

## Эколого-географические аспекты чернобыльской катастрофы (историко-научный обзор)

© 2008. М.С. Хвостова

Институт Истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН

Изложена история изучения радиоэкологических последствий чернобыльской катастрофы и роли географических факторов в её развитии. Отмечен вклад ряда институтов Академии наук, научных организаций и отдельных исследователей в процесс изучения миграции радионуклидов в биогеоценозах, радиационного воздействия на живые организмы, включая человека.

The history of research of Chernobyl catastrophe radiological consequences and of the role of geographical factors in its development is stated. The contribution of a number of institutes of Academy of Sciences and of separate researchers into investigation of radionuclides migration in biogeocenoses and radioactive influence on living organisms including man is noted.

Чернобыльскую аварию, произошедшую в ночь с 25 на 26 апреля 1986 г., по своим необратимым последствиям можно назвать самой крупной катастрофой современности, затронувшей судьбы миллионов людей, проживающих не только на территории России, Украины и Беларуси, но и всей Европы. Площадь с уровнем загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  свыше 1 Ки/кв. км заняла около 150 тыс. кв. км [1, 2]. Отрезок времени продолжительностью в два десятилетия, прошедший с момента катастрофы, даёт историкам науки возможность подвести некоторые итоги и выделить основные направления исследований чернобыльской катастрофы.

Многие научные организации начали радиологические исследования на загрязнённых территориях уже с мая 1986 г. Сотрудники Радиевого института им. В.Г. Хлопина под руководством Ю.В. Дубасова и Ю.Г. Петрова в мае 1986 г. производили отборы проб, а с осени 1986 г. вели систематические геохимические исследования ближней зоны и западного радиоактивного следа. Группа учёных из Института общей генетики АН СССР под руководством В.А. Шевченко, научные коллективы отдела радиэкологии (во главе с зав. отделом А.И. Таскаевым) и отдела лесобиологических проблем Севера (под руководством Г.М. Козубова) Института биологии Коми филиала АН СССР, сотрудники Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова АН СССР, группа исследователей из Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского АН СССР под руководством Л.М. Хитрова, сотрудники Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля АН СССР и другие учёные также приступили к исследованиям в 30-ки-

лометровой зоне вокруг аварийной ЧАЭС в короткие сроки после аварии и продолжили исследования в рамках Комплексной радиоэкологической экспедиции.

Решение о развёртывании широких радиоэкологических исследований в зоне ЧАЭС было принято 14 мая 1986 г. на заседании Оперативной группы Политбюро ЦК КПСС по вопросам, связанным с аварией на ЧАЭС: «Поручить Академии наук СССР 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» [3, с.153]. В мае 1987 г. по распоряжению Президиума АН СССР была создана Комплексная радиоэкологическая экспедиция АН СССР. В её составе в разное время работали коллективы учёных из 28 институтов. Исследования проводились по следующим направлениям:

- 1) радиоэкологический мониторинг на загрязнённых территориях;
- 2) радиоэкологические исследования растительности и животного мира;
- 3) оценка здоровья населения, в т. ч. генетические исследования.

Работы по радиационному мониторингу были развёрнуты с первых дней после аварии. В ходе исследований был выявлен неравномерный характер выбросов радионуклидов из разрушенного реактора, сложная траектория движения воздушных масс, различия в выпадении атмосферных осадков, ландшафтных и микроклиматических условиях. Всё это при-

вело к формированию пятнистого загрязнения территорий. Наиболее загрязненными, как по масштабу, так и по уровням радиоактивности, оказались ближайшие к ЧАЭС регионы Украины, Белоруссии и России.

По исследованиям [4], после аварии на ЧАЭС на Европейской части территории России плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  в среднем удвоилась (за пределами загрязненной зоны отселения), а на Азиатской части это дополнительное загрязнение не было столь значительным, и в разных регионах находилось в пределах 2-10% от существовавшего до этого глобального уровня.

В дальнейшем результаты аэрогамма-съемок, замеров и анализов проб показали, что существует 3 масштаба воздействия на экосистемы: локальный, региональный и глобальный. Локальное загрязнение территории связано непосредственно с самим аварийным реактором и обусловлено выпадением радионуклидов на местность из истекающей струи. Это так называемый «ближний след». Уровни загрязнения здесь были самыми высокими [5]. Первая полная карта-схема ближнего следа (до 100 км от места аварии) была построена 29 апреля и представлена Правительственной комиссии 2 мая 1986 г. На схеме выделяются два следа – западный-юго-западный и северо-восточный [5]. Следы имеют примерно одинаковую протяженность (25-28 км) и похожую конфигурацию по изодозе 20 мР/ч. Карта, отражающая обстановку на 10 мая 1986 г., имеет некоторые отличия от карты 29 апреля – появилось совсем новое образование – южный след. На предыдущей схеме его нет, хотя обследования в этом направлении в то время уже проводились.

Появление новых полей загрязнения, почасовая и суточная динамика выбросов говорят о том, что формирование ближней зоны выпадений продолжалось как минимум до 5 мая. Существует также мнение, что формирование зон радиоактивного загрязнения вследствие продолжающегося истечения радиоактивных веществ из зоны разрушенного реактора (но в меньших количествах) происходило практически в течение всего мая. В некоторых местах это могло привести к заметным выпадениям радионуклидов, но не сравнимым по своему общему количеству с выпадениями в конце апреля – первой декаде мая [5].

Что касается регионального загрязнения территории страны радионуклидами, то изначально считалось, что уровни загрязнения монотонно убывают с увеличением расстояния от

аварийного реактора. Однако впоследствии [3, с. 39] было отмечено, что радиоактивное загрязнение на отдаленных от ЧАЭС территориях также носит пятнистый характер и имеет высокие уровни, что связано с выпадением осадков в этих регионах, находящихся на пути перемещения радиоактивного облака.

В 1997 г. завершился проект Европейского сообщества по созданию атласа загрязнения Европы  $^{137}\text{Cs}$  после аварии на ЧАЭС. По оценкам, выполненным в рамках этого проекта, территории 17 стран Европы общей площадью 207,5 тыс. кв. км оказались загрязненными  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью загрязнения свыше 1 Ки/кв. км. По данным Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ), радиоактивные воздушные массы, пройдя через территорию СССР 27-28 апреля 1986 г., достигли территории Польши, ГДР, Скандинавии, затем были отмечены во Франции, ФРГ, Австрии, Италии и других странах Центральной и Западной Европы, а позднее в некоторых странах Азии и Северной Америки [6]. Данные по выпадению осадков в этих странах коррелируют с формированием радиоактивных выпадений.

На территории России наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись природные ландшафты и агроландшафты лесной, лесостепной и степной географических зон, а также водные экосистемы.

В зоне сильного радиационного поражения сосны произошла гибель лесов на площади 50 га по западному и около 1000 га (в основном молодняков) по северо-западным следам. Облучение сосновых лесов в этой зоне привело к образованию к середине мая 1986 г. так называемого «рыжего леса», который впоследствии был вырублен и захоронен, оставлено лишь несколько участков, используемых в качестве опытных площадок. Необходимость выделения стационарного радиоэкологического участка в лесу, пострадавшем от радиации, диктовалась уникальностью такого объекта: подобного рода «экспериментов» не было и, будем надеяться, не будет. Но нужно быть готовыми к экстремальным ситуациям, и поэтому крайне важно было получить максимум информации о воздействии радиоактивных веществ на компоненты биосферы и их дальнейшую судьбу в ней.

Лиственные леса оказались более устойчивыми к радиационному воздействию. Радиационные повреждения лиственных пород деревьев проявились лишь в непосредственной близости от реактора и при дозах на порядок выше доз, поражающих хвойные деревья.

Сейчас, по оценкам специалистов, загрязнение остального леса, подвергшегося радиоактивному загрязнению, продолжает нарастать за счёт корневого поступления [7].

Кроме подтверждённого факта высокой радиочувствительности хвойных лесов, было выявлено, что они, так же как и лиственные, являются фильтром и одновременно накопителем радионуклидов, новым источником гамма-излучения. Продолжая исследования Р.М. Алексахина, М.И. Нарышкина, Б.С. Пристер и Н.В. Ткаченко в течение двух послеаварийных лет обследовали поведение гамма-излучающих нуклидов в хвойных лесах пригородной зоны г. Киева [8]. Ими подтверждена высокая фильтрующая, барьерная роль фитокомпонента, которая обрачивается для ценоза образованием нового объёмного источника гамма-излучения.

Большая работа была проделана по изучению миграции радионуклидов в ландшафтно-зональной направленности. В ряде работ В.А. Ветрова и др. (1989), В.А. Кузнецова, В.А. Генераловой (1989), Г.И. Борисова и др. (1990), А.Н. Силантьева и др. (1989), С.В. Овсянниковой и др. (1989), Г.А. Абралавы (2001) показано, что масштабы чернобыльской катастрофы определяют контрастность экологической и биогеохимической обстановки на поражённых территориях [9-14].

Е.И. Преображенская отмечает, что грибы, как биоиндикаторы радиоактивного загрязнения, довольно широко стали использоваться в радиоэкологических исследованиях после аварии на ЧАЭС [15]. Так, показана высокая степень концентрирования  $^{137}\text{Cs}$  свиной и лесным шампиньоном; различия в накоплении  $^{137}\text{Cs}$  разными видами грибов составляют 2 порядка, относительно низкие концентрации радионуклидов характерны для губчатых грибов, опят, груздей, лисичек.

Распределение радионуклидов тесно и напрямую связано с природно-климатическими условиями, в которых произошла авария. Если направление радиоактивного облака связано с направлением ветра, то распределение на земной поверхности – с характером подстилающей поверхности (травяной покров, лес, водоёмы, речки, городская территория и т. д.). В физико-географическом отношении 30-километровая зона ЧАЭС расположена в Припятском полесье на задровой низменной равнине. В почвенном покрове этой зоны преобладают дерново-слабо- и среднеподзолистые почвы [16]. В зоне аварии распространены торфяные, песчаные и супесча-

ные дерново-подзолистые почвы, для которых характерен интенсивный переход  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения (в 3-5 раз более высокий, чем для плодородных почв) [17].

Выпадения радионуклидов охватили не только контрастные природные территории, но и промышленные и сельскохозяйственные районы, где миграция радионуклидов отличается от миграции в природных биогеоценозах. Изучением распределения радионуклидов на городских территориях занимался Институт ядерных исследований АН УССР [18, 19]. Сотрудниками института была проведена работа по изучению распределения плотности выпадений гамма-излучающих нуклидов по высоте в районах многоэтажных застроек (исследовалась земля из цветочных ящиков открытых балконов по одной вертикали). Наблюдался рост загрязнения поверхности с высотой. Наибольший смыв с крыш домов отмечен у изотопов цезия, наименьший – у циркония и ниобия.

Особо важное значение приобрело изучение миграции радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и агроценозах. Время катастрофы (конец весны) явилось критическим с точки зрения загрязнения агропродукции (завершение сева, перевод скота со стойлового на пастбищное содержание). Большое внимание, по мнению Б.С. Пристера, следует уделить оценке биологического действия низких доз облучения на организм сельскохозяйственных животных, их иммунную и гормональную системы [20]. А.Н. Сироткин, Н.А. Корнеев показали высокую значимость физико-химических свойств почв, видовых особенностей растений, технологий возделывания сельскохозяйственных культур в миграции радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  в звеньях донор – акцептор [21]. В Ровенской и Черниговской областях обследована луговая растительность на дерново-подзолистых и торфяных почвах с позиции оценки миграционной подвижности  $^{137}\text{Cs}$ . Выяснено, что именно широкая распространённость торфяных почв на территориях исследованных областей способствует высокой подвижности  $^{137}\text{Cs}$  в системе: торфяно-болотная почва – луговая растительность – молоко.

Во время исследований радиоактивного загрязнения территорий повышенного внимания заслуживали территории, подвергшиеся радиоактивному загрязнению и обладающие спецификой ландшафта, такие как Грузия. Исследования, проведённые в наиболее загрязнённых районах западной Грузии, выяви-

ли как общие тенденции развития радиоэкологических процессов, так и ряд особенностей, по сравнению с зонами, непосредственно прилегающими к району катастрофы [14, 22]. Установлено, что изотопный состав радиоактивных выпадений в целом был аналогичен, а особенности распределения радионуклидов в горных районах связаны со спецификой ландшафта, характерным растительным покровом, приводящим к повышенной аккумуляции радионуклидов на шлейфах склонов и в бессточных равнинах. Выяснилось, что аномальное накопление радиостронция в исследуемом регионе связано с дефицитом кальция в этой местности. Также следует отметить различие в характере и формах поступления радионуклидов. В частности, если прилегающие к ЧАЭС территории были загрязнены «сухими» выпадениями, то территория Грузии была заражена в результате интенсивных атмосферных осадков, содержащих радиоактивные элементы в более растворимой форме. Различные скорости миграции и степень усвояемости растениями привели к тому, что на соседних геохимических ландшафтах численные характеристики процесса миграции радионуклида отличались на целый порядок.

Роль животных в переносе радиоактивных веществ и их реакция на радиоактивное загрязнение довольно полно освещены в двух крупных обобщающих монографиях: А.И. Ильенко, Т.П. Крапивко «Экология животных в радиационном биогеоценозе» и В.Е. Соколова, Д.А. Кривоуцко, В.Л. Усачёва «Дикие животные в радиоэкологическом мониторинге» [23, 24]. В зоне радиоактивных осадков обследованы популяции волка, лисицы, хорька лесного и мышевидных грызунов, показано, что: 1) накопление радионуклидов зверьками в поражённой местности на 2-3 порядка выше, чем в благополучных районах; 2) резкое пятикратное колебание в концентрации радионуклидов обусловлено эколого-географическими особенностями; 3) резко снизилась численность животных в поражённых западных областях по сравнению с благополучными восточными (волка и лесного хорька в 5 раз, лисицы и мышевидных грызунов осенних популяций в 2 раза). Отмечена неоднозначная во времени реакция разных групп животных на радиоактивное загрязнение. Выделены три тенденции, объединяющие различные категории животных: 1) тенденция к снижению концентрации радионуклидов в 1987, 1988 гг. – зоопланктон, мыши, некоторые виды дичи, 2) тенденция стабилизации радио-

активности на уровне 1987 г. – наземные насекомые, рыбы, водно-болотные птицы; 3) тенденция к увеличению содержания радиоактивности – бентосные беспозвоночные, почвенная мезофауна. Всеядные животные с широким спектром питания и животные – обитатели агроценозов содержат радионуклидов больше, чем их аналоги в естественных экосистемах.

Как показали исследования Д.А. Кривоуцко и Ф.А. Тихомирова, на участках, загрязнённых  $^{90}\text{Sr}$  в количестве 2-3 мкКи/кв. м, численность почвенной мезофауны сокращается в 2 раза, особенно остро реагируют на загрязнение потребители мёртвого растительного опада – дождевые черви и двупарноногие многоножки, численность которых может сократиться в 10-100 раз [25].

В 1989 г. под давлением общественных организаций («Союз-Чернобыль», «Дети Чернобыля», «Чернобыль-помощь» и др.) и по инициативе народных депутатов при Президиуме Верховного Совета была создана Комиссия по рассмотрению причин аварии на Чернобыльской АЭС и оценке действия должностных лиц в послеаварийный период (чернобыльская комиссия) [26]. Сопредседателями чернобыльской комиссии были Э.П. Тихоненков (Украина), Ю.А. Воронезцев (Белоруссия), А.Г. Назаров (Россия). Истоки этой Комиссии взяли своё начало в Государственной экспертной комиссии Госплана СССР по оценке правительственных программ ликвидации последствий чернобыльской аварии в России, Украине и Белоруссии, начавшей свою работу в начале 1989 г.

Чернобыльская комиссия состояла из разных тематических экспертных групп – экологической, социально-экономической, медико-биологической и др. Эти группы возглавляли эксперты-координаторы – известные учёные, такие как В.А. Шевченко, Е.Б. Бурлакова, А.Г. Назаров, Д.П. Осанов, О.С. Пчелинцев и др. Основными задачами Комиссии были: изучение медико-биологических, генетических, комплексных последствий катастрофы, эффективности дезактивации территорий и др. За время работы Комиссии были изучены документы оперативной группы Политбюро ЦК КПСС по вопросам чернобыльской катастрофы, Протоколы заседаний и решения Правительственной комиссии, получены и изучены материалы различных министерств и ведомств, совершены экспедиции на территории, подвергшиеся радиоактивному загрязнению,

организованы исследования по воздействию радиации на организм человека и на экосистемы. Научные принципы экспертной оценки последствий чернобыльской катастрофы позволили подготовить объективное и научно обоснованное экспертное заключение, в котором отражены основные результаты двухлетней работы Комиссии. 25 апреля 1990 г. вышло постановление Верховного Совета СССР об оценке ядерной аварии на ЧАЭС как глобальной чернобыльской катастрофы и необходимости подготовки Закона о социальной защите ликвидаторов аварии и населения, проживающего на радиационно пораженных территориях.

В период с 1992-го по 1994 г. экспертное заключение было опубликовано в 4-х томах, получивших общее название «Чернобыльская катастрофа: причины и последствия» [1]. Основными выводами заключения явились:

1. Вследствие комплекса физико-химических и метеорологических процессов, определявших особенности выпадения радиоактивных веществ, картина загрязнения окружающей среды имела сложный, пятнистый характер.

2. Радиационная обстановка в ранний период определялась короткоживущими продуктами деления и нейтронной активации, в том числе  $^{131}\text{I}$ , а в более поздние сроки определяющими радионуклидами явились  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , а в некоторых локальных районах также и  $^{90}\text{Sr}$ .

3. Радиоэкологические последствия Чернобыльской катастрофы связаны с большим природным разнообразием пораженных территорий и высокой контрастностью геохимических условий.

4. Одним из наиболее тяжёлых экологических последствий аварии на ЧАЭС явилось широкомасштабное радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий, а также природных экосистем (лугов, пастбищ, лесов, рек, водоёмов и др.). Степень лучевого повреждения на биогеоценоценотическом уровне варьировала от полной деструкции наиболее радиочувствительных экосистем до изменений радиационной природы на цитогенетическом и молекулярном уровнях.

5. В промышленных районах, где наблюдается высокий уровень химического загрязнения, возможен эффект синергизма (совместного действия) промышленных выбросов и сбросов и радионуклидов чернобыльского происхождения.

6. Существенное снижение мощности дозы на второй и последующие годы после

аварии привело к доминированию репаративных процессов и восстановлению повреждённых облучением ценозов.

7. Основная экологическая опасность радиоактивного загрязнения была обусловлена миграцией радионуклидов из окружающей среды (в первую очередь, агросферы) в организм человека.

Необходимо отметить, что в октябре 1989 г. Правительство СССР официально обратилось в МАГАТЭ с просьбой провести международную экспертизу разработанной в СССР концепции безопасного проживания на территориях, подверженных радиоактивному загрязнению [27]. Был создан Международный консультативный комитет, который резюмировал, что сообщения о вредных для здоровья последствиях, связанных с воздействием радиации, не подтвердились. Однако многолетние исследования российских учёных, таких как Е.Б. Бурлакова, В.А. Шевченко, В.К. Иванов, А.Е. Саенко, А.Ф. Цыб, И.В. Орадовская, И.И. Пелевина, Л.С. Балева и др., показали, что чернобыльская катастрофа привела к неблагоприятной тенденции в динамике отдельных классов общесоматических и онкологических заболеваний у ликвидаторов аварии, детского и взрослого населения, проживающего на загрязнённых территориях. Комплексные медико-биологические, биофизические, биохимические и цитогенетические исследования, проведённые Институтом биохимической физики, Институтом общей генетики, Институтом иммунологии и других научных учреждений системы РАН в постчернобыльский период, выявили две фундаментальные общебиологические закономерности: 1) установлена роль и действие малых доз радиационного облучения низкой интенсивности на человека и объекты живой природы; 2) выявлено увеличение чувствительности объектов, подвергшихся низкоинтенсивному облучению, к другим видам повреждающих организм воздействий, включая и более высокие дозы радиации [26].

Постчернобыльский период изучения миграции радионуклидов отличается комплексностью исследований, выработкой новых стратегий и подходов, разработкой и развитием новых научных направлений. Опыт, накопленный в ходе исследований поведения радионуклидов чернобыльского выброса в окружающей среде, позволяет специалистам утверждать, что результаты геохимических исследований являются ос-

новополагающими при решении любых технических, агропромышленных, экологических и медико-биологических проблем. Каждый из элементов ландшафтно-геохимической системы (почвы, грунты, поверхностные и подземные воды, илы, взвеси, аэрозоли, биота) должен быть квалифицирован с точки зрения потенциального носителя радионуклидов. Это позволяет строить радиоэкологические карты, прогнозировать изменение радиационной обстановки во времени, давать рекомендации по жизнедеятельности населения на загрязнённых территориях. Такая концепция легла в основу разработанного в ГЕОХИ АН СССР научно-технического проекта «РАД-ЛАН», по которому работы начаты во второй половине 1991 г. в Украине, Белоруссии, России [28].

В последние годы активно развивается новое научное направление радиогеоэкология. Объектом исследований здесь является радионуклидное загрязнение различных составляющих литосферы и земной поверхности. Осуществляется разработка нового типа геохимических карт, характеризующих особенности распространения радиоактивного загрязнения ландшафтов. На таких картах показаны не природные геохимические ландшафты, а современные, реальные ландшафты, изменённые хозяйственной деятельностью [29].

На одной из сессий 10-й ежегодной встречи Общества анализа риска Европы в Стокгольме 18 июня 1997 г. А.И. Глущенко и И.И. Сусковым сделан доклад, в котором обосновывается концепция комплексного мониторинга медико-генетических и радиационно-экологических параметров риска на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению не только от чернобыльской катастрофы, но и других источников [30].

Российские ученые, понимая, что чернобыльская катастрофа явилась несомненным злом и несчастьем, тем не менее в очень сложных условиях самоотверженно осуществляли свои научные изыскания во благо пострадавших людей. Многолетние систематические исследования наших учёных внесли огромный вклад в мировую науку, обогатив такие её дисциплины, как радиоэкология, радиобиология, радиационная генетика, радиационная гигиена и др., новыми фактами, данными и обобщениями. Территории, подвергшиеся загрязнению в результате чернобыльской катастрофы, стали своеобразной

опытной площадкой для изучения радиационных воздействий на экосистемы и здоровье человека. Сейчас, уже спустя 21 год после этого события, проведено много исследований, написаны крупные обобщающие монографии, накоплен большой опыт по радиационному воздействию на биосферу, который необходимо изучать и систематизировать.

### Литература

1. Бурлакова Е.Б., Назаров А.Г., Нестеренко Е.Б., Фирсова Д.С. и др. Чернобыльская катастрофа: причины и последствия. В 4-х книгах. Минск: Тест, 1992–1994. (1995 – отдельн. изд.). 875 с.
2. Почему чернобыльская катастрофа была катастрофой, а не аварией и почему она не была случайной // Глобальные проблемы безопасности современной энергетики. К 20-летию катастрофы на Чернобыльской АЭС: Матер. междунар. науч. конф. М.: Изд-во МНЭПУ, 2006. С. 196–210.
3. Архив науки и техники ИИЕТ РАН. Ф. 1. Оп. 2. Д.3. С. 1–250.
4. Махонько К.П., Работнова Ф.А., Волокитин А.А. Распределение цезия-137, образовавшегося при аварии на ЧАЭС, по территории СССР // Радиационные аспекты чернобыльской аварии. Т.1. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. С. 252–259.
5. Абатуров Ю.Д., Абатуров А.В., Быков А.В. и др. Влияние ионизирующего излучения на сосновые леса в ближней зоне Чернобыльской АЭС. М.: Наука, 1996. 240 с.
6. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. / Под ред. Ю.А.Израэля. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 296 с.
7. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. По материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. М.: Наука, 1999. 268 с.
8. Пристер Б.С., Ткаченко Н.В. Распределение гамма-излучающих радионуклидов по различным компонентам хвойного леса в течение двух лет после радиоактивного загрязнения // I Всесоюзн. радиобиол. съезд: Тез. докл. Т. 2. Пущино. 1989. С. 514–515.
9. Ветров В.А., Леина С.Е. и др. Радионуклидный состав и радиационные характеристики загрязнения природных экосистем на территории СССР // I Всесоюзный радиобиологический съезд: Тез. докл. Т. 2. Пущино, 1989. С. 420–421.
10. Кузнецов В.А., Генералова В.А. К ландшафтно-экологической характеристике миграции радионуклидов стронция и цезия в условиях Полесий // I Всесоюзный радиобиологический съезд: Тез. докл. Т. 2. Пущино. 1989. С. 465–466.
11. Борисов Г.И., Боровой А.А., Добрынин Ю.Л. и др. Исследование радиационной обстановки в Ли-

товской ССР методами полупроводниковой спектрометрии фотонного излучения // Атомная энергия. 1990. Т. 68. Вып. 1. С. 19-22.

12. Силантьев А.Н., Шкуратова И.Г., Бобовникова Ц.Н. Вертикальная миграция в почве радионуклидов, выпавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. 1989. Т. 6. Вып. 3. С. 194-197.

13. Овсянникова С.В., Петряев Е.П., Соколик Г.А. и др. Формы нахождения и вертикальная миграция радионуклидов чернобыльского выброса в почвах // I Всесоюзн. радиобиол. съезд: Тез. докл. Т. 2. Пушино. 1989. С. 489-490.

14. Абралава Г.А., Диасамидзе Р.И., Карчава Г.В. и др. Радиационная экология горных регионов: особенности миграции радионуклидов // IV съезд по радиац. исследованиям (радиобиология, радиэкология, радиац. безопасность): Тез. докл. Москва. 2001. Т. 2. С. 518.

15. Преображенская Е.И. Классификация грибов по радиоустойчивости с эволюционных позиций // I Всесоюзный радиобиологический съезд: Тез. докл. Т. 4. Пушино. 1989. С. 1007-1008.

16. Попов В.Е., Кутняков И.В., Вирченко Е.П. Ландшафтно-геохимические особенности миграции радионуклидов в 30-километровой зоне ЧАЭС // Радиационные аспекты чернобыльской аварии: Труды I Всесоюзной конференции. Обнинск. 1988. Т. 1. С. 173-179

17. Радиационные аварии: последствия и защитные меры. / Под ред. Л.А. Ильина, В.А. Губанова. М.: ИздАт, 2001. 752 с.

18. Гаврилюк В.И., Комаров В.И., Куклев В.Ф. и др. Особенности загрязнения городских территорий (на примере г. Припяти) // Радиационные аспекты Чернобыльской аварии: Труды I Всесоюзной конференции. Обнинск. 1988. Т. 1. С. 232- 236.

19. Лукашев В.К. и др. Особенности миграции радионуклидов в городской среде // Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере: Тез. докл. IV конференции научного совета при ГЕОХИ по программе «АЭС-ВО». Гомель. 1990. С. 25.

20. Пристер Б.С. Задачи сельскохозяйственной радиэкологии // I Всесоюзный радиобиологический съезд: Тез. докл. Пушино. 1989. Т. 2. С. 506-507.

21. Сироткин А.Н., Корнеев Н.А. Радиэкология сельскохозяйственных животных: итоги и задачи исследований // I Всесоюзный радиобиологический съезд: Тез. докл. Пушино. 1989. Т. 2. С. 532-533.

22. Абралава Г.А., Вепхвадзе Н.Р., Катамадзе Н.М. Дозовые нагрузки от чернобыльской катастрофы в Грузии // IV съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиэкология, радиационная безопасность): Тез. докл. Пушино. 1989. Т. 2. С. 624.

23. Ильенко А.И., Крапивко Т.П. Экология животных в радиационном биогеоценозе. М.: Наука, 1989. 223 с.

24. Соколов В.Е., Кривоуццкий Д.А., Усачев В.Л. Дикие животные в радиэкологическом мониторинге. М.: Наука, 1989. 150 с.

25. Кривоуццкий Д.А., Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующей радиации на биогеоценоз. М.: Наука, 1988. 240 с.

26. Бурлакова Е.Б., Кузнецов В.М., Назаров А.Г. и др. Неизвестный Чернобыль: история, события, факты, уроки. М., 2006. 381 с.

27. Глуценко А.И. О прошлом и будущем. К истории чернобыльской катастрофы. М.: Грааль, 1999. 212 с.

28. Линник В.Г., Хитров Л.М., Коробова Е.М. Принципы ландшафтно-геохимического картографирования территорий, загрязнённых радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС (проект «РАДЛАН»). М., 1991. 50 с.

29. Перельман А.И., Кравченко С.М., Борисенко Е.Н. и др. Геохимия ландшафтов России и геэкология // Современные изменения в литосфере под влиянием природных антропогенных факторов. М.: Недра, 1996. С. 194-215.

30. Glouchtchenko A.I., Suskov I.I. The Radiation-Ecological and Medical-Genetic Risk's Indexes after Chernobyl Disaster // The Proceedings of Society for Risk Analysis. Stockholm, Sweden. 1997.