

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (ФГБНУ ВНИИРАЭ)

Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ

Выпуск 1

Актуальные вопросы радиоэкологии

Под редакцией члена-корреспондента РАН Н.И. Санжаровой Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (ФГБНУ ВНИИРАЭ)

Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ

Выпуск 1

Актуальные вопросы радиоэкологии

Под редакцией члена-корреспондента РАН Н.И. Санжаровой

Обнинск 2018 УДК 504.5:539.16.04 ББК 28.070 Т 78

Редакционная коллегия:

Н.И. Санжарова, *чл.-корр. РАН, проф., д.б.н.* (науч. ред.); **О.А. Шубина**, *к.б.н.* (отв. ред.); **С.И. Санжарова**, *к.б.н.*; **Е.В. Гордиенко**

Рецензенты

доктор биологических наук **Спирин Е.В.** доктор биологических наук **Щеглов А.И.**

Т 78 **Актуальные вопросы радиоэкологии: Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ. Выпуск 1** / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – 170 с.: ил.

ISBN 978-5-903386-54-3

В сборнике отражены результаты фундаментальных и прикладных исследований сотрудников ФГБНУ ВНИИРАЭ в области общей и сельскохозяйственной радиоэкологии. Издание включает материалы по вопросам миграции радионуклидов, математическому моделированию, радиоэкологии атомных станций, проблемам территорий, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС.

Для специалистов в области радиоэкологии, радиобиологии, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

Рекомендовано к изданию решением Ученого совета ФГБНУ ВНИИРАЭ от $10.04.2018~\mathrm{r}.$

УДК 504.5:539.16.04 ББК 28.070

Краткий очерк истории развития отечественной радиоэкологии

Санжарова Н.И., Шубина О.А., Гордиенко Е.В.

Начало формирования радиоэкологии как научной дисциплины относится к началу XX века и связано с открытием явления радиоактивности. В России в этот период появляются первые исследования по радиоактивности минералов [1], а также вод минеральных источников на Кавказе [2]. Особый интерес представляют работы Одесской радиологической лаборатории, где были проведены, по сути, первые исследования по радиоактивности воздуха, почв, грязей, вод [3]. Базовые принципы радиоэкологических исследований были заложены академиком В.И. Вернадским в работах по радиогеологии и биогеохимии радионуклидов [4, 5]. На раннем этапе развития радиоэкологии основным направлением исследований являлось изучение особенностей поведения в окружающей среде естественных радионуклидов (урана, радия, тория), т.к. в этот период разрабатываются методы поиска и добычи урановых руд [6]. Также проводятся работы по изучению действия ионизирующего излучения на живые организмы в местах с повышенным содержанием естественных радионуклидов [4]. Одной из первых задач радиоэкологии являлась оценка роли естественной радиоактивности в эволюции живого на Земле.

С середины XX века начался новый этап развития радиоэкологии, связанный с поступлением в окружающую среду искусственных радионуклидов после бомбардировки Нагасаки и Хиросимы, проведением испытаний ядерного оружия в различных странах [7]. На втором этапе развития было предложено, собственно, определение «радиоэкология», сформулированы основные задачи нового научного направления и некоторые методические подходы к проведению исследований. Термин «радиоэкология» был предложен советскими учеными А.М. Кузиным и А.А. Передельским (1956 г.) [8]. Одновременно американский профессор Е. Одум также ввел понятие «радиоэкология» и определили ее задачи [9].

В теоретическом плане задачей радиоэкологии является изучение закономерностей и механизмов миграции радионуклидов в окружающей среде и действия ионизирующих излучений на биологические компоненты экосистем. В практическом плане радиоэкологические исследования являются основой обеспечения радиационной безопасности, как человека, так и биосферы.

В СССР реализация атомного проекта явилась одной из причин создания ряда специализированных лабораторий для развития исследований в области радиобиологии и радиоэкологии. Научные разработки были ориентированы в первую очередь на оценку радиологических последствий возможного ядерного конфликта [10]. Среди ключевых задач, которые стояли перед учеными, можно выделить изучение накопления искусственных радионуклидов в компонентах окружающей среды и радиоэкологические последствия для человека и биоты. Кроме того, нужно было создать методическую и инструментальную базу для проведения исследований.

27 декабря 1946 г. по инициативе И.В. Курчатова создается Биофизической лаборатории (БФЛ) при Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (ТСХА) (Приказ №24сс Министра земледелия СССР И.А. Бенедиктова), на должность руководителя которой назначается В.М. Клечковский. Лаборатория проводила исследования по следующим направлениям: почвенная химия продуктов ядерного деления; применение метода меченых атомов; поведение радионуклидов в системе почва-растение; действие ионизирующего излучения на растения; разработка методов измерения радиоактивности [11]. Следующим шагом явилось создание в 1950 г. при кафедре физиологии и биохимии животных ТСХА им. К.А. Тимирязева группы, которая занималась изучением поведения радиоактивных продуктов ядерного деления в организме сельскохозяйственных животных и продукции животноводства.

К началу 50-х годов опыт эксплуатации первого комплекса заводов по наработке оружейного плутония на Урале показал, что необходимо оценить последствия радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды, в первую очередь водоема, куда поступали радиоактивные отходы. Натурные комплексные

радиоэкологические исследования, которые провели сотрудники Центральной заводской лаборатории, положили начало развитию нового направления – водной радиоэкологии, а также явились, по сути, первыми мониторинговыми наблюдениями за радиационной обстановкой [12].

К решению важных для страны задач по изучению последствий радиоактивного загрязнения были привлечены институты Академии наук СССР. В 1955 г. на территории Ильменского заповедника была создана биофизическая станция, которая входила в состав Института биологии Уральского филиала АН СССР, впоследствии переименованного в Институт экологии растений и животных. Идея создания биофизической станции принадлежала Н.В. Тимофееву-Ресовскому и была связана с участием в реализации проекта «Лаборатория Б» (Постановление 3640-1204 «Об организации лаборатории «Б» 9-го Управления МВД СССР» от 24 октября 1947 г.). К концу 50-х гг. были получены приоритетные результаты по накоплению радионуклидов различными живыми организмами, а также данные о радиочувствительности различных видов и сообществ организмов. Это направление исследований, которое возглавил Н.В. Тимофеев-Ресовский, получило название радиационной биогеоценологии [13].

Крупные аварии на предприятиях атомной отрасли (НПО Маяк, 1957 г., Россия; Уиндскейл, 1957 г., Великобритания) обусловили формирование территорий с высоким уровнем радиоактивного загрязнения [14]. Ликвидация последствий радиационных аварий определила необходимость изучения закономерностей миграции широкого спектра искусственных радионуклидов, а также оценки действия ионизирующего излучения на биологические объекты и формирования дозовых нагрузок на население [15-17].

В 1958 г. после аварии на НПО «Маяк» была создана Опытная научно-исследовательская станция (ОНИС) [18]. ОНИС стала научной экспериментальной базой большого числа научных учреждений. Создание специализированного подразделения непосредственно в зоне аварии обусловило уникальные условия для проведения широкого круга междисциплинарных радиобиологических и радиоэкологических исследований. Эти работы имели реальное практическое

значение, т.к. явились основой разработки системы защитных и реабилитационных мероприятий. На станции было сформировано пять лабораторий (агрономическая, гидропочвенно-биоценологичебиологическая, ская, физико-дозиметрическая, химическая) и большая полевая сельскохозяйственная группа. На базе станции проводились исследования по миграции радионуклидов; их накоплению в компонентах природных и аграрных экосистем; изучению генетических действий радиации, а также разрабатывались приемы реабилитации загрязненных территорий, в частности, рекомендации по сельскохозяйственному использованию территории [19]. Учитывая важность проблемы получения на загрязненной территории сельскохозяйственной продукции, безопасной для населения, в 1959 г. Министерством сельского хозяйства РСФСР было принято решение об организации Комплексной научно-исследовательской сельскохозяйственной радиологической лаборатории. Масштабные задачи по реабилитации сельскохозяйственных земель, которые решались на Восточно-Уральском радиоактивном следе, показали необходимость расширения и углубления работ в области сельскохозяйственной радиологии. Это послужило основанием для создания в 1970 г. Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии (в настоящее время ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологи и агроэкологии») [20]. Созданный в период действия доктрины возможного ядерного конфликта институт выполнял работы по разработке средств и методов защиты сельскохозяйственных растений и животных от поражающего действия ядерного оружия, а также в области применения радионуклидов, источников ионизирующих излучений и ядерных технологий в сельском хозяйстве.

Знаковым событием в истории развития радиоэкологии явился пуск в г. Обнинске Калужской области в 1954 г. первой в мире атомной электростанции. Начиная с 60-х годов XX века основные проблемы радиоэкологии стали связывать с обеспечением безопасного использования ядерной энергетики. Кроме того, активно начинают развивать и широко использоваться в промышленности, медицине, сельском хозяйстве радиационные технологии. Современная

Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ

радиоэкология представляет собой разветвленную отрасль науки, в которой с учетом особенностей объектов, выделяют различные направления: континентальная радиоэкология, водная радиоэкология, лесная радиоэкология, сельскохозяйственная радиоэкология, морская радиоэкология, радиоэкология животных и т.д. [21-26].

Следует учитывать, что при увеличении числа применяемых ядерных технологий неизбежно возрастает и радиационная опасность для окружающей среды и человека. Принципиально новая ситуация сложилась в атомной отрасли после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Беспрецедентная по масштабам авария привела к необходимости исследования и оценки радиоэкологических последствий в различных направлениях: изучение процессов взаимодействия выпадающих из атмосферы радиоактивных примесей с почвенно-растительным покровом; сорбция и фиксация радионуклидов в почвах; закономерности накопления радионуклидов живыми организмами; миграция радионуклидов по пищевым цепочкам; генетические эффекты и т.д. [27]. Основной вклад в решение проблем по ликвидации аварии на ЧАЭС внесли специалисты, которые получили опыт ликвидации аварии на НПО «Маяк». Многие из них были учениками и последователями выдающихся отечественных ученых В.М. Клечковского и Н.В. Тимофеева-Ресовского.

Ликвидация аварии на Чернобыльской АЭС с особой остротой показала важность международного сотрудничества ученых в области радиационной безопасности. Это понимали ведущие политики и ученые, стоявшие у истоков использования ядерной энергии в военных и мирных целях. Широкое международное обсуждение на Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии дало начало новому, современному этапу развития радиобиологии и в значительной степени радиоэкологии (8-20 августа 1955 г.). В 1955 г. создается специальный Научный комитет по изучению действия атомной радиации при ООН (НКДАР). Для решения задач радиоэкологии во многих странах созданы специальные институты или центры. Масштабность радиоэкологических задач определила развитие международной кооперации в рамках различных проектов Международного агентства по атомной

энергии, Международной продовольственной и сельскохозяйственной комиссии ООН, Европейской комиссии и т.п. Крайне важно поддерживать мировой уровень в области развития радиоэкологии, чтобы обеспечивать совместные международные меры по реагированию на угрозы, связанные как с ядерным наследием, так и будущими рисками. В настоящее время международные организации высказывают обеспокоенность сокращением исследований в области радиоэкологии, а также отсутствием во многих странах программ по подготовке следующего поколения радиоэкологов [28]. Эти проблемы характерны, к сожалению, и для отечественной радиоэкологии.

Между тем на современном этапе академик РАН Алексахин Р.М. [29] выделил комплекс проблем, в том числе радиоэкологических, без решения которых невозможно развитие ядерной энергетики: обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом; радиоэкологические аспекты аварий (последствия и контрмеры); отложенные проблемы ядерного наследия; снятие с эксплуатации ядерных объектов. Помимо обеспечения технологической безопасности, развитие ядерной энергетики ставится общественностью в прямую зависимость от решения экологических проблем. Решение сложного комплекса радиоэкологических проблем невозможно без широкой интеграции научных исследований. Результаты радиоэкологических исследований используются для обоснования решений, связанных с оценкой последствий воздействия радиационных объектов на окружающую среду и население, угрозами применения ядерного оружия, перспективами развития ядерной энергетики и т.д. В любом государстве, которое использует ядерную энергию в мирных или военных целях, радиоэкология является одним из элементов научных знаний, которые обеспечивают национальную безопасность.

Литература

1. Антипов И.А. О новом месторождении урановой слюды в России и об естественной окиси цинка в Олькушских рудниках (О новомъ мъсторожденіи урановой слюды въ Россіи и объ естественной окиси цинка въ Олькушскихъ рудтникахъ) // Записки С.-Петербургского

- минералогического общества. 1900. Т. XXXVIII. Серия 2. С. 38-41.
- 2. *Карстенс Э.Э.* Опыт исследования радиоактивности Кавказских минеральных вод // Записки русского бальнеологического общества в Пятигорске. 1907-1908. Т. IX. № 5. С. 476-529.
- 3. *Панченко С.В.* У истоков радиоэкологии: учебное пособие, часть 1. Препринт ИБРАЭ №2018-02. М.: ИБРАЭ РАН, 2018. 36 с.
- 4. Вернадский В.И. О концентрации урана в биосфере живыми организмами // Доклады АН СССР. 1929. № 2. С. 33-34.
- 5. *Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 250 с.
- 6. *Ферсман А.Е.* Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1939. 446 с.
- 7. Алексахин Р.М. Радиоэкология XXI века// Вестник Российской академии наук. 2010. Том 80. N° 4. С. 321-328.
- 8. *Кузин А.М., Передельский А.А.* Охрана природы и некоторые вопросы радиоактивно-экологических связей // Охрана природы и заповедное дело в СССР. 1956. Бюлл. 1. С. 65-78.
- 9. *Odum E.P.* Fundamentals of Ecology. Philadelphia: WB Saunders Company, 1959. 560 p.
- 10. Алексахин Р.М., Пристер Б.С. Радиоэкология как отрасль естествознания: некоторые размышления об интересном прошлом, сложном и важном настоящем и перспективах на будущее // Радиационная биология. Радиоэкология. 2008. Том 48. № 6. С. 645-653.
- 11. *Могилевкин В.Б.* Становление сельскохозяйственной радиоэкологии и советский Атомный проект // XL Радиоэкологические чтения В.М. Клечковского (23 ноября 2011 г., Обнинск). Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2012. С. 42-57.
- 12. Смагин А.И. Дмитрий Ильич Ильин основатель практической пресноводной радиоэкологии // XLVI Международные радиоэкологические чтения В.М. Клечковского (30 ноября -1 декабря 2017 г., Обнинск) / Под ред. акад. РАН Р.М. Алексахина. Обнинск: ВНИИРАЭ, 2017. С. 19-28.
- 13. Тимофеев-Ресовский Н.В. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии// Ботанический журнал. 1957. Т. 42. N° 2. С. 161-194.
- 14. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / P.M. Алексахин [и др.]; под ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. М.: ИздАТ, 2001. 752 с.
- 15. Верховская И.Н. Задачи, методы и перспективы радиоэкологических исследований в различных биогеоценозах // Методы радиоэкологических исследований. М., 1971. С. 3-15.

- 16. Большаков В.Н. Заключение комиссии по оценке экологической ситуации в районе производственного объединения «Маяк», организованной по решению Президиума Академии наук $N^{\circ}1140-501$ // Радиобиология. 1991. Т. 31. Вып. 3. С. 436-452.
- 17. Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территории продуктами деления урана / Под ред. А.И. Бурназяна. М: Энергоатомиздат, 1990. 144 с.
- 18. Алексахин Р.М. У истоков отечественной радиоэкологии. К 100-летию со дня рождения В.М. Клечковского // Вестник Российской академии наук. 2001. Том 71. \mathbb{N}^2 1. С. 63-70.
- 19. Радиационная авария на ПО «Маяк» 1957 г. // Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / *Р.М. Алексахин* [и др.]; под ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. М.: ИздАТ, 2001. Гл. 2. С. 134-296.
- 20. Постановление Совета Министров от 31 июля 1970 г. № 625-195 «Об организации Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии».
- 21. Поликарпов Г.Г. Радиоэкология морских организмов, М.: Атомиздат, 1964. 295 с.
- 22. *Тихомиров Ф.А.* Действие ионизирующих излучений на экологические системы. М.: Атомиздат, 1972. 176 с.
- 23. Куликов Н.В., Молчанова И.В. Континентальная радиоэкология. М.: Наука, 1975. 184 с.
- 24. *Алексахин Р.М., Нарышкин М.А.* Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1977. 144 с.
- 25. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. М.: «Экология», 1992. 400 с.
- 26. Криволуцкий Д.А. Радиоэкология сообществ наземных животных. М.: Энергоиздат, 1983. 87 с.
- 27. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой, проф. С.В. Фесенко. М.: РАН, 2018. 278 с.
- 28. *Санжарова Н.И*. Перспективы развития радиоэкологических исследований новые международные проекты // Радиационная биология. Радиоэкология. 2014. Том 54. № 2. С. 2009-2014.
- 29. Алексахин Р.М. Радиоэкология и вопросы радиационной безопасности: современное состояние и актуальные задачи // Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях: сб. материалов X Российской научной конференции, 22-25 сентября 2015 г., Москва, Обнинск / Под общ. ред. Л.А. Большова. М.: ООО «САМ Полиграфист», 2015. 122-125 с.

10