

На правах рукописи

Мануйлова Екатерина Григорьевна

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТАНОВЛЕНИЯ
РАДИОЭКОЛОГИИ И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
В РОССИИ**

Специальность 07.00.10 – История науки и техники

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Москва 2016

Диссертационная работа выполнена в Институте истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук

Научный руководитель:

Назаров Анатолий Георгиевич

доктор биологических наук, профессор,
Институт истории естествознания и
техники им. С.И. Вавилова РАН, главный
научный сотрудник Отдела истории
биологии и химии

Официальные оппоненты:

Алексахин Рудольф Михайлович

академик РАН, доктор биологических
наук, профессор, Госкорпорация
«Росатом», главный эколог проектного
направления «Прорыв»

Крышев Иван Иванович

доктор физико-математических наук,
профессор, Научно-производственное
объединение «Тайфун», главный
научный сотрудник, заведующий
лабораторией эколого-геофизического
моделирования и анализа риска

Ведущая организация:

ФГБУН Институт проблем экологии и
эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Защита диссертации состоится 29 ноября 2016 г. в 12.00 на заседании диссертационного совета Д.002.051.02 при Институте истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН по адресу: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д.14, комн.46.

С диссертацией можно ознакомиться в Дирекции, Отделе истории биологических и химических наук (комн.46) и на сайте Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН <http://www.ihst.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Р.А. Фандо

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Изучение истории радиоэкологии в России приобретает особую значимость в связи с вопросами обеспечения радиационной и экологической безопасности предприятий атомной отрасли, нефтедобывающей промышленности и других отраслей, где применение радиоэкологического мониторинга является обязательным в деятельности предприятий. Дальнейшее безопасное развитие атомной отрасли обусловлено необходимостью совершенствования существующих систем мониторинга в соответствии с изменением парадигмы обеспечения радиационной безопасности с антропоцентрической («защищен человек – защищена природа») на экоцентрическую с учетом историко-научных предпосылок развития радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга.

Степень изученности проблемы. При проведении исследования автором был изучен большой массив литературных, архивных и фондовых данных. Выяснилось, что специальные исследования по истории становления радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга и обозначению роли эколого-биологических аспектов в их развитии ранее не проводились. По истории изучения радиоактивности природных сред России имеются немногочисленные работы. Одной из основных, охватывающей период исследований с 1896 г. до 1917 г., является монография Л.Л. Зайцевой и Н.А. Фигуровского «Исследование явлений радиоактивности в дореволюционной России» (1961), где отдельные главы посвящены изучению радиоактивности природных объектов и возникновению первых радиологических лабораторий на территории России.

Географическим аспектам изучения естественной и искусственной радиоактивности посвящена диссертационная работа М.С. Хвостовой «История изучения естественной и искусственной радиоактивности природных объектов России» (2006). В ней предпринята плодотворная попытка периодизации истории изучения естественной и искусственной радиоактивности природных объектов России.

Опубликованы научно-биографические работы, посвященные ученым, внесшим непосредственный вклад в развитие радиоэкологических знаний: В.А. Карчагин «Алексей Петрович Соколов // Успехи физических наук» (1928), Ю.А. Храмов «Соколов Алексей Петрович» (1983), К.Ш. Надарейшвили и Д.К. Надарейшвили «Иван Тархан-Моурави - первый исследователь в области радиобиологии и радиационной экологии» (2013), Н.В. Дылис «Академик Владимир Николаевич Сукачев» (1958), М.С. Гиляров «Из воспоминаний о В.Н. Сукачеве» (1986), В.В. Бабков и Е.С. Саканян «Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский» (2002) и др.

Уникальные сведения о проводимых работах по изучению радиоактивности были найдены в пионерном труде Л.М. Горовиц (Власовой) «К учению о биологическом значении лучей радия» (1906), книгах П.Г. Мезерницкого «Радий и его применение в терапевтической клинике» (1912) и А.Е. Молоткова «Библиография русской радиологии и рентгенологии за 1896-1938 гг. Выпуск 1 «Радий и радиоактивные веществ» (1938).

Большую роль в анализе развития радиоэкологии и мониторинговых исследований сыграли труды академика Р.М. Алексахина «У истоков отечественной радиоэкологии (атомный Ротамстед и радиоэкологическая Мекка)» (1997), «У истоков отечественной радиоэкологии. К 100-летию со дня рождения В.М. Клечковского» (2001), Р.М. Алексахина и Ф.А. Тихомирова «Радиоэкология: достижения, задачи и горизонты» (1985).

Результаты этих работ использованы автором в общем историко-научном анализе исследования.

Цель настоящей работы заключается в изучении истоков и процесса становления радиоэкологических знаний в России, выявлении эколого-биологической сущности радиоэкологического мониторинга.

Достижение поставленной цели определялось решением следующих **задач**:

— сбор, систематизация и обобщение материалов литературных, фондовых и архивных источников по выявлению истоков и последующих

радиоэкологических исследований природных сред и объектов в России от первых работ в конце XIX в до настоящего времени;

— исследование процесса получения и накопления фактических данных по воздействию радиации на биологические объекты и о радиоактивности биокосных систем биосферы (почв, природных вод и грязей, атмосферного воздуха), обосновывающих эколого-биологическую сущность радиоэкологического мониторинга;

— установление основных теоретических предпосылок радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга;

— выявление основных историко-научных этапов становления и развития накопленных в России радиоэкологических знаний;

— изучение роли обособившихся научных направлений радиоэкологии в целостной картине радиоэкологических знаний;

— раскрытие основополагающего значения эколого-биологической составляющей радиоэкологического мониторинга на современном этапе в качестве важнейшего критерия обеспечения безопасности предприятий атомной отрасли.

Объект исследования – радиоэкологические исследования биологических объектов и природных систем в различных регионах России конца XIX- начала XXI вв.

Предметом исследования является история развития радиоэкологических исследований и радиоэкологического мониторинга в России XIX-XXI вв.

Научная новизна работы заключается в раскрытии особенностей истории развития радиоэкологических знаний в России от первых исследований после открытия рентгеновских лучей и явления радиоактивности в конце XIX в. до настоящего времени. В диссертации впервые раскрывается ведущая роль эколого-биологических аспектов радиоэкологического мониторинга как основного инструментария радиоэкологии и ее отдельных направлений.

Методология исследования опирается, в основном, на источниковедческий и сравнительный историко-экологический методы. В силу того, что проводимое исследование находится на стыке ряда научных дисциплин, в частности: экологии, радиобиологии, радиоэкологии, радиологии, радиационной гигиены, истории науки и др., в основу положен комплексный подход.

Хронологические рамки исследования охватывают период с открытия рентгеновских лучей в 1895 г. и явления радиоактивности в 1896 г. до создания систем радиоэкологического мониторинга современности.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. В истории становления и развития радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга в России выделяются три основных историко-научных этапа:

Первый этап – начальный: истоки становления радиоэкологии и формирования теоретических основ ее развития; создание региональных центров изучения радиоактивности - радиологических лабораторий в России (1896 – 1940 гг.);

Второй этап: развитие радиоэкологических знаний после открытия явления искусственной радиоактивности и Кыштымской радиационной катастрофы; формирование обособленных направлений радиоэкологии; развитие методологической и технической базы исследований (1940 – 1986 гг.);

Третий этап – современный: развитие радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга после катастрофы на Чернобыльской АЭС; появление современных комплексных систем мониторинга; изменение парадигмы обеспечения экологической безопасности (1986 – наст. вр.).

2. Радиоэкология и ее направления имеют неразрывную связь с эколого-биологической сущностью радиоэкологического мониторинга.

3. Эволюция радиоэкологических знаний связана с учением В.И. Вернадского о биосфере, биогеоценологией В.Н. Сукачева, концепцией Геомериды В.Н. Беклемишева, радиационной биогеоценологией Н.В. Тимофеева-

Ресовского и другими эколого-биологическими дисциплинами, которые служат теоретическим фундаментом радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга.

4. Эколого-биологические аспекты радиоэкологического мониторинга являются базисом в обеспечении экологической и радиационной безопасности вводимых, действующих и выводимых из эксплуатации ядерно- и радиационно-опасных объектов атомной отрасли.

Источниковая база исследования. Доказательную основу диссертационного исследования составляют входящие в источниковую базу изученные автором архивные и фоновые материалы, хранящиеся в Архиве Российской Академии наук и архивах и фондах атомной отрасли, обширный комплекс научной литературы конца XIX-начала XXI в. Российской государственной библиотеки и Государственной публичной научно-технической библиотеки России.

Впервые изучены и введены в научный оборот архивные сведения о переписке В.И. Вернадского с руководителями региональных центров изучения радиоактивности (Е.С. Бурксером, П.П. Орловым, А.П. Соколовым), а также с Н.В. Тимофеевым-Ресовским, ранее не используемые в научной литературе.

Наряду с этим автором за время работы в Госкорпорации «Росатом» проведен анализ всех выходящих в открытом доступе с 2008 г. ежегодных отчетов по экологической безопасности экологически значимых организаций атомной отрасли, а также отчеты и Доклады Общественного совета Госкорпорации «Росатом», публичные отчеты Госкорпорации «Росатом», ее основных дивизионов и других организаций (ФГБУ «Гидроспецгеология», Минприроды России, НПО «Тайфун»).

Практическая значимость исследования заключается в том, что полученные данные могут быть использованы: при проведении дальнейших исследований по истории радиоэкологии; при совершенствовании существующих и создании новых систем радиоэкологического мониторинга в организациях атомной отрасли, в том числе разработки единого нормативного документа Госкорпорации «Росатом» по радиоэкологическому мониторингу,

отсутствующему в настоящее время; для включения в учебные курсы по радиоэкологии для студентов высших учебных заведений экологических и иных факультетов ВУЗов.

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертации были представлены на научных семинарах и конференциях, в том числе международных:

— на Экологической секции Годичной научной конференции Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН (2014-2016 гг.);

— на Международном общественном форуме-диалоге «Атомная энергия, общество, безопасность» (2014 г.) и Региональном форуме-диалоге Общественного совета Госкорпорации «Росатом» (2014 г.);

— на Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека» (2016).

По теме диссертации опубликовано 7 работ, 2 из которых - в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и литературы, списка иллюстративного материала и приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыты актуальность темы, цель и задачи исследования, определены объект и предмет, указаны хронологические рамки исследования. Отмечены научная новизна и практическая значимость работы.

Глава 1. Истоки становления радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга в России в конце XIX – первой половине XX вв.

В первой главе рассмотрен начальный этап развития радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга в России, с открытия рентгеновских лучей в 1895 г. и явления радиоактивности в 1896 году, до 1940-х годов.

Установлено, что одним из первых российских исследователей был физиолог, академик **И.Р. Тарханов**, который начал изучать реакции различных систем организма на облучение в конце XIX в. Его опыты по воздействию рентгеновских лучей на травянистых лягушек и мух можно считать пионерными. Первые шаги по наблюдению за влиянием радиоактивности на живые организмы были сделаны в 1903 г. учеными **С.В. Гольдбергом** и **Е.С. Лондоном** из Санкт-Петербургского института экспериментальной медицины. Результаты собственных исследований, а также обширного анализа проведенных до 1906 г. работ по изучению радиоактивности природных сред (почв, атмосферного воздуха, природных вод и др.) и действию ионизирующего излучения на живые организмы, нашли отражение в докторской диссертации **Л.М. Горовиц (Власовой)**, которую можно назвать первой диссертацией по радиобиологии (и отчасти – радиоэкологии) в России (1906).

Одним из первых ученых, обративших внимание на радиоактивность природных объектов, стал профессор Московского университета **А.П. Соколов**, впервые указавший на роль ионизации и радиоактивности атмосферного воздуха и предположивший попадание эманации радия в грязь из почвенного воздуха (Соколов, 1903, 1905).

Профессор медицинской химии Клинического института в Санкт-Петербурге **А.В. Пель** подчеркивал, что радиоактивные свойства воздуха и почвы

оказывают влияние на рост растений и связывал с этим отличие растительных сообществ в различных регионах (Пель, 1903).

Исследования профессора Санкт-Петербургского университета **И.И. Боргмана** были направлены на изучение лечебных грязей, оказывающих целебное действие на организм человека благодаря выделяемой эманации, задерживающей рост бактерий (1906).

В Сибирском регионе одним из первых в 1904 г. начал изучать радиоактивность природных объектов профессор Томского государственного университета **П.П. Орлов**. В 1907 году за счет средств Орлова была организована экспедиция в Енисейскую губернию (первая экспедиция Российской Академии наук была организована только в 1908 г.). По результатам проводимых наблюдений в Томске П.П. Орлов отмечал довольно высокую активность ключей и колодцев г.Томска и р.Томи в зимнее время (Рихванов, 1997).

Нормы воздействия радия в форме радона на организм, установленные лаборантом кафедры физики Томского технологического института **В.С. Титовым** в 1905 г. на Белокурихинских источниках, были положены в основу нормирования на других курортах России. При проведении работ по изучению радиоактивных веществ в Забайкалье в 1910 г. доктор **И.А. Багашев** отмечал высокий уровень заболеваемости населения казачьих поселков, что объяснял использованием питьевой воды колодцев и ключей с высокой радиоактивностью (Зайцева, Фигуровский, 1961).

Большой вклад в изучение радиоактивности Юга России внес инженер-технолог Кавказских Минеральных Вод **Э.Э. Карстенс**, проводивший исследования проб, отобранных непосредственно около бюветов и источников. Изучением грязей, минеральных пород и источников, в частности, в Кубанской области, занимался в 1914-1921 гг. выпускник Московского университета химик-радиолог **В.И. Спицын**.

В своей работе ученые в первые десятилетия XX в. использовали несколько методов определения радиоактивности. Среди них в качестве основных выделяли четыре: радиографический, флуороскопический, электрический и термический.

С 1910 году начинают проводиться систематические исследования в центрах изучения радиоактивности. Первая - **Одесская - радиологическая лаборатория** была создана в марте 1910 г. Как определил инициатор создания и руководитель лаборатории **Е.С. Бурксер**, главной задачей лаборатории было исследование русских радиеносных минералов, определение радиоактивности минеральных вод, грязей и других биокосных сред (Бурксер, 1911). В отзыве академика В.И. Вернадского о работах Е.С. Бурксера подчеркивается, что именно на периферии, а не в центральных регионах России возникла первая радиологическая лаборатория (Архив РАН. Ф. 518. Оп. 3. Д. 211). В 1913 г. лабораторией начато изучение действия радиоактивных веществ на растения и животных, а годом позже впервые организуется специальный биологический отдел.

Радиологическая лаборатория при физическом институте Московского университета, основанная позже Одесской, уже в 1912 г., была создана А.П. Соколовым с ассистентами К.П. Яковлевым и А.П. Снесаревым (Яковлев, 1963). К периоду работы лаборатории относятся не только исследования радиоактивности воздуха, целебных грязей, почв и вод некоторых минеральных источников России, но и работы по определению радиоактивности горных пород, руд, минералов из русских месторождений.

Через десять лет после начала исследований П.П. Орловым радиоактивности природных объектов Сибири, в 1914 г. была создана **лаборатория Томского университета**, ставшая под его руководством центром изучения радиоактивности региона. Несмотря на то, что основным направлением работ Сибирского центра изучения радиоактивности стал поиск и изучение минеральной базы, профессором Орловым и сотрудниками лаборатории проводились работы по определению радиоактивности различных природных сред, результаты которых актуальны и в наше время для проведения мониторинга и сравнительного анализа.

В 1922 г. создан Государственный Радиевый институт, в задачи первых лет которого входило, в том числе, изучение и освещение роли живого вещества в

истории химических элементов в земной коре, распространения радиоэлементов в живой природе, организация изучения радиоактивности морей, вод и горных пород. В 1928 г. создается Биогеохимическая лаборатория Академии наук (БИОГЕЛ), где под руководством академика **В.И. Вернадского** были заложены теоретические, методические и экспериментальные основы биогеохимического направления исследований. Такие исследования проводились впервые не только в СССР, но и во всем мире (Из истории организации биогеохимических исследований...). Доказательством концентрационной функции организмов по отношению к радию стало получение количественных данных о его содержании в пяти видах ряски (*Lemna*).

Таким образом, открытие явления радиоактивности можно считать точкой отсчета в развитии радиоэкологических наблюдений. Первые исследования радиоактивности природных сред и влияния ионизирующих излучений с момента открытия рентгеновских лучей в 1895 г. и явления радиоактивности в 1896 г. до 1940-х гг. можно выделить как начальный этап развития радиоэкологических знаний.

Глава 2. Научные предпосылки формирования радиоэкологии как фундаментальной основы радиоэкологического мониторинга

Поворотным моментом в развитии радиоэкологических исследований стало учение о биосфере академика В.И. Вернадского. Основные идеи В.И. Вернадского о биосфере сложились к началу 20-х гг. и были опубликованы в 1926 г. в книге «Биосфера». Ученым выделено шесть основных функций биосферы, представляющих биогеохимические функции живого вещества. С позиций проводимого исследования наиболее значимыми из них являются концентрационная функция и функция рассеяния атомов. Первая имеет исключительное значение для становления радиоэкологии и организации систем радиоэкологического мониторинга.

Идеи В.И. Вернадского были развиты **В.Н. Сукачевым**, создавшим новое научное направление – биогеоценологию. Сукачевым и его учениками были

проведены многочисленные эксперименты по изучению растительных сообществ как в искусственно созданных посевах, так и в естественных сообществах. В 1947 г. концепция о биогеоценозе была теоретически обоснована в работе «Основы теории биогеоценологии».

Учение В.И. Вернадского о биосфере и биогеоценология В.Н. Сукачева рассматриваются нами как фундаментальная теоретическая база научно-практического развития радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга. Одним из первых это осознал **Н.В. Тимофеев-Ресовский**. Работы школы Тимофеева-Ресовского объединяют существенные подходы к исследованию радиоактивности, в том числе экспериментально-биогеоценологический подход, позволяющий учитывать комплексность воздействия природных факторов и деятельности человека на судьбу радионуклидов. Разработанная Тимофеевым-Ресовским методология представляет собой новое оригинальное направление исследований - *«радиационную биогеоценологию»*. При проведении радиобиологических исследований ученый начал вводить искусственные радиоизотопы в искусственно выделенные биогеоценозы. Созданные системы водоемов, опытные грядки и участки представляли собой одни из первых форм радиоэкологического мониторинга – моделирование возможных процессов миграции радионуклидов.

Говоря о предпосылках развития радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга, следует обратиться и к научному наследию **В.Н. Беклемишева**. Сочетание различных подходов - знание морфопроецессов и морфологии видов (биологический подход), умение рассматривать все в комплексе и учитывать воздействие многочисленных факторов (экологический подход), мыслить и видеть обширно (биоценологический подход) - позволили Беклемишеву выработать собственную концепцию и свое уникальное видение природы. Биоценологию Владимир Николаевич рассматривал как новую ветвь биологии, объектом которой является *«целостное сообщество, живой покров Земли – Геомерида со всеми входящими в ее состав индивидуальностями»* (Беклемишев, 1970б, С. 53). Подход Беклемишева опирался в основе своей на морфологические

особенности самих живых организмов, т.е. биосфера рассматривалась с глубоко биологической точки зрения.

Глава 3. Формирование и развитие отдельных направлений радиэкологии

Первое развернутое определение радиэкологии как науки было предложено одновременно и независимо друг от друга в 1957 г. советским и американским учеными - **А.А. Передельским** (Передельский, 1957) и **Ю. Одумом** (Odum, 1957).

В третьей главе рассмотрены отдельные направления радиэкологии, сыгравшие важную роль в ее становлении. К одним из первых обособившихся направлений относится сельскохозяйственная радиэкология, основоположником которой стал доктор химических наук, профессор **В.М. Ключковский**. Он одним из первых обратил внимание на большие потенциальные возможности применения метода меченых атомов в агрохимии.

Особое место в становлении сельскохозяйственной радиэкологии и развитии радиэкологического мониторинга заняли исследования на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа, образовавшегося при радиационной аварии на химическом комбинате ФГУП «ПО «Маяк» в 1957 г. (Кыштымская радиационная катастрофа). Первоочередными после катастрофы стали мероприятия, направленные на ограничение поступления радионуклидов с пищевыми продуктами в организм человека. С этой целью в 1958 г. была создана Опытная научно-исследовательская станция (ОНИС), научным руководителем исследований в зоне аварии назначили В.М. Ключковского. Под его руководством в 1959-1972 гг. на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа были исследованы закономерности транспорта по цепи радиоактивные выпадения—почва—сельскохозяйственные растения—сельскохозяйственные животные—человек ведущих в радиологическом отношении искусственных нуклидов из числа продуктов деления, наведенных радионуклидов и тяжелых естественных и искусственных радионуклидов.

К числу последователей Клечковского относится видный ученый в области общей сельскохозяйственной радиоэкологии **Р.М. Алексахин**. Он был в числе первых молодых специалистов, прибывших в 1959 г. в зону радиационной катастрофы на Южном Урале. Одновременно с исследованиями по лесной радиоэкологии, Р.М. Алексахин включился в выполнение обширной программы по сельскохозяйственной и общей радиоэкологии.

Одним из коллег Р.М. Алексахина, начинавшего свой путь в радиоэкологии в ОНИС и исследовавшего последствия двух радиационных катастроф – Кыштымской и Чернобыльской, является действительный член Украинской академии наук, академик отделения агроэкологии и природопользования **Б.С. Пристер**. Именно он стал одним из основных организаторов научных исследований по радиоэкологии в Украине.

Первые отечественные работы в области **лесной радиоэкологии** были выполнены в конце 50-х – начале 60-х годов. Важную роль в организации этих исследований сыграли ученые **Г.Ф. Хильми** и **А.А. Молчанов**. В конце 50-х – начале 60-х годов экспериментальные исследования в области лесной радиоэкологии были начаты в Уральском филиале АН СССР под руководством Н.В. Тимофеева-Ресовского. К первым исследованиям лесной растительности территории ВУРС относятся работы **Р.М. Алексахина** и **Ф.А. Тихомирова**.

Основоположником обособившегося к 60-м годам нового направления радиоэкологии - **морской радиоэкологии** - стал академик Национальной академии наук Украины, доктор биологических наук, профессор **Г.Г. Поликарпов**. В 1956 году Г.Г. Поликарповым на Севастопольской биологической станции АН СССР была создана первая в СССР лаборатория морской радиобиологии. Ему удалось систематизировать и научно обобщить фактический материал, накопленный к середине 60-х годов, в монографии «Радиоэкология морских организмов» (1964). За время своего существования лаборатория внесла неоценимый вклад в развитие мониторинговых исследований радиоактивного загрязнения морской среды.

Отдельным значимым направлением радиоэкологических исследований стала **радиоэкология почвенных животных**. Ее появлению предшествовал большой объем работ по фундаментальному исследованию животного мира почвы, проводимый академиком **М.С. Гиляровым** и возглавляемым им коллективом почвенных зоологов. Крупный советский и российский эколог, продолживший традиции школы Гилярова, член-корреспондент РАН **Д.А. Криволицкий** возглавил работы по радиоэкологии почв. Многочисленные исследования в области радиоэкологии почв проводились Институтом эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова АН СССР и Институтом биологии Коми филиала АН СССР.

Таким образом, на основе приведенных во второй и третьей главах результатов диссертационного исследования можно выделить второй этап эволюции радиоэкологических знаний, который начался в 1940-е гг. с момента открытия искусственной радиоактивности и начала проведения испытаний и ядерных взрывов и продолжался до Чернобыльской катастрофы 1986 года.

Первая крупная радиационная авария, произошедшая в Челябинской области на комбинате «Маяк» в 1957 г., переросшая в Кыштымскую радиационную катастрофу, привела к интенсификации развития радиоэкологии и мониторинговых исследований, в связи с чем внутри второго историко-научного этапа представляется целесообразным выделить два хронологически разделяющихся подэтапа:

1 подэтап (1940 – 1957): характеризуется изучением влияния искусственной радиоактивности на биогеоценозы и живые организмы, появлением метода меченых атомов, формированием теоретических основ радиоэкологии, становлением отдельных направлений радиоэкологии;

2 подэтап (1957 – 1986): интенсификация радиоэкологических исследований после Кыштымской катастрофы; оформление радиоэкологии как науки и ее отдельных направлений.

Глава 4. Эколого-биологические аспекты радиоэкологического мониторинга на современном этапе развития радиоэкологии (на примере атомной отрасли)

Мощный импульс развития радиоэкологических исследований, обусловленный последствиями Чернобыльской катастрофы, позволяет говорить о начале с 1986 г. нового, современного, историко-научного этапа эволюции радиоэкологии. Определение его подэтапов и основных реперных точек будет входить в задачу историков науки в ближайшие десятилетия.

После Чернобыльской катастрофы назрела острая необходимость создания новейших систем мониторинга. Большое значение для контроля радиационной обстановки и оперативного реагирования на ее изменения в районе расположения ядерно и радиационно опасных объектов имеет ОАСКРО – отраслевая автоматизированная система контроля радиационной обстановки. Она входит в состав созданной в 1995 г. единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки (ЕГАСМРО). Одним из наиболее комплексных и высокотехнологических видов мониторинга в атомной отрасли является *объектовый мониторинг состояния недр*. Он представляет собой систему регулярных наблюдений за изменением индикаторных показателей состояния недр и поверхностной гидросферы под влиянием деятельности организаций Госкорпорации «Росатом», оценки и прогноза этих изменений во времени и пространстве и направленного управления ими. Центр мониторинга состояния недр на предприятиях Госкорпорации «Росатом» был создан в 2008 г. в рамках Соглашения между Госкорпорацией «Росатом» и Федеральным агентством «Роснедра» Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

В экологически значимых организациях атомной отрасли созданы и эффективно реализуются многоуровневые системы радиоэкологического мониторинга. Помимо обязательного контроля качества атмосферного воздуха, почв, водных объектов, снега, проводится мониторинг биологических объектов биосферы. В настоящее время в атомной отрасли основную роль играет производственный экологический и радиационный мониторинг.

Необходимость регламентации подходов к обеспечению экологической безопасности атомной отрасли нашла отражение в принятой в конце 1990-х гг. межведомственной программе (Минатом, Минздрав, РАН и др.), в результате выполнения которой были утверждены в 2003 г. Основы экологической политики Минатома. Одним из ключевых факторов развития радиоэкологического мониторинга в атомной отрасли стали разработка и утверждение в 2008 г. Экологической политики Госкорпорации «Росатом».

Особое значение радиоэкологический мониторинг приобретает в настоящее время в связи с решением основных задач дальнейшего безопасного развития атомной отрасли. К таким задачам преимущественно относятся задачи по обращению с радиоактивными отходами (РАО), осуществлению безопасного вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии. На государственном уровне в 2011 г. поставлена стратегическая задача по захоронению РАО для обеспечения экологической и радиационной безопасности человека и окружающей среды (Федеральный закон от 11.07.2011 № 190-ФЗ). В соответствии с законом создан Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами – единственная организация, уполномоченная осуществлять захоронение РАО в нашей стране. Эффективная реализация стратегии захоронения РАО предполагает развитие комплексного мониторинга пунктов захоронения РАО.

На государственном уровне в 2013 году начались изменения самой идеологии охраны окружающей среды: теперь место экологического и радиационного *контроля* занимает *мониторинг* окружающей среды (Постановления Правительства Российской Федерации от 06.06.2013 № 477 и от 09.08.2013 № 681). Суть различия между экологическим контролем среды и мониторингом условий местообитания организмов в экосистемах биосферы ещё в 1930-х гг. пророчески предвидел выдающийся отечественный ученый В.Н. Беклемишев.

Ключевым моментом в эволюции радиоэкологических знаний, который, с нашей точки зрения, может быть оценен историками науки как реперная точка в

становлении нового этапа развития радиоэкологии, является изменение подхода к *радиационной защите*. В течение многих лет, следуя директивным рекомендациям Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) №№ 26 и 60, основным считали *антропоцентрический* принцип обеспечения радиационной безопасности: «защищен человек – защищена биосфера». Но в последние годы в ряде стран, включая Россию, наметился переход от антропоцентрического к *экоцентрическому* принципу, который позволил бы обеспечить радиационную защиту не только человека и отдельных организмов биосферы, но и подойти к оценке радиационной защищенности *экосистем биосферы в целом* (Бударков, 2009; Алексахин и др., 2005).

Заключение

В результате проведенного диссертационного исследования удалось выявить истоки зарождения радиоэкологии, обозначить ключевые фигуры и события, повлиявшие на эволюцию радиоэкологических знаний, проследить процесс становления и развития отечественной радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга. Следует подчеркнуть, что радиоэкология не получила бы столь мощного развития без мониторинга – ее основного инструментария.

Безусловно, одной из самых серьезных сложностей при проведении историко-научного анализа стало определение границ и выделение отдельных историко-научных этапов. Анализ показал, что определяющую роль сыграли радиационные катастрофы – Кыштымская и Чернобыльская. Именно они явились наиболее мощным импульсом и катализатором проведения новых исследований, поэтому рассматриваются в представленной работе в качестве реперных точек для разграничения этапов развития радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга.

В итоге в истории становления и развития радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга в России было выделено три основных историко-научных этапа:

Первый этап (1896 – 1940 гг.) – начальный: истоки становления радиоэкологии и формирования теоретических основ ее развития; создание региональных центров изучения радиоактивности - радиологических лабораторий;

Второй этап (1940 – 1986 гг.): развитие радиоэкологических знаний после открытия явления искусственной радиоактивности; формирование обособленных направлений радиоэкологии; развитие методологической и технической базы исследований; роль Кыштымской катастрофы;

Третий этап (1986 – наст. вр.) – современный: развитие радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга после катастрофы на Чернобыльской АЭС; появление современных комплексных систем мониторинга; изменение парадигмы обеспечения экологической безопасности.

Представленное в работе деление на три этапа достаточно условное, так как чаще всего события и ключевые фигуры одного этапа тесно переплетены с другими. С наибольшей неопределённостью ключевых событий пришлось столкнуться при анализе третьего - современного - этапа.

В задачи нашей работы не входили анализ и оценка зарубежных исследований по радиоэкологии и развитию радиоэкологического мониторинга, в связи с чем эти вопросы затронуты лишь частично.

Автором был исследован процесс получения и накопления фактических данных по воздействию радиации на биологические объекты и радиоактивности биокосных систем биосферы (приземного атмосферного воздуха, почв, природных вод, илов, грязей), что позволило подчеркнуть значимость живого вещества биосферы и обосновать эколого-биологическую сущность радиоэкологического мониторинга.

Интенсивное развитие радиоэкологии стало возможным только благодаря созданию прочного научного фундамента. В представленной работе сделана попытка осветить значение учения В.И. Вернадского о биосфере и биогеоценологии В.Н. Сукачева в развитии радиоэкологических знаний. Особое внимание уделено вкладу Н.В. Тимофеева-Ресовского, развивавшего понятие

радиационной биогеоценологии не только в научном, но и в прикладном аспекте. Впервые автором исследования проводится взаимосвязь работ одного из основоположников экологии и экологических мониторинговых исследований В.Н. Беклемишева и эволюцией радиоэкологических знаний.

Школу отечественной радиоэкологии, как показало проведенное исследование, можно считать одной из сильнейших в мире. Несмотря на длительный период холодной войны и железного занавеса, достижения советских радиоэкологов получили признание и зарубежных коллег.

Историко-научное исследование истоков формирования радиоэкологического знания – задача трудоемкая и требующая глубокой детальной проработки. Она потребовала изучения больших массивов источников – прежде всего, архивных и фондовых материалов, практически исчезнувших из научного оборота старых изданий. Проводимое исследование дало возможность натолкнуться на неосуществившиеся в свое время или уже забытые научные идеи, которые могут в будущем дать начало новым научным исследованиям, определят их прикладное значение. Историко-научный анализ таким образом неразрывно связан с современными экологическими проблемами. Оценка развития радиоэкологии на современном этапе, включая настоящее время, позволила подчеркнуть роль эколого-биологической составляющей радиоэкологического мониторинга как основы для обеспечения экологической и радиационной безопасности вводимых, действующих и выводимых из эксплуатации ядерно- и радиационно-опасных объектов, что особенно актуально с учетом изменения подходов к обеспечению радиационной защиты.

Выводы

В результате проведенного диссертационного исследования:

1. На основе анализа материалов литературных, фондовых и архивных источников исследован и воссоздан процесс получения и накопления фактических данных по воздействию радиации на биологические объекты/живые системы и о радиоактивности биокосных систем биосферы (почвы, природных вод и грязей, растительности, атмосферного воздуха) в России от первых исследований радиоактивности в конце XIX в до настоящего времени.

2. Определены основные теоретические предпосылки радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга, заложенные учением о биосфере и ноосфере В.И. Вернадского, биогеоценологией В.Н. Сукачева и радиационной биогеоценологией Н.В. Тимофеева-Ресовского. Показана роль В.Н. Беклемишева как одного из основоположников экологии и экологических мониторинговых исследований. Изучено значение обособившихся научно-практических направлений радиоэкологии в целостной картине радиоэкологических знаний. К ним относятся сельскохозяйственная радиоэкология (В.М. Ключковский, Р.М. Алексахин и др.), морская (Г.Г. Поликарпов и др.), лесная (Г.Ф. Хильми, А.А. Молчанов, Р.М. Алексахин и др.), радиоэкология почв (М.С. Гиляров, Д.А. Криволуцкий и др.).

3. Выделены три основных историко-научных этапа становления и развития радиоэкологических исследований природных сред и объектов в России, обосновывающих эколого-биологическую сущность радиоэкологического мониторинга.

4. Доказано первостепенное значение эколого-биологической составляющей радиоэкологического мониторинга на современном этапе в качестве важнейшего критерия обеспечения безопасности предприятий атомной отрасли. Даны предложения по развитию радиоэкологического мониторинга с учетом изменения парадигмы обеспечения радиационной безопасности и перехода от антропоцентрического подхода к экоцентрическому.

Опубликованные работы по теме исследования:**В изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. Мануйлова Е.Г. Вклад Н.В. Тимофеева-Ресовского в развитие методологии радиоэкологического мониторинга // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». – 2016. – № 4. – С. 83–90.
2. Мануйлова Е.Г. Роль региональных исследований в становлении радиоэкологии в России // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 2. – С. 57–61.

В других изданиях:

3. Мануйлова Е.Г. Аспекты экологии культуры в становлении радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга в России / Экология культуры (кол. моногр.). К 110-летию со дня рождения Дмитрия Сергеевича Лихачева (28.11.1906-30.09.1999). – М.: ЛЕНАНД, 2016. – С. 151–176.
4. Мануйлова Е.Г. К истокам становления радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга в России // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция, 2016. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – С. 215–218.
5. Мануйлова Е.Г. О новых подходах в создании комплексных систем радиоэкологического мониторинга // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Годичная научная конференция, 2015. Т. 2: История естествознания и техники. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – С. 203–206.
6. Райков С.В., Панфилов А.П., Мануйлова Е.Г. Воздействие на окружающую среды и основные итоги обеспечения экологической безопасности в 2012 году организациями Госкорпорации «Росатом» // Информационный бюллетень Росатома «Безопасность в ядерном оружейном комплексе». ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». – 2013. – № 11. – С. 115-117.
7. Грачев В.А., Мануйлова Е.Г. Новые подходы к реализации программ экологического образования // Научный журнал «Экологический ежегодник». – 2012. – № 5. – С. 79-82.



Рисунок 1.

Основные ключевые фигуры и события начального этапа становления радиоэкологии и радиологического мониторинга (Составлено автором)

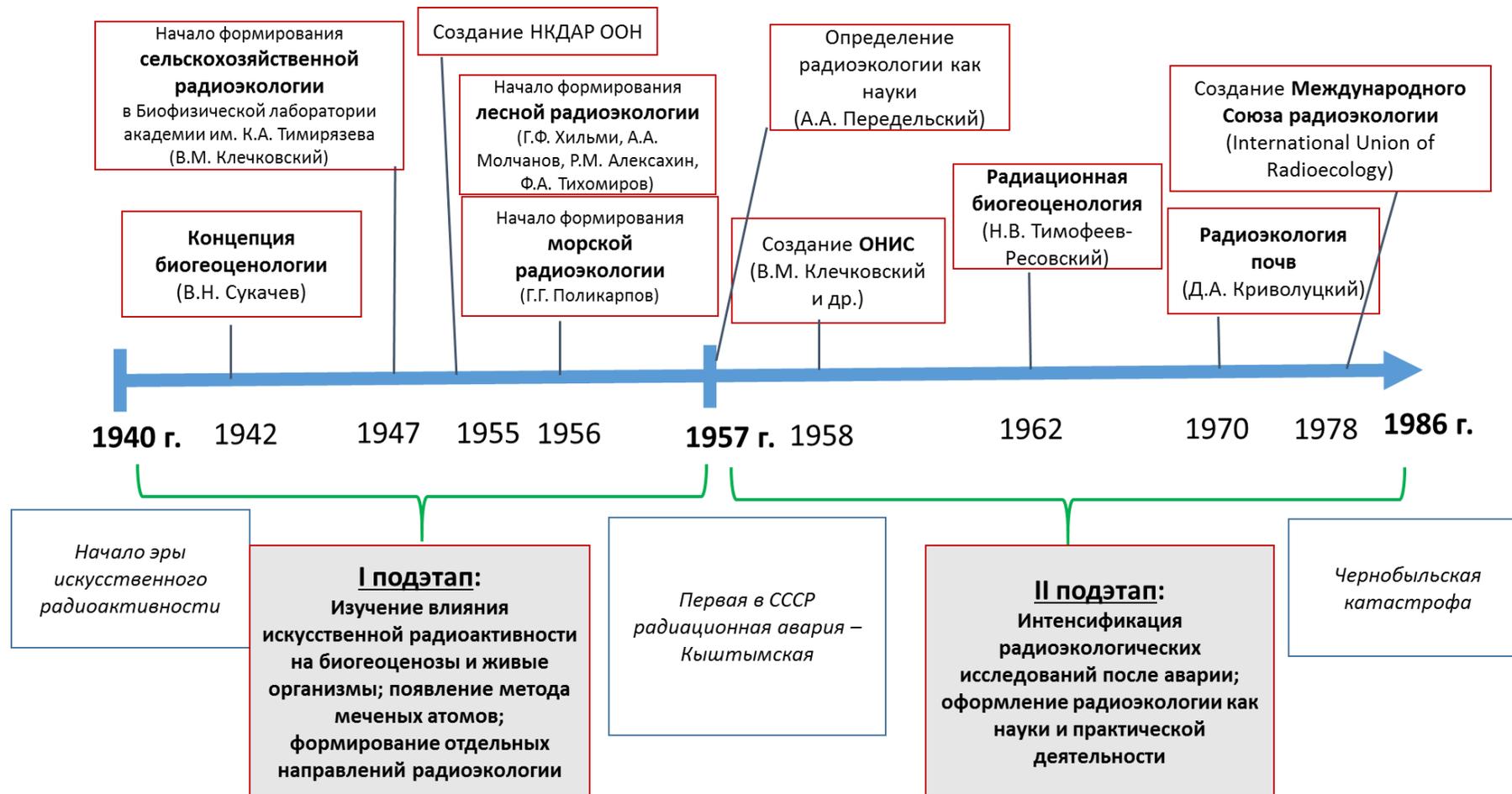


Рисунок 2.

Основные ключевые фигуры и события II этапа становления радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга
(Составлено автором)



Рисунок 3.

Основные ключевые события современного этапа становления радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга
(Составлено автором)