

ISSN 0367-0597

Номер 2

Март - Апрель 1999



# ЭКОЛОГИЯ

Главный редактор  
В.Н. Большаков

<http://www.maik.rssi.ru>



“НАУКА”

МАИК “НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА”

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РОССИИ

© 1999 г. **И. В. Молчанова, В. Н. Позолотина**

*Институт экологии растений и животных УрО РАН  
620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202*

Поступила в редакцию 15.10.98 г.

Изложены основные вехи становления и развития отечественной школы радиоэкологии – от первых основополагающих учений В.И. Вернадского и В.Н. Сукачева через экспериментальную радиационную биогеоценологию, развиваемую в работах Н.В. Тимофеева-Ресовского, В.М. Ключковского и их учеников, до современных исследований в зонах радиационных катастроф, крупнейшая из которых – авария на Чернобыльской АЭС – имеет глобальный характер.

История становления и развития радиэкологии в нашей стране неотделима от общей истории мировой науки. Однако радиоэкология имеет определенную специфику, некоторые ее разделы довольно долго были недоступны научной общественности. Наша задача – рассказать о становлении отечественной школы радиоэкологов, о наиболее выдающихся учениках, о продуктивных идеях, которые впервые были сформулированы и разработаны в России, обогатив мировую науку в целом.

Особую роль в становлении радиоэкологии играют труды В.И. Вернадского. Разработанное им учение о живом веществе и биосфере Земли, показавшее длительное коэволюционное развитие биоты и косного вещества, имело колоссальное мировоззренческое значение (Вернадский, 1926). Идея об организованности биосферы получила блестящее развитие в трудах В.Н. Сукачева о биогеоценозах как элементарных единицах биосферы (Сукачев, 1947). В.И. Вернадским (1929) были проведены первые экспериментальные радиоэкологические исследования по выявлению закономерностей накопления радия живыми организмами.

Широкомасштабные работы, развернувшиеся в мире в середине 50-х годов по созданию ядерного оружия, обусловили поступление в биосферу огромного количества искусственных делящихся материалов. Мировому научному сообществу стало ясно, что фактически сформировался новый глобально действующий экологический фактор – искусственные радионуклиды и порождаемые ими ионизирующие излучения. Осознание важности проблемы взаимодействия живых организмов друг с другом и со средой обитания в условиях радиоактивного загрязнения и повышенного фона радиации привело к созданию новой научной дисциплины – радиационной биогеоценологии, или радиоэкологии. Название научной дисциплины, постановка основных целей и задач появились практически одновременно и независимо друг от друга в работах русских исследователей (“О пове-

дении...”, 1956; Тимофеев-Ресовский, 1957; Передельский, 1957) и американских (Odum, 1957; Platt, 1957). Радиоэкология, или радиационная биогеоценология, замыкала собой широкий круг исследований, изучающих действие радиации на биологические объекты. В ней выделялись два взаимосвязанных направления; в задачу первого входило изучение закономерностей накопления, миграции и распределения радионуклидов в природных биогеоценозах, второе изучало влияние ионизирующих излучений на популяции, сообщества и экосистемы.

Эти задачи легли в основу исследований, начатых Н.В. Тимофеевым-Ресовским в 1947 г. в лаборатории “Б” предприятия п/я 0215 и продолженных с 1955 г. в Институте биологии УФАНа. Работы проводились в рамках сформулированной им концепции экспериментальной радиационной биогеоценологии (Тимофеев-Ресовский, 1957, 1962). Рассматривая радиоактивные изотопы в качестве “меченых” атомов, Н.В. Тимофеев-Ресовский с сотрудниками провели многочисленные экспериментальные работы по изучению поведения радионуклидов в упрощенных системах. Результаты этих исследований позволили провести классификацию радионуклидов по типу их поведения в экосистемах и выделить факторы, управляющие их подвижностью. В работах этого периода существенное место отводилось исследованию роли живых организмов в накоплении радионуклидов и их перераспределении по основным компонентам биогеоценозов. Пределы накопления оказались чрезвычайно широки как для различных элементов, так и для разных видов организмов (Тимофеев-Ресовский, 1962; Тимофеева-Ресовская, 1963; “Радиоактивность ...”, 1966).

В специальных опытах на модельных сообществах наземных растений, почвенных микроорганизмов, пресноводного перифитона в условиях радиоактивного загрязнения были показаны типичные изменения в этих комплексах – от радио-

стимуляции до нарушений их видового состава и структуры (Тимофеев-Ресовский и др., 1957; Куликов, 1957). Отметим, что изучение радиочувствительности и радиопатологии живых организмов – это задача радиобиологии, и в данной статье мы касаемся основных положений радиобиологии лишь в той мере, насколько они важны для радиоэкологии.

Первым учреждением, занявшимся проблемой изучения поведения искусственных радионуклидов в агросфере, стала созданная в 1948 г. Биофизическая лаборатория Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. Лабораторию возглавил один из основоположников сельскохозяйственной радиоэкологии В.М. Клечковский, под руководством которого были проведены многочисленные экспериментальные работы по почвенной химии искусственных радионуклидов и их поступлению в растения (“О поведении...”, 1956; Гулякин, Юдинцева, 1962; Алексахин, 1963). По инициативе А.Ф. Иоффе лаборатория такого типа была создана и при Агрофизическом институте ВАСХНИЛ в Ленинграде. Работы сотрудников этой лаборатории (М.К. Мельниковой, Ю.А. Кокотова, В.М. Прохорова, А.С. Фрид и др.) охватывали широкий круг вопросов, связанных с миграцией наиболее важных с биологической точки зрения нуклидов, разработкой представлений о важной роли диффузионных процессов в переносе радионуклидов в различных средах (Прохоров, 1981).

Осенью 1957 г. в результате аварии, названной впоследствии Кыштымской, на ПО “МАЯК” в окружающую среду было выброшено более 2 млн. Ки радиоактивных веществ, которые, выпадая на поверхность почвенно-растительного покрова, сформировали Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). В связи с этой ситуацией в 1958 г. была организована Опытная научно-исследовательская станция (ОНИС) химкомбината “МАЯК”, первым директором которой был Г.А. Середа, а впоследствии ею руководили Е.А. Федоров, Н.А. Корнеев, Г.Н. Романов. Бесменным координатором работ, проводившихся на этой станции, являлся В.М. Клечковский. За работы, выполненные на территории ВУРСа, группе исследователей во главе с В.М. Клечковским в 1974 г. была присуждена Государственная премия. К сожалению, информация о радиационной ситуации на Урале долго оставалась секретной, фактически только после аварии на Чернобыльской АЭС она стала достоянием радиоэкологической науки в полной мере (“Итоги...”, 1990).

Еще одним центром радиоэкологических исследований стал в конце 50-х годов специальный отдел в Институте биологии Коми филиала АН СССР, созданный по инициативе П.П. Вавилова. Сотрудники отдела под руководством В.И. Масло-

ва, а позднее А.И. Таскаева при постоянных консультациях и непосредственном участии И.Н. Верховской, А.М. Кузина, Р.М. Алексахина, Ф.И. Павлоцкой и других организовали и провели на большой территории в сложных условиях тайги и тундры комплексное изучение природных биогеоценозов с естественно и техногенно повышенным фоном радиоактивности. На большом фактическом материале были вскрыты закономерности поведения естественных радионуклидов как в косных, так и в живых компонентах экосистем (“Радиоэкологические исследования в природных биогеоценозах”, 1972; “Радиоэкологические исследования почв...”, 1983). В природных и модельных сообществах были начаты уникальные работы по изучению действия малых доз радиации на популяции растений и животных, которые легли в основу современной концепции по этой проблеме (“Тяжелые...”, 1990).

Дальнейшую стратегию развития радиоэкологии определили массовые испытания ядерного оружия. Главное направление исследований сводилось к изучению закономерностей миграции, распределения и биологического действия радиоактивных веществ в различных природных экосистемах суши, внутренних водоемов и морей, к созданию научных основ прогнозирования последствий радиоактивного загрязнения биосферы, экологического нормирования этих загрязнений в компонентах природной среды и ослабления их вредных воздействий. В подобного рода работах широко применялся системный ландшафтно-геохимический подход, основанный на идее взаимосвязи между живыми и косными компонентами природной среды, а также между отдельными биогеоценозами.

Идеологами проведения подобных работ являлись сотрудники Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, работавшие под руководством В.И. Баранова. При непосредственном участии Ф.И. Павлоцкой, Э.Б. Тюрюкановой, а также Р.М. Алексахина, М.А. Нарышкина, Ф.А. Тихомирова и других были получены первые сведения об уровнях загрязнения почвенно-растительного покрова в пределах границ бывшего Советского Союза (Тихомиров, 1972; Павлоцкая, 1974; Алексахин, Нарышкин, 1977). Были выявлены зоны рассеяния и вторичной аккумуляции радионуклидов в природной среде, оценено влияние локальных экологических условий на скорость миграции и поступление радионуклидов через пищевые цепочки в диету человека (Тюрюканова, 1974; Моисеев, Рамзаев, 1975; Куликов, Молчанова, 1975). В те годы были проведены многочисленные эксперименты по изучению сравнительной радиочувствительности десятков видов растений и животных, эти данные легли в основу первых прогнозов действия радиации на биоценозы (Преображенская, 1971; Криволуцкий, 1983).

Накопление радиоэкологической информации, свидетельствующей о специфических особенностях поведения радионуклидов в той или иной среде обитания живых организмов, обусловило процесс дифференциации радиоэкологии и формирования в ней целого ряда самостоятельных научных направлений: сельскохозяйственной, лесной, морской, континентальной.

Задачей сельскохозяйственной радиоэкологии на современном этапе является изучение закономерностей миграции радионуклидов, появление которых связано с деятельностью предприятий ядерного топливного цикла, в агропромышленной сфере и разработка комплекса агротехнических, агрохимических, зоотехнических мероприятий, целью которых является получение сельскохозяйственной продукции с минимальным содержанием радионуклидов. Центром сосредоточения этого направления работ в нашей стране является Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиоэкологии, возглавляемый академиком ВАСХНИЛ Р.М. Алексахиним. Наиболее важные результаты работ ученых, работающих в области сельскохозяйственной радиоэкологии, обобщены в многочисленных статьях, обзорах, фундаментальных монографиях ("Радиоэкология орошаемого земледелия", 1985; "Сельскохозяйственная радиоэкология", 1991).

Основное содержание лесной радиоэкологии составляет выявление специфики лесных экосистем. Разные типы леса обладают большой задерживающей способностью по отношению к радионуклидам и медленным самоочищением от них наземной фитомассы. Это замедляет процессы круговорота химических элементов и создает условия для хронического облучения растений и животных, обитающих в лесах. Результаты таких исследований дают ценный материал для построения пространственно-временных моделей перераспределения радионуклидов в пределах лесного биоценоза, которые в свою очередь необходимы для разработки научно обоснованных рекомендаций по ведению лесного хозяйства на территориях с повышенным содержанием радионуклидов (Тихомиров, 1972; Алексахин, Нарышкин, 1977; Юшков, 1987; "Действие ионизирующей радиации...", 1988; "Радиационное воздействие...", 1990; "Влияние...", 1996).

Главная задача морской радиоэкологии – исследование динамических состояний морских сообществ в связи с радиоактивной нагрузкой, обусловленной глобальными выпадениями, сбросами радиоактивных отходов, загрязненным речным стоком и оценка экологических механизмов их самоочищения от поллютантов (Поликарпов, 1964; Поликарпов, Егоров, 1986; Матишов и др., 1994).

Основываясь на фундаменте, заложенном Н.В. Тимофеевым-Ресовским, и обширном экспе-

риментальном материале, была сформулирована концепция континентальной радиоэкологии как радиоэкологии наземных экосистем и внутренних водоемов (Куликов, Молчанова, 1975; Алексахин, 1982; Куликов, Чеботина, 1988; Чеботина и др., 1992). Главные задачи этого направления исследований сводятся к всестороннему изучению процессов миграции радионуклидов в косных и живых компонентах наземных и пресноводных биогеоценозов и оценке действия радиации с учетом всех типов внутривидовой изменчивости организмов, а также модифицирующего влияния биогенных и абтиогенных факторов среды обитания ("Радиочувствительность...", 1989; Позолотина, 1996).

Опыт и методология работ, накопленные радиоэкологами, представляющими различные направления, были реализованы в комплексных многолетних фундаментальных исследованиях в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа. Обстановка в этом районе осложнилась в 1967 г. за счет ветрового переноса радионуклидов с береговой зоны оз. Карачай, которое служило естественным хранилищем радиоактивных отходов ПО "МАЯК". Территория Восточно-Уральского заповедника фактически стала полигоном для эксперимента в природе, аналогов которому не было нигде в мире. В работах на Опытной станции принимали активное участие учреждения АН СССР: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Зоологический институт, Ботанический институт им. В.Л. Комарова, Лаборатория лесоведения, Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова, Институт общей генетики. Кроме того, следует отметить работы учреждений ВАСХНИЛ, Главного управления гидрометслужбы и Московского госуниверситета им. М.В. Ломоносова.

В ходе проведенных работ был получен первый опыт крупномасштабного картирования загрязненных территорий (В.Л. Андроников), дополненного геоботаническими исследованиями (Е.Г. Смирнов), изучено распределение радионуклидов в почвах, в зависимости от комплекса условий в природных биогеоценозах (Б.С. Пристер, Н.П. Архипов, А.В. Егоров). Были созданы новые методы количественного определения разных радионуклидов, в частности изотопов плутония (М.Н. Федорова), методы экологической дозиметрии, а также принципы учета радиационных биологических эффектов для многих видов растений и животных (Г.Н. Романов, Ф.А. Тихомиров). Была показана роль животных и растений в миграции радионуклидов в природных экосистемах, описаны первичные изменения в популяциях разных видов растений и животных от действия радиации, а также вторичные эффекты, связанные с нарушением биогеоценологических связей (В.Е. Соколов, Е.А. Федоров, Ф.А. Тихомиров, А.И. Ильенко,

Д.А. Кривоуцкий, А.Д. Покаржевский, Д.А. Спирин и др.). Дана оценка восстановительного потенциала популяций и экосистем, проведен анализ отдаленных последствий радиоактивного загрязнения (В.А. Шевченко, Ф.А. Тихомиров и другие). Результаты этих работ частично были представлены в статьях без указания условий загрязнения местности, а наиболее полно – в коллективных монографиях (“Действие ионизирующей радиации на биогеоценоз”, 1988; “Экологические последствия...”, 1993).

Деятельность химкомбината “МАЯК” в первые годы его существования, помимо Кыштымской аварии, создала критическую радиационную ситуацию на р. Течи, в которую в течение ряда лет сбрасывали радиоактивные отходы без очистки и нормирования. В результате вода, донные отложения, биота, пойменные ландшафты р. Течи оказались загрязнены долгоживущими радионуклидами. Радиологические исследования этой речной экосистемы начались в полном объеме 40 лет спустя после загрязнения ее радиоактивными отходами. Полученные данные свидетельствуют о том, что современные уровни радиоактивного загрязнения р. Течи и прилегающих пойменных ландшафтов по-прежнему очень высоки. Сделанные расчеты показывают, что большая часть сброшенных радионуклидов находится в каскаде водохранилищ в верховье р. Течи, около 15% содержится в реке и пойменных почвах. Более 1 ПБк радиоактивных материалов сформировали радиоактивный след в Обь-Иртышской речной системе и мигрировали в Северные моря (Трапезников и др., 1993).

Авария на Чернобыльской АЭС по своим масштабам превзошла все известные ядерные инциденты и обусловила характерный пик уровня радиоактивности повсеместно на суше и на море, в наземных и морских организмах. Академии наук было поручено разработать программу и приступить к детальному исследованию влияния последствий аварии на животный и растительный мир, водную и воздушную среду для выработки текущих и прогнозных рекомендаций по обеспечению нормальной жизнедеятельности районов, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Практически все подразделения АН СССР участвовали в этой программе. Первыми развернули работы сотрудники Института биологии Коми НЦ УрО АН СССР, в 1987 г. начала исследования Комплексная радиологическая экспедиция АН СССР под руководством В.Е. Соколова. Опыт специалистов-радиологов, накопленный в работах на территории ВУРСа и в других радиоактивно загрязненных зонах, был востребован в этой ситуации в полной мере.

Специфика радиологической обстановки в зоне аварии была обусловлена сложным радио-

нуклидным составом, физико-химическими свойствами радиоактивных выпадений, разнообразием природных и метеорологических условий (“Информация...”, 1986). Радиологические исследования показали, что прямое лучевое воздействие привело к летальному исходу у наиболее радиочувствительных видов растений, беспозвоночных и позвоночных животных в ближней зоне аварии. На остальной территории не было установлено прямых признаков радиационного поражения биологических объектов, однако во всем многообразии проявились косвенные эффекты. Со всей остротой встала проблема изучения в широком масштабе действия на живые организмы так называемых малых доз радиации.

Исследования закономерностей перераспределения радионуклидов в экосистемах позволили установить влияние физико-химических свойств элементов на их миграционную способность и доступность, а также оценить соотношение вкладов аэриального, корневого и флорального путей поступления поллютантов в растения. Итоги 10-летней работы освещены в сотнях научных статей, серии монографий (“Радиационное воздействие...”, 1990; “Радиологические последствия...”, 1991; Козубов, Таскаев, 1994; Маслова и др., 1994; “Воздействие радиоактивного...”, в 2-х томах, 1996; “Влияние...”, 1996). Глобальный характер Чернобыльской аварии обусловил беспрецедентную открытость радиологических исследований, доступность полученных результатов, в том числе “секретных” ранее данных о предшествующих авариях, а также масштабность международного научного сотрудничества (UNSCEAR, 1988; “Comparative assessment...”, 1991). Кооперация специалистов из разных стран обогатила методологию радиологических исследований, внесла вклад в фундаментальную радиологическую науку, позволила выйти на новый уровень оценки проблем радиационного воздействия на окружающую среду.

Опасность радиационного фактора, отмеченная еще на ранних этапах становления радиологической науки, с течением времени не только не уменьшилась, но постоянно возрастает, поскольку развитие ядерных технологий порождает огромное количество делящихся материалов, и при этом сохраняется риск ядерных инцидентов. В этой связи в контексте законов общей экологии, помимо традиционных задач радиационной биогеоценологии, особую актуальность приобретают проблемы радиационной безопасности, экологического нормирования и прогнозирования отдаленных последствий действия малых доз радиации на биоту.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Алексахин Р.М.* Радиоактивное загрязнение почвы и растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 132 с.

- Алексахин Р.М.* Ядерная энергия и биосфера. М.: Энергоиздат, 1982. 215 с.
- Алексахин Р.М., Нарышкин М.А.* Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1977. 124 с.
- Вернадский В.И.* Биосфера. Л.: Науч. хим.-техн. изд-во, 1926. 146 с.
- Вернадский В.И.* О концентрации радия живыми организмами // Докл. АН СССР. 1929. № 2. С. 33–34.
- Влияние ионизирующего излучения на сосновые леса в ближней зоне Чернобыльской АЭС / Ю.Д. Абатуров, А.В. Абатуров, А.В. Быков и др. М.: Наука, 1996. 240 с.
- Воздействие радиоактивного загрязнения на наземные экосистемы в зоне аварии на Чернобыльской АЭС (1986–1996 гг.). В 2-х т. Сыктывкар, 1996. Т. 1. 204 с.; Т. 2. 114 с.
- Гулякин И.В., Юдинцева Е.В.* Радиоактивные продукты деления в почве и растениях. М.: Госатомиздат, 1962. 276 с.
- Действие ионизирующей радиации на биогеоценоз / Под ред. М.С. Гилярова и Р.М. Алексахина. М.: Наука, 1988. 240 с.
- Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствия, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия. 1986. Т. 61. Вып. 5. С. 301–320.
- Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территории продуктами деления урана / Под ред. А.И. Бурназяна. М.: Энергоатомиздат, 1990. 145 с.
- Козубов Г.М., Таскаев А.И.* Радиобиологические и радиэкологические исследования древесных растений. СПб.: Наука, 1994. 256 с.
- Криволицкий Д.А.* Радиэкология сообществ наземных животных. М.: Энергоатомиздат, 1983. 87 с.
- Куликов Н.В.* Действие осколков урана на биомассу и структуру экспериментального фитоценоза // Бот. журн. 1957. Т. 42. № 3. С. 252–292.
- Куликов Н.В., Молчанова И.В.* Континентальная радиэкология. М.: Наука, 1975. 184 с.
- Куликов Н.В., Чеботина М.Я.* Радиэкология пресноводных экосистем. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 129 с.
- Маслова К.И., Материй Л.Д., Ермакова О.В., Таскаев А.И.* Атлас патоморфологических изменений у полевков-экономок из очагов локального радиоактивного загрязнения. СПб.: Наука, 1994. 192 с.
- Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Шипа Е., Риссанен К.* Радионуклиды в экосистеме региона Баренцева и Карского морей. Апатиты: Изд. Кольского НЦ, 1994. 238 с.
- Моисеев А.А., Рамзаев П.В.* Цезий-137 в биосфере. М.: Атомиздат, 1975. 182 с.
- О поведении радиоактивных продуктов деления в почвах, их поступлении в растения и накоплении в урожае / Под ред. В.М. Клечковского. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 177 с.
- Павлоцкая Ф.И.* Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. М.: Атомиздат, 1974. 215 с.
- Передельский А.А.* Основания и задачи радиэкологии // Журн. общ. биол. 1957. Т. 18. № 1. С. 17–30.
- Позолотина В.Н.* Адаптационные процессы у растений в условиях радиационного воздействия // Экология. 1996. № 2. С. 111–116.
- Поликарпов Г.Г.* Радиэкология морских организмов. М.: Атомиздат, 1964. 295 с.
- Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н.* Морская динамическая радиохомеоэкология. М.: Энергоатомиздат, 1986. 176 с.
- Преображенская Е.И.* Радиоустойчивость семян растений. М.: Атомиздат, 1971. 231 с.
- Прохоров В.М.* Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико-химические механизмы и моделирование. М.: Энергоиздат, 1981. 98 с.
- Радиационное воздействие на хвойные леса в районе аварии на Чернобыльской АЭС / Под ред. Г.М. Козубова и А.И. Таскаева. Сыктывкар: Коми НЦ УрО АН СССР, 1990. 136 с.
- Радиоактивность почв и методы ее определения / Под ред. Н.В. Тимофеева-Ресовского. М.: Наука, 1966. 258 с.
- Радиочувствительность и постлучевое восстановление растений / Под ред. Н.В. Куликова. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. 80 с.
- Радиэкология орошаемого земледелия / Под ред. Р.М. Алексахина. М.: Энергоатомиздат, 1985. 224 с.
- Радиэкологические исследования в природных биогеоценозах / Под ред. И.Н. Верховской. М.: Наука, 1972. 266 с.
- Радиэкологические исследования почв, растений и животных в биогеоценозах Севера. Сыктывкар, 1983. 105 с.
- Радиэкологические последствия чернобыльской аварии / Под ред. И.И. Крышева. М.: ИАЭ, 1991. 199 с.
- Сельскохозяйственная радиэкология / Под ред. Р.М. Алексахина и Н.А. Корнеева. М.: Экология, 1992. 400 с.
- Сукачев В.Н.* Основные теории биогеоценологии // Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой Октябрьской революции. Ч. 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. С. 283–304.
- Тимофеев-Ресовский Н.В.* Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии // Бот. журн. 1957. Т. 42. № 2. С. 161–194.
- Тимофеев-Ресовский Н.В.* Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии. Докл. ... докт. биол. наук. Свердловск, 1962. 53 с.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Порядкова Н.А., Сокурова Е.Н., Тимофеева-Ресовская Е.А.* Работы по экспериментальной биогеоценологии. Влияние излучателей на массу и структуру наземных, почвенных и пресноводных биоценозов // Тр. Института биологии УФААН СССР. 1957. Вып. 9. С. 202–252.
- Тимофеева-Ресовская Е.А.* Распределение радиоизотопов по основным компонентам пресноводных водоемов. Свердловск, 1963. 78 с.
- Тихомиров Ф.А.* Действие ионизирующих излучений на экологические системы. М.: Атомиздат, 1972. 174 с.
- Трапезников А.В., Позолотина В.Н., Чеботина М.Я., Чуканов В.Н., Трапезникова В.Н., Куликов Н.В., Нильсен С.П., Ааркром А.* Радиоактивное загрязнение р. Течи на Урале // Экология. 1993. № 5. С. 72–77.

*Тюрюканова Э.Б.* Радиогеохимия почв полесий Русской равнины (на примере Мещерской низменности). М.: Наука, 1974. 156 с.

Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы / Р.М. Алексахин, Архипов Н.П., Бархударов Р.М. и др. М.: Наука, 1990. 368 с.

*Чеботина М.Я., Трапезников А.В., Трапезникова В.Н., Куликов Н.В.* Радиоэкологические исследования Белоярского водохранилища. Свердловск: УрО АН СССР, 1992. 80 с.

Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале / Под ред. В.Е. Соколова и Д.А. Кривоуццкого. М.: Наука, 1993. 336 с.

*Юшков П.П.* Некоторые вопросы лесной радиозологии // Радиационный мутагенез и его роль в эволюции и селекции. М.: Наука, 1987. С. 142–151.

Comparative assessment of the environmental impact of radionuclides released during three major nuclear accidents: Kyshtym, Windscale, Chernobyl // Proc. of Seminar. Luxembourg. 1991. V. 1. 420 p.; V. 2. 396 p.

*Odum E.P.* Radiation ecology // Fundamentals of Ecology. Philadelphia, Penna, W.B. Saunders Co, 1957. P. 452.

*Platt P.B.* Long-range effects of radiation on natural plant populations of the granite outcrops in the Southeastern U.S. AEC progress report. 1957.

UNSCEAR. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations. New York, 1988. 428 с.