорнобильських проблем.

Як свідчать документи вже 30 квітня 1986 року в зону аварії була направлена перша група співробітників інституту. Ось як пише директор інституту академік РАСГН Р.М.Алексахін: „Об аварии на Чернобыльской АЭС я узнал 28 апреля на заседании экспертного совета ВАК в Минсредмаше СССР. Ученый секретарь совета В.В.Чепкунов вполголоса сказал о «неполадках» на ЧАЭС. Утром следующего дня в Обнинске меня по телефону разыскал директор Института биофизики Минздрава СССР академик АМН СССР Л.А.Ильин и попросил немедленно приехать на Рахмановский в Минздрав СССР по „срочному делу”... Я сразу связал этот звонок с вчерашней информацией...Кабинет Министра здравоохранения СССР С.П.Буренкова был похож на растревоженный улей – шёл приём информации из районов бедствия...По ВЧ–аппарату передавали информацию о мощностях доз облучения, просили прислать таблетки

стабільного йода для проведення йодної профілактики... В течение 2 – 3-х часов мы – Н.А.Лощилов, Л.И.Пантелеев и я сумели уяснить общую радиологическую ситуацию и масштабы катастрофы. Стали очевидны и потенциальные последствия аварии для сельского хозяйства – возможное лучевое поражение животных и производство больших объёмов сильно загрязнённой сельскохозяйственной продукции. Ясно – надо как можно быстрее выезжать в район бедствия...” [211].

Перша група співробітників виїхала автобусом у складі провідних спеціалістів, що мали досвід ліквідації аварії на Південному Уралі. Це – М.О.Лощилов, О.П.Поваляєв, Р.М.Алексахін, Л.І.Пантелєєв, І.О.Сарапульцев, Ю.М.Жученко, В.П.Фінов, О.Н.Сироткін, А.І.Бурцев, Б.І.Шуховцев, О.А.Буличов (Главагробіопром) і шофер П.В.Тихонов, який за сумісництвом був і лаборантом-спектрометристом [211].

Головним завданням у цей гострий період було визначення радіаційної ситуації. Потрібно було організувати оперативний збір інформації для такої оцінки. На жаль, тоді не було ніяких даних про радіонуклідний склад опадів, об’ємів викидів. Незважаючи на це почалася оперативна оцінка радіологічної ситуації на сільськогосподарських угіддях. Практично з цього часу розпочався відлік роботи з радіаційного моніторингу сільськогосподарських угідь, що підпали під аварійний вплив. Це складна і дуже важлива справа – картування сільськогосподарських угідь на вміст радіонуклідів, їх концентрацію в сільськогосподарських продуктах, оцінку доз опромінення населення, тварин, рослин. В інституті широким фронтом виконувались радіологічні аналітичні роботи. В цей самий період співробітники інституту проводили інтенсивні польові дослідження. З перших днів аварії співробітники інституту брали активну участь у консультуванні працівників сільгоспрганів Росії, України і Білорусі, розробці невідкладних заходів щодо захисту населення від опромінення за рахунок споживання забрудненої продукції. Були розроблені рекомендації, пам’ятки для населення щодо ведення особистого підсобного господарства в

постраждалих регіонах. Великий обсяг робіт проведено з оцінки рівнів забруднення лісів і продукції лісу на територіях України, Білорусі, Росії. Були створені карти–схеми лісгоспів за зонами радіоактивного забруднення, інструкції щодо ведення лісового господарства в цих умовах, нормативи на вміст цезію–137 у продукції лісу. На основі цих документів пізніше були розроблені „Рекомендації по веденню лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения”.

Вже в гострому періоді інститутом була розроблена стратегія ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях у різні пострадіаційні періоди. Суть цієї стратегії полягає в тому, що на першому етапі (ранньому) значне місце займали такі заходи, як заборона вживати молоко, підбирати у виробництво культури, які найменше накопичують радіонукліди та ін. Тобто в цей початковий період стратегія зводилась до заходів з мінімізації накопичення радіонуклідів у сільськогосподарській продукції. У міру накопичення даних радіаційного моніторингу на перший план виходили заходи на одночасне підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності землі, тварин і якості продукції.

Так, у галузі землеробства і агрохімії акцент уваги був перенесений на вивчення поведінки радіонуклідів чорнобильських випадів у ґрунті, в системі ґрунт – рослина, розробці агрохімічних способів зниження накопичення радіонуклідів рослинами.

У галузі тваринництва експериментальні роботи були спрямовані на розробку способів виробництва молока, що відповідало б допустимим рівням забруднення за вмістом цезію–137. Таким чином, участь співробітників інституту в ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, цього невеликого, але висококваліфікованого колективу професіоналів–одномумців, дала змогу за короткий час виконати дуже складне і надто відповідальне завдання – оцінити ситуацію і допомогти організувати ведення сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення.

Враховуючи досвід ліквідації наслідків аварії на Південному Уралі були внесені пропозиції про зонування забрудненої території, виходячи з можливості одержання продукції, що відповідає радіологічним стандартам, з визначеним ступенем і складністю проведення захисних заходів. Але в даному разі чорнобильські опади суттєво відрізнялись від Уральського радіоактивного сліду. І тільки глибокі знання, досвід виправдали себе і допомогли у вересні 1986 року видати рекомендації, відповідно до яких забруднена територія за ступенем радіаційної загрози від внутрішнього опромінення людини була розділена на три зони. До першої зони включили територію, де вміст у ґрунті цезію-137 становив менше 15 Кі/км² (кюри на 1 квадратний кілометр).

Співробітниками інституту тільки в травні–серпні 1986 року разом з галузевими інститутами було розроблено 42 інструкції щодо збирання і переробки різної сільськогосподарської продукції, рекомендації з особливостей ведення агропромислового виробництва в наступні роки на забруднених територіях. Уже в травні–червні, в найгостріший період, були підготовлені перші пам'ятки щодо ведення сільськогосподарських робіт для працівників сільського господарства і населення, що проживає на забруднених територіях, на різні періоди. Насамперед, це такі:

1. Памятка для работников сельского хозяйства и населения, проживающего на следе выброса Чернобыльской АЭС, на май–июнь 1986 г. (от 8 мая 1986г.).

2. Памятка для работников сельского хозяйства при работе на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению на летне-осенний период (от 3 июня 1986 г.).

3. Памятка для руководителей и специалистов сельского хозяйства по организации работ „вахтовым способом” при уборке урожая в зоне радиоактивного загрязнения (от 15 мая 1986 г.).

4. Памятка по ведению личного подсобного хозяйства в населённых пунктах, расположенных на территории, где сельскохозяйственное производство ведётся с ограничениями. Госагропром СРСР (1986).

Для гострого періоду були розроблені рекомендації з використання забруднених кормів у годівлі тварин, остаточній відгодівлі для одержання „чистого” м’яса, переробки і використання одержаної продукції (молока, м’яса, вовни, зерна, картоплі та ін.) на харчові і технічні цілі.

Ретельний аналіз і оцінка радіологічної ситуації і глибокі фундаментальні знання дали можливість співробітникам інституту підтвердити в першій початковий період після аварії на ЧАЕС, парадигму радіоекології – за радіоактивного забруднення зовнішнього середовища ареал, де спостерігається пряме радіаційне ураження рослин і тварин, менший, ніж площа регіону, де унеможливується проживання людини або необхідне обмеження її господарської діяльності (в першу чергу виробництва). Останнє є наслідком перевищення допустимого вмісту радіонуклідів у об’єктах зовнішнього середовища, головним чином у сільськогосподарських харчових продуктах. Ця парадигма і висновок фактично визначили стратегію практичної діяльності з ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у галузі сільськогосподарського виробництва – забезпечити зниження інтенсивності міграції радіонуклідів по харчових ланцюгах і обмежити накопичення радіоактивних речовин у сільськогосподарській продукції. Дослідження показали, що видимі зміни у рослин і тварин спостерігаються тільки в 10 – 30–кілометровій зоні. Вже на початку травня 1986 року на нараді у Києві під керівництвом заступника голови Держагропрому СРСР Л.М.Кузнецова і активній участі співробітників інституту О.П.Поваляєва і Р.М.Алексахіна було визнано, що великих наслідків від променевого ураження тварин не буде. Ця обставина визначила стратегію ведення агропромислового комплексу і значні обсяги захисних заходів.

Враховуючи великі обсяги майбутніх робіт, у тому числі і досліджень у регіонах аварії (Росії, України, Білорусі), було визнано необхідним створити два філіали інституту – в Україні і Білорусі. Український філіал ВНДІСГР (УФВНДІСГР) був організований в червні 1986 року. Він розмістився в с.Чабани Київської області на базі лабораторії НДІ захисту рослин. Білоруський філіал ВНДІСГР (БФВНДІСГР) був створений також в червні 1986 року і розмістився в м.Гомелі.

Таким чином, у перші місяці найбільш гострого періоду після аварії вся увага співробітників інституту була сконцентрована на консультуванні сільськогосподарських органів, організації робіт, розробці необхідних документів, пов'язаних з ліквідацією наслідків аварії в агропромисловому комплексі. Фактично з урахуванням організації Українського і Білоруського філіалів Інститут став координатором досліджень, впровадження наукових розробок у виробництво, що забезпечували неможливість понаднормативного надходження радіонуклідів у сільськогосподарські харчові продукти та сировину для технологічної переробки. Це свідчить про високу кваліфікацію співробітників. Рекомендації і поради учених інституту першого періоду наслідків аварії повністю підтвердили свою наукову обґрунтованість і в наступні роки. Виконання рекомендацій інституту сприяло збереженню великої кількості сільськогосподарської продукції, забезпеченню збереження виробництва і можливість безпечного проживання населення на переважній більшості забрудненої території.

Слід підкреслити, що великий досвід координації виконання широкомасштабних комплексних наукових досліджень провідними співробітниками інституту був накопичений під час роботи на Східно–Уральському сліді під керівництвом академіка ВАСГНІЛ В.М.Клечковського.

Досвід і знання, одержані в дочорнобильський період і сконцентровані в кадровому потенціалі інституту і координованих ним досліджень закладів всього СРСР (це близько 140 закладів) мали вирішальне

значення для успішного вирішення поставлених завдань. У цих умовах і особливо після створення двох філіалів інституту, з'явилась необхідність не тільки перестановки кадрів, але і організації досліджень на місцях, координації числених питань, які виникали і потребували термінового вирішення. Тому плани досліджень з оборонної і чорнобильської тематики були об'єднані, що сприяло чіткішій і різнобічній координації досліджень. Зусилля великої армії науковців і практиків були спрямовані на розв'язання проблем, спричинених аварією на ЧАЕС.

Виходячи з того, наше наукове видання присвячене історії становлення і розвитку сільськогосподарської радіоекології, ми сконцентруємо увагу на результатах досліджень колективу інституту радіоекологічних проблем на першому п'ятирічному етапі після аварії (1986 – 1991 роки).

Результати комплексних обстежень території деяких областей Росії, України, Білорусі, що потрапили в зону аварії, показали, що забруднення ґрунтів сільськогосподарських угідь відрізнялось не тільки за щільністю, а і радіонуклідному складу опадів. Неоднаковими були мобільність і біологічна доступність продуктів ядерного поділу, що надійшли в ґрунти на різній відстані від джерела викидів. Ці різниці зумовлені не тільки різними властивостями ґрунтів, а і різним типом радіоактивних опадів. Були встановлені фізико-хімічні відмінності викидів на різних ділянках радіоактивного сліду. Необхідно було зрозуміти особливості поведінки стронцію-90 і цезію-137 у ґрунтах ближньої і дальньої зони аварії і відрізнити поведінку радіонуклідів чорнобильського походження від поведінки аналогічних радіонуклідів глобальних викидів. Були одержані пріоритетні дані про динаміку біологічної доступності радіонуклідів у ґрунтах як первинній ланці їх міграції в агроєкосистемах.

Після аварії були продовжені дослідження з вивчення закономірностей забруднення сільськогосподарських рослин радіонуклідами аеральним шляхом. У перші місяці (квітень–травень 1986 року) радіонукліди

надходили на вегетативну масу озимих зернових, природних і сіяних багаторічних трав аеральним шляхом. Для інших культур основним шляхом забруднення було кореневе і вітрове. Спостереження в 50–кілометровій зоні ЧАЕС показали, що накопичення радіонуклідів рослинами при аеральному забрудненні залежить від характеристик опадів, метеорологічних умов та деяких параметрів взаємодії радіоактивної суміші і рослин [339].

Аварія на ЧАЕС висунула низку нових завдань у галузі міграції радіонуклідів у системі ґрунт----рослина. Ці завдання зводились в основному до вивчення:

- впливу форм опадів на їх міграцію в агроєкосистемах;
- оцінку динаміки біологічної рухомості радіонуклідів залежно від форм опадів і ґрунтових умов;
- визначення різниці в темпах міграції радіонуклідів по сільськогосподарських ланцюгах у різних природно–кліматичних зонах;
- розробки нових моделей міграції радіонуклідів в агросфері, що враховують особливості поведінки їх у ґрунтах.

Виконані дослідження показали, що поведінка радіонуклідів у системі ґрунт----рослина залежить від надходження викидів у різній фізико–хімічній формі на надземну фітомасу і дернину, деструкції паливних частинок, надходження цезію–137 із дернини в кореневу зону ґрунту, перерозподілу його між фракціями ґрунту, надходження радіонуклідів із дернини і ґрунту в рослини. Ці процеси відбуваються з різною швидкістю і різною мірою визначають надходження цезію–137 у рослини [339,340].

Після аварії вперше в реальних умовах радіоактивних опадів вивчена динаміка поведінки радіонуклідів у системі ґрунт----рослина для різних ґрунтово- кліматичних зон, що дало можливість встановити, що вплив ґрунту на зниження біологічної рухомості радіонуклідів буде вищим при збільшенні вмісту обмін-катионів, органічної речовини, мулистих частинок, мінералів монтмерилонітової групи, ємності поглинання. Вперше була запропонована методика прогнозування радіологічної ситуації в сільському господарстві на

основі оцінки швидкості закріплення радіонуклідів у ґрунтах і зниження їх переходу в рослини з використанням періодів напівзнищення [340–342].

У 1986 році під керівництвом академіка РАСГН Р.М.Алексахіна на території Білорусі були проведені дослідження за рівнем забруднення пасовищних кормів і молока. В 50–кілометровій зоні була закладена мережа експериментальних майданчиків, де досліджувалась динаміка поведінки радіонуклідів у лукових екосистемах [342]. Після аварії на ЧАЕС в зону забруднення підпали лукові екосистеми різних типів. Для визначення параметрів накопичення цезію–137 у травостої природних луків і культурних сінокосів і пасовищ були організовані дослідження в різних ґрунтово–кліматичних зонах Росії, України, Білорусі.

Вперше було детально вивчено залежність біологічної доступності радіонуклідів від гідрологічного режиму, механічного складу ґрунтів та інших факторів, що визначають міграцію радіонуклідів у лукових екосистемах. Встановлено, що розподіл радіонуклідів у профілі ґрунту залежить від типу луків, режиму його зволоження і властивостей ґрунту. Міграція цезію–137 у ґрунтах на суходільних луках значно менша, ніж на низинних і болотних. Коефіцієнти переходу цезію–137 у рослини зменшуються в такому порядку: болотні луки – низинні луки – поймені луки – суходільні луки. В цілому дані дослідження допомогли розробити і обґрунтувати радіологічну класифікацію луків, яка враховує як їх біогеоценотичні характеристики, так і радіоекологічні критерії. Слід підкреслити, що за цикл досліджень з радіоекології луків Московська сільськогосподарська академія ім.Тімірязєва в 1999 році присудила премію ім.В.Р.Вільямса співробітникам інституту Р.М.Алексахіну, Н.І.Санжаровій і С.В.Фесенку.

У галузі сільськогосподарської радіоекології тварин на перших етапах зусилля співробітників були спрямовані на вивчення і оцінку фактичної радіаційної ситуації, забезпеченні одержання продукції тваринництва, що відповідає стандартам. З цією метою проводились

систематичні експедиційні обстеження забруднених сільськогосподарських угідь Гомельської, Могильовської, Житомирської, Київської, Брянської областей. Був організований і проведений широкомасштабний науково-виробничий дослід, в якому було вивчено вплив цеолітів, солей калію і натрію на швидкість виведення радіоактивних речовин із організму великої рогатої худоби. Була доведена ефективність переходу тварин на годівлю чистими кормами порівняно із застосуванням сорбентів або інших фармакологічних препаратів.

Досліди показали, що утримання тварин у різних ґрунтово-кліматичних зонах радіоактивно забруднених територій істотно впливає на параметри міграції і накопичення цезію-137 в кормах і продукції тваринництва. На чорноземах Тульської області коефіцієнти пропорційності (КП) цезію-137 в ланцюгах ґрунт---молоко, ґрунт---м'ясо були відповідно 12–17 і 2,5–6,3 разів нижчими, ніж на дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтах Брянської області. На низинних торф'яниках біологічна рухомість цезію-137 у трофічному ланцюзі тварин підвищувалась до 10 разів. Встановлено, що при міграції радіонуклідів з ґрунтово-рослинного покриву в тваринницьку продукцію найбільш критичними є природні не поліпшені луки і пасовища. Якщо вони використовуються для випасання або заготівлі сіна, то потік цезію-137 у трофічному ланцюзі тварин підвищується з 2 до 10 разів порівняно з поліпшеними угіддями. Дослідженнями особливостей транспорту, розподілу і всмоктування цезію-137, його біологічної доступності в шлунково-кишковому тракті (ШКТ) доведено тісний зв'язок цих процесів з анатомо-морфологічними особливостями будови харчотравної системи і водного обміну, видових і вікових особливостей тваринного організму.

У цілому слід підкреслити, що результати досліджень співробітників інституту за перші 5 років про поведінку радіонуклідів у біологічних ланцюгах, їх метаболізм в організмі сільськогосподарських тварин дали змогу оцінити допустимі рівні радіоактивного забруднення угідь і

вирощуваних на них кормів для виробництва екологічно чистої продукції тваринництва. На основі цих досліджень були розроблені заходи зі зменшення вмісту радіонуклідів у продукції рослинництва і тваринництва [180,189].