

В. Д. Старков, В. И. Мигунов

РАДИАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Допущено Учебно-Методическим Объединением по классическому университетскому образованию Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экологическим и географическим специальностям

ФГУ ИПП «Тюмень»
2003

ББК 51.26
УДК 621.039:504

Старков В.Д., Мигунов В.И. Радиационная экология. Тюмень: ФГУ ИПП «Тюмень», 2003, 304 с., табл. 57, ил. 77, прил. 10.

Рецензенты:

Отделение континентальной радиоэкологии Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН (заведующий отделением доктор биологических наук, профессор **Трапезников Александр Викторович**);

Кафедра общей и клинической токсикологии Санкт-Петербургской медицинской академии последиplomного образования (заведующий кафедрой доктор медицинских наук, профессор **Шилов Виктор Васильевич**);

Кафедра природопользования Югорского государственного университета (заведующий кафедрой доктор географических наук, профессор **Булатов Валерий Иванович**);

Профессор кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ доктор биологических наук, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники **Голубева Елена Ильинична**.

В книге приведены общие сведения о радиоактивности, ионизирующем излучении, естественных и искусственных радиоактивных изотопах, кратко охарактеризованы пути использования ядерных материалов человеком и источники радиационного загрязнения биосферы. Большое внимание уделено биологическому действию ионизирующих излучений, радиоэкологии почв и растений, поведению радионуклидов в водоемах.

Книга содержит также описание радиометрической аппаратуры, принципы ее работы и знакомит читателя с основными методами радиометрических наблюдений. В специальных главах приведены сведения по радиоэкологической обстановке в различных регионах России, радиационно-гигиенической паспортизации организаций и территорий и радиоэкологическому мониторингу.

Учебное пособие рассчитано на студентов высших и средних специальных учебных заведений, обучающихся по направлениям: экология, охрана окружающей среды, география, биология. Оно может быть полезно учащимся старших классов при изучении физики, химии, биологии, географии, ОБЖ.

ISBN 5-87591-024-0

© В.Д.Старков,
В.И.Мигунов, 2003

Предисловие

24 Февраля 1896 года на заседании Французской Академии Наук профессор Анри Беккерель сообщил о великом открытии. Было обнаружено, что соединения урана испускают лучи, обладающие свойством ионизировать воздух. Впоследствии это явление получило название радиоактивности.

Открытием А.Беккереля заинтересовались крупнейшие ученые того времени, среди которых в первую очередь необходимо назвать Марию и Пьера Кюри, Э.Резерфорда и Ф.Содди. Впоследствии было открыто много других радиоактивных элементов, но внимание исследователей сосредоточилось вокруг трех из них – урана, тория и радия. Все это привело к зарождению совершенно новой науки – ядерной физики, бурное развитие которой началось уже в новом – XX веке и привело в конце концов к созданию управляемых ядерных реакторов и атомного оружия. Это произошло в сороковых годах прошлого века сначала в США, а затем в Советском Союзе. Таким образом, сороковые годы XX столетия можно считать началом вступления человечества в атомную эру.

Интенсивные испытания сверхдержавами ядерного и термоядерного оружия в пятидесятых-шестидесятых годах и быстрое развитие атомной энергетики привело к выбросам в биосферу огромных масс радиоактивных веществ. К этому надо добавить загрязнение окружающей среды радионуклидами, вследствие проводимых взрывов атомных зарядов в мирных целях.

К другим источникам радиоактивного загрязнения, нарушающим сложившийся за миллионы лет радиационный фон на нашей планете, следует отнести добычу и переработку урановых и ториевых руд, производство ядерного оружия, эксплуатацию ядерных реакторов на кораблях, исследовательские работы в области ядерной физики, а также использование радиоизотопов в науке, промышленности, сельском хозяйстве и медицине.

Перечисленные факторы свидетельствуют о том, что миллионы людей в мире проживают сейчас в неблагоприятной радиационной обстановке, что стало особенно ясно после аварии на Чернобыль-

ской АЭС в середине восьмидесятых годов, когда произошло весьма значительное увеличение глобального радиационного фона.

Аварии на ядерных установках и утечки радионуклидов в биосферу на данном этапе развития цивилизации – явление далеко не редкое. Поэтому каждый сознательный житель планеты должен знать радиационную обстановку на территории, где он проживает, иметь представление об основных естественных и искусственных радионуклидах, поражающих действиях радиоактивных веществ, их физических и химических свойствах, закономерностях концентрации их в различных сферах окружающей среды, влиянии на живые организмы, продвижении радиоизотопов по пищевым цепочкам, методах экспрессной оценки радиоактивности различных объектов и способах защиты от внешнего и внутреннего радиоактивного облучения.

Названными и многими другими проблемами занимается радиационная экология, которая в настоящее время в виде отдельного предмета или в виде раздела в других дисциплинах преподается на многих естественных факультетах и отделениях высших и средних специальных учебных заведений и даже в старших классах некоторых школ.

Сведения по данному предмету имеются в многочисленных монографиях научного и научно-популярного плана, всевозможных инструкциях по радиационной безопасности, а также в виде кратких разделов в учебниках по экологии. Все эти разрозненные материалы очень трудно собрать воедино не только студентам и учащимся, но даже преподавателям. Поэтому появилась острая необходимость в издании специальных учебников по радиационной экологии.

Настоящее учебное пособие предназначено не только студентам, учащимся старших классов и педагогам. Оно призвано помочь каждому, кто интересуется перечисленными выше вопросами.

Книга написана согласно расширенной авторами программе курса «Радиационная экология», утвержденной Советом по экологии УМО по классическому университетскому образованию 5 декабря 2001 года.

5 декабря 1995 г. Государственной Думой Российской Федерации был принят закон «О радиационной безопасности населения». Он наделил органы государственной власти субъектов федерации полномочиями разрабатывать на основе упомянутого федерального

закона нормативно-правовые акты субъектов федерации и реализовывать свои программы в области радиационной безопасности населения. Один из первых, в лице своего правительства, откликнулся на это Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО). В 1998 г. Думой Ханты-Мансийского автономного округа был принят региональный закон «О радиационной безопасности». На основе этого закона разработана программа «Обеспечение радиационной безопасности населения Ханты-Мансийского автономного округа на 2001-2006 годы», которая утверждена правительством ХМАО и в настоящее время успешно претворяется в жизнь Управлением радиационной безопасности ХМАО. Таким образом, Ханты-Мансийский автономный округ стал образцовым в отношении реализации задач, поставленных в федеральном законе «О радиационной безопасности населения». В решении круглого стола «Проблемы радиационной безопасности», проведенного 2-5 апреля 2002 года в Санкт-Петербурге, особо отмечен опыт работы Управления радиационной безопасности ХМАО, который должен как можно шире пропагандироваться в России. В связи с этим авторы сочли необходимым включить в книгу специальную главу «Радиозэкологическая обстановка в Ханты-Мансийском автономном округе», которая поможет всем заинтересованным учреждениям и лицам в правильной организации работ в области радиационной экологии и радиационной безопасности на своих территориях.

Авторы выражают признательность доктору биологических наук Голубевой Елене Ильиничне и доктору биологических наук Трапезникову Александру Викторовичу за ценные замечания, благодаря которым улучшились содержание и структура книги. Особую благодарность авторы выражают кандидату биологических наук Юшкову Петру Ивановичу, оказавшему помощь в подборе фотографий ученых.

Финансовую поддержку при издании учебника оказали: генеральный директор ОАО «Южно-Кондинская лесопромышленная компания» Борисов Г.М., глава Муниципального образования Советского района Расковалов А.Н., глава Муниципального образования Кондинского района Редикульцев В.Ф., глава Муниципального образования г. Нягань Рыженков А.В., глава администрации г. Нефтеюганска Ткачев В.П. Авторы глубоко благодарны всем названным лицам.

В.Д.Старков, В.И.Мигунов.

Предмет радиационной экологии и ее задачи

Начиная с середины сороковых годов XX века, со времени первого испытания атомной бомбы в Аламогордо, сверхдержавами мира было произведено около 1900 ядерных взрывов в атмосфере, гидросфере и литосфере, которые привели к значительным всплескам глобального радиационного фона (рис. 1). К этому надо добавить десятки аварий на реакторах атомных электростанций, боевых кораблей, хранилищах радиоактивных отходов, на предприятиях, производящих обогащение ядерного материала.

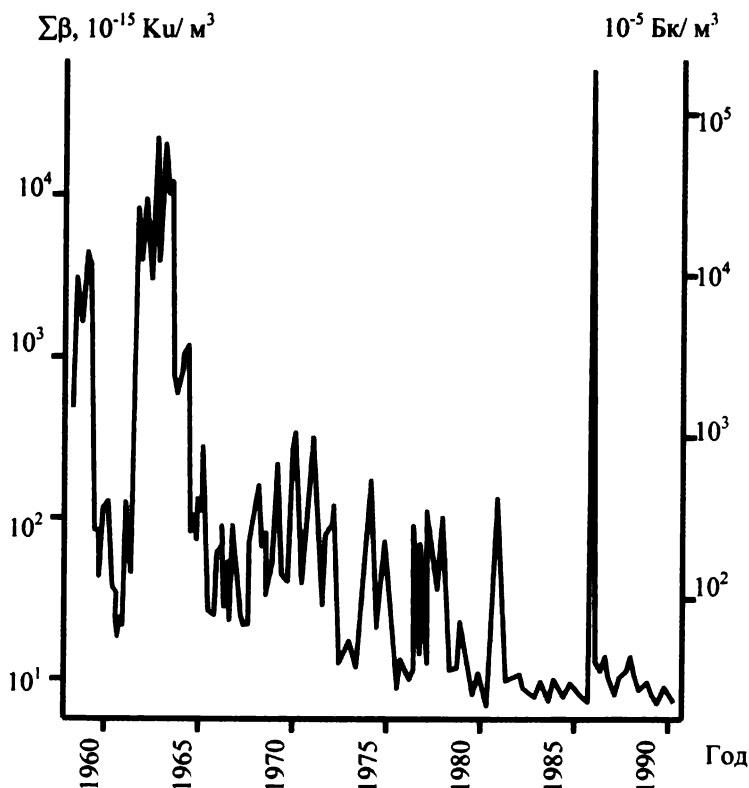


Рис. 1. Изменение со временем активности долгоживущих бета-излучателей в воздухе в среднем по СССР (В.И.Булатов, 1996).

Вторая половина XX столетия ознаменовалась бурным развитием энергетики особого типа, основанной на радиоактивном распаде. В настоящее время в мире насчитывается несколько сотен энергетических установок, работающих на ядерном топливе. Кроме того при крупных научных центрах, ведущих исследования в области атомного ядра, функционируют сотни исследовательских реакторов. В дальнейшем, по мере исчерпания ресурсов горючих полезных ископаемых, этот вид получения энергии будет приобретать все большее ускорение. Расчеты показывают, что при современных мировых темпах потребления углеводородного сырья разведанных его запасов хватит лишь на 100 лет. Учитывая молниеносное развитие цивилизации, легко предсказать, что уже в ближайшем будущем человечество столкнется с проблемой энергетического голода, если выработка электроэнергии будет и впредь базироваться на сжигании органического топлива. Если прибавить к этому фактор вредности сжигания каустобиолитов, то станет вполне очевидным, что альтернативным источником энергии на данном этапе развития человеческого общества могут быть только АЭС. В соответствии с этим многократно возрастет количество радиоактивных отходов, требующих надежного захоронения, хранения и вторичной переработки.

Радионуклиды быстрыми темпами проникают в науку и технику. Уже сейчас сотни тысяч предприятий и учреждений в разных странах используют в своей повседневной работе источники ядерных излучений. Создаются все новые приборы и установки, принцип работы которых основан на радиоактивных препаратах. Их применяют в самых различных отраслях промышленности, сельского хозяйства, в медицине и космической технике.

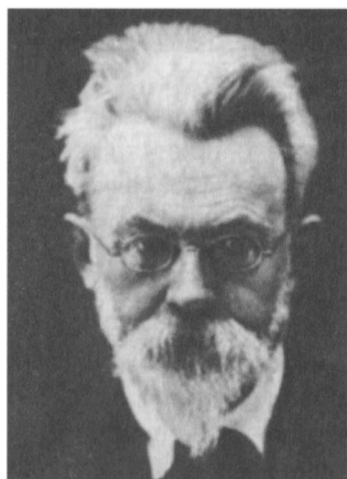
Развитие ядерного производства потребовало извлечения из глубин Земли колоссального количества радиоактивного сырья. За последние 50 лет из земных недр добыты и переработаны многие миллионы тонн урановых и ториевых руд. Содержание полезного компонента в радиоактивных рудах невелико, вследствие чего после их обогащения остается огромная масса «пустой» породы, которая может повысить местный радиационный фон в несколько раз.

Все это поставило людей в совершенно новые условия жизни, когда использование радиоактивных веществ буквально пронизывает все

отрасли деятельности человека. Связанное с этим повышение местного радиационного фона во многих регионах планеты, рост числа зон локального загрязнения окружающей среды нарушают природное равновесие, которое сложилось за длительный период, измеряемый в геологическом масштабе времени. Уже сейчас средний уровень глобального загрязнения составляет: по цезию-137 – 0,08 Ки/км², по стронцию-90 – 0,045 Ки/км², по плутонию-239 – 0,005 Ки/км², по мощности гамма-излучения на высоте 1 м – 10-15 мкР/ч (Булатов, 1996). Загрязнение радионуклидами биогеоценозов действует на популяции животных, которые длительно находились в условиях неизменного радиационного фона. Если не поставить заслон безудержному и бесконтрольному расплощению радионуклидов в биосфере, то это приведет к непредсказуемым генетическим изменениям в животном и растительном мире и даже к гибели отдельных видов, а возможно и целых экологических сообществ.

Требуется качественно новый уровень культуры обращения людей с материалами, содержащими радионуклиды, ибо от этого будет зависеть само существование жизни на Земле.

В связи с этим изучение процессов накопления радиоактивных веществ организмами, их миграции в биосфере, взаимодействия живых организмов друг с другом и со средой обитания в условиях радиоактивного загрязнения приобретает все большую актуальность. Этими вопросами уже на протяжении полувека занимается одна из отраслей экологии – радиационная экология.



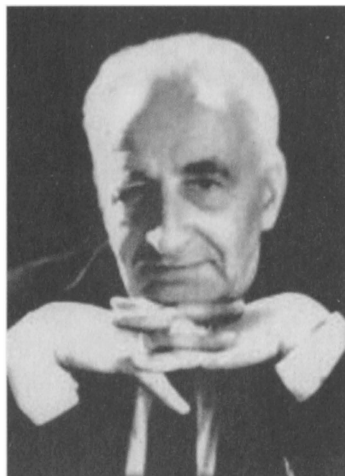
ВЕРНАДСКИЙ
Владимир Иванович
1863 – 1945

Зарождение этой науки в нашей стране произошло в конце двадцатых годов XX столетия с экспериментов В.И.Вернадского по накоплению радиации живыми организмами. К началу сороковых годов относится публикация научных работ В.Ф.Натали о влиянии ионизирующего излучения на половую систему рыб. Бурное же становление радиоэкологии относится к пятидесятым годам, когда было установлено, что в результа-

те испытаний атомного оружия биосфера Земли может быть загрязнена в глобальном масштабе.

Взрывы ядерных устройств над городами Хиросимой и Нагасаки, военные учения армий США и СССР, в ходе которых проводились эксперименты на животных и людях, аварии на атомных кораблях и электростанциях, оснащенных атомными реакторами, предоставили исследователям богатейший фактический материал относительно последствий радиоактивного облучения человека, животных и растений.

Испытания атомного оружия с 1944 по 1963 годы вызвали глобальное загрязнение продуктами радиоактивного распада поверхности планеты и ее подвижных оболочек. Стало известно, что продукты ядерных взрывов поглощаются атмосферной пылью, переносятся на большие расстояния и выпадают на поверхность Земли с дождем и снегом, загрязняя почву радионуклидами. Последние, передвигаясь по пищевым цепочкам от зерна и травы через мясо и молоко животных, попадают в организм человека и разрушают его. Биологи поняли, что отныне вся биота Земли вынуждена будет существовать в совершенно новых, непривычных для нее условиях – в обстановке повышенной радиации. Поэтому потребовалось срочно переориентировать значительные научные силы в русло изучения влияния ионизирующих излучений на живые организмы. В 1957 году состоялось совещание биологов СССР, организованное Академией Наук СССР, на котором было принято решение о значительном усилении исследований в области радиобиологии. Вслед за этим в срочном порядке во многих академических учреждениях страны были организованы и технически оснащены лаборатории радиобиологии. Ими руководили ведущие специалисты в области биологии: В.М. Клечковский, А.М. Кузин, Н.П. Дубинин, А.А. Передельский, П.П. Вавилов и многие другие. Это научное направление было новым в системе Академии



ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ
Николай Владимирович
1900 – 1981



КЛЕЧКОВСКИЙ
Всеволод Маврикиевич
1900 – 1972

Наук, поэтому потребовались значительные усилия для подготовки специалистов. В их воспитании принял активное участие знаменитый биолог-генетик Н.В. Тимофеев-Ресовский, работавший тогда в Ильменском заповеднике (г. Миасс). Экологам потребовалось изучать судьбу радиоактивных веществ, попавших в окружающую среду, воздействие их на отдельные особи, популяции и экосистемы. Уже к началу шестидесятых годов были получены многочисленные данные, характеризующие радиочувствительность отдельных видов и сообществ организмов к облучению от внешних источников и при радиоактивном загрязнении среды обитания.

Впервые название «радиационная экология» появилось в трудах американского ученого Е.Р. Одума (1957). В советском научном мире эту зарождающуюся науку называли тогда радиационной биогеоценологией (Н.В. Тимофеев-Ресовский, 1957). Уже в то время в радиоэкологии выделились два главных направления: изучение влияния ионизирующих излучений на живые организмы и закономерности распределения и накопления радионуклидов в природных сообществах. Головным научным учреждением, сосредоточившим исследования по накоплению и распределению радионуклидов по основным компонентам биогеоценозов, стал тогда Институт биологии Уральского филиала АН СССР, впоследствии переименованный в Институт экологии растений и животных. Руководство работами осуществлял Н.В. Тимофеев-Ресовский.



ПЕРЕДЕЛЬСКИЙ
Анатолий Александрович
1904 – 1977

В конце сороковых годов XX века в Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева была создана биофизическая лаборатория, занявшаяся под руководством В.М. Клечковского вопросами поведения искусственных радиоизотопов в системе «почва – растение». В более поздние годы В.М. Клечковский был постоянным куратором экспериментальных работ на Опытной научно-исследовательской станции химкомбината «Маяк» в Челябинской области, которая занималась также изучением радиационной ситуации на Урале и в Западной Сибири после Кыштымской аварии 1957 года.

Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС), сформировавшийся в 1957 году в результате этого выброса радионуклидов на комбинате «Маяк», и обновленный в 1967 году за счет ветрового переноса радиоактивной пыли с береговой зоны оз.Карачай, стал на долгие годы уникальным полигоном для изучения поведения искусственных радионуклидов в природе, а также приобретения опыта картирования территорий, загрязненных радиоактивными веществами. В радиозологических исследованиях на территории ВУРСа принимали участие десятки научных организаций, в том числе: ВАСХНИИЛ, Сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Институт общей генетики, Институт экологии растений и животных УрО АН



КУЗИН
Александр Михайлович
1906 – 1999



ДУБИНИН
Николай Петрович
1906 – 1998



КРИВОЛУЦКИЙ
Дмитрий Александрович
род. 1939

СССР, Зоологический и Ботанический институты и многие другие коллективы.

По мере накопления информации в радиозэкологии постепенно стали формироваться две главные отрасли – морская и континентальная, занимающиеся, соответственно, экосистемами океанов и континентов. В свою очередь в континентальной радиозэкологии выделились два направления – радиозэкология суши и континентальных водоемов.

Крупной отраслью континентальной радиозэкологии стала радиозэкология животных, которая интенсивно развивалась в трудах А.И. Ильенко, Д.А. Кривоцуцкого и В.Е. Соколова. Этим же ученым принадлежат основные исследования в сфере влияния ионизирующей радиации на популяции позвоночных. Серия ранних научных статей по накоплению стронция пресноводными рыбами принадлежит Г.Д. Лебедевой (1961, 1962, 1968).

В пятидесятые годы в печати появились первые результаты исследований по загрязнению континентальных водоемов радиоактивным стронцием и движению его по пищевым цепям (А.М. Марей, 1955, 1958, 1961).

В последующие годы континентальная радиозэкология получила развитие в фундаментальных трудах уральских ученых Н.В. Куликова и И.В. Молчановой (1975, 1977, 1988). Еще в пятидесятые-шестидесятые годы этими учеными были получены данные о скорости и прочности фиксации радионуклидов различными почвами, степени подвижности радио-



ПОЛИКАРПОВ
Геннадий Григорьевич
род. 1929

активных элементов в системах «почва – раствор», «почва – растение» и «вода – гидробионты». Этими же исследователями проведены эксперименты по изучению радиочувствительности сотен видов культурных растений, определены значения коэффициентов накопления радионуклидов в представителях пресноводной фауны и флоры.

Морская радиоэкология последовательно развивалась в трудах Г.Г. Поликарпова и его учеников (Поликарпов, 1964; Поликарпов, Егоров, 1986), а затем в работе А.Е. Каткова (1985).

В шестидесятые – семидесятые годы ученые интенсивно занимались радиоэкологическими исследованиями на природных объектах, изучая влияние искусственных радионуклидов, в первую очередь стронция-90 и цезия-137, на экосистемы суши и континентальных водоемов. В частности, в этот период американские специалисты изучали влияние радиоактивного излучения на растительные сообщества лесов и полей. Экологами УО РАН исследована сезонная динамика распределения радионуклидов в пресноводных водоемах, установлена зависимость накопления радиоизотопов в рыбах от трофности водоема и сезона года.



КУЛИКОВ Николай Васильевич
(1929 – 2000) и **ВОНСОВСКИЙ**
Сергей Васильевич (слева)



МОЛЧАНОВА
Инна Владимировна
род. 1938



БУЛАТОВ
Валерий Иванович
род. 1940

Бурное развитие атомной энергетики в семидесятые – восьмидесятые годы способствовало повороту внимания исследователей в сторону экологических проблем, непосредственно связанных с эксплуатацией энергоустановок на ядерном топливе. В этот период при крупных атомных электростанциях были созданы лаборатории, занимающиеся радиоэкологическими проблемами, касающимися наземных и пресноводных экосистем. Исследования на Биофизической станции Института экологии растений и животных УО РАН при Белоярской АЭС показали, что осторожная и грамотная эксплуатация объектов атомной энергетики абсолютно безопасна для окружающей среды.

В 1986 году по халатности руководства произошла крупная авария на Чернобыльской АЭС, след от которой окутал всю планету, повысив глобальный радиационный фон. Выпало большое количество радиоактивных осадков. Специалисты-радиоэкологи используют это, изучая процессы взаимодействия выпадающих из атмосферы радиоактивных примесей с почвенно-растительным покровом, явления сорбции и прочности фиксации многих искусственных радионуклидов в различных почвах, закономерности усвоения их живыми организмами и движения радиоактивных элементов по пищевым цепочкам.

Беспрецедентная по масштабам авария на Чернобыльской АЭС заставила многократно увеличить масштаб радиоэкологических исследований. Как никогда возросло международное сотрудничество ученых в этой области, поскольку с развитием атомной энергетики и увеличением количества разрабатываемых ядерных технологий неизбежно возрастает и радиационная опасность. К настоящему времени уже достаточно хорошо изучено распределение радионуклидов в организмах наземных животных и в гидробионтах, а также движение естественных и искусственных радиоактивных элементов по пищевым цепям.

На современном этапе развития радиационной экологии главными ее задачами являются:

1. Продолжение изучения воздействия радиоактивного излучения на растительные и животные организмы, популяции и экосистемы и прогнозирование последствий радиоактивного загрязнения биосферы.

2. Исследование путей распространения радиоактивных изотопов в природной среде.

3. Разработка безопасных для животных организмов норм радиоактивного загрязнения компонентов природной среды.

4. Изучение выживания и адаптации живых организмов в условиях хронического облучения радионуклидами.

5. Исследование длительного действия на живые организмы малых доз радиации и прогнозирование отдаленных последствий такого облучения.

Немаловажной задачей радиационной экологии является популяризация этой науки среди широких слоев общественности, поскольку радиационная опасность осознана пока далеко не всеми. Одной из главных причин такого положения является закрытость материалов по радиоактивному загрязнению окружающей среды на территории России. Хотя завеса секретности вокруг радиоз экологической ситуации в нашей стране постепенно срывается. В результате появились многочисленные экологические обзоры в журналах о радиационном загрязнении территории бывшего СССР, связанном с функционированием ядерного комплекса этой сверхдержавы. Фундаментальные сводки такого материала, сопровождающиеся анализом радиационной обстановки по регионам СССР и России, принадлежат В.И. Булатову.

Специалисты в области радиационной экологии должны широко использовать радиоз экологический мониторинг, т.е. систему наблюдений за изменением состояния окружающей среды под действием ее радиоактивного загрязнения.

Литература

Абрамов А.И. Основы ядерной физики. М.: Энергоатомиздат, 1983. 256 с.

Айбулатов Н. Экспансия человека в прибрежно-шельфовую зону. – Вестник РАН. 1994, т.64, № 4, с. 340-348.

Алексеевко Р.М., Корнев Н.А. Сельскохозяйственная радиоэкология. М.: Энергоатомиздат, 1991. 396с.

Антропов С.Ю., Ермилов А.П., Ермилов С.А., Комаров Н.А., Крохин И.И., Шарапов С.В. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс». М.: ВНИИФТРИ, 1996. 38 с.

Антропов С.Ю., Ермилов А.П., Ермилов С.А., Комаров Н.А., Крохин И.И., Шарапов С.В. Методика измерения активности бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах с использованием программного обеспечения «Прогресс». М.: ВНИИФТРИ. 1996. 27 с.

Антропов С.Ю., Ермилов А.П., Ермилов С.А., Комаров Н.А., Крохин И.И., Макаренко И.И., Шарапов С.В. Использование компьютеризированных гамма-, бета-спектрометрических комплексов с программным обеспечением «Прогресс» для испытаний проб продовольствия на соответствие требованиям критериев радиационной безопасности. М.: Экспертцентр, 1998. 25 с.

Большов Л.А., Арутюнян Р.В., Линге И.И., Бархударов Р.М., Осипьянц И.А., Герасимова Н.В., Блинов Б.К., Марченко Т.А., Зиборов А.М. Чернобыльская катастрофа 13 лет спустя. WWW. 2003. 15 с.

Булатов В.И. 200 ядерных полигонов СССР. География радиационных катастроф и загрязнений. Новосибирск: ЦЭРИС, 1993.

Булатов В.И. Россия радиоактивная. Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. 272 с.

Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. М.: Энергоатомиздат.1990. 159 с.

Вернадский В.И. О концентрации радия живыми организмами. – Докл. АН СССР, 1929, № 2, с.33-34.

Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 423 с.

Воробьев А.И. (ред.). Справочник практического врача. М.: Медицина. 1982. 656 с.

Герфорт Л., Кох К., Хюбнер К. Практикум по радиоактивности и радиохимии. М.: Мир, 1984. 504 с.

Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Санитарные правила и нормы. Сан ПиН. 2.3.2.560-96.

Голутвина М.М., Абрамов Ю.В. Контроль за поступлением радиоактивных веществ в организм человека и их содержанием. М.: Энергоатомиздат, 1989. 176 с.

Гордеев К.И. Основные закономерности формирования доз внешнего и внутреннего облучения на следах подземных ядерных взрывов. Дисс. на соиск. уч. степ. доктора техн. наук. Москва, 1970. 339 с.

Громов В.В., Москвин А.И., Сапожников Ю.А. Техногенная радиоактивность мирового океана. М.: Энергоатомиздат, 1985. 272 с.

Гусев Н.Г., Дмитриев П.П. Радиоактивные цепочки. М.: Энергоатомиздат, 1988. 112 с.

Давыдов А.В., Игумнов С.А., Талалай А.Г., Уткин В.И., Фоминых В.И., Хайкович И.М. Радиоэкология. Курс лекций. Под редакцией А.Г.Талалая. Екатеринбург: Изд-во Уральской государственной горно-геологической академии, 2000. 351 с.

Дерябин В.М. Единицы физических величин. Тюмень: Изд-во ТГУ, 1975. 40 с.

Дубинин Н.П. Эволюция популяций и радиация. М.: Атомиздат, 1966. 742 с.

Дуриков А.П. Радиоактивное загрязнение и его оценка. М.: Энергоатомиздат, 1993. 144 с.

Егоров Ю.А. Техногенные радионуклиды в экосистемах водоемов-охладителей атомных электростанций. – Инженерная экология. № 6, 2000, с. 30-46.

Ильенко А.И. Радиоэкология пресноводных рыб. – Вопросы ихтиологии. 1969, т.9, № 2, с.324-337.

Ильенко А.И. Радиоэкология диких животных. В кн.: Радиоэкология. М.: Атомиздат, 1971, с.279-316.

Ильенко А.И., Крапивко Т.П. Экология животных в радиационном биогеоценозе. М.: Наука, 1989. 224 с.

Ильенко А.И., Криволуцкий Д.А. Радиоэкология. М.: Знание, 1971. 32 с.

Инструктивно-методические указания по радиохимическим методам определения радиоактивности в объектах ветнадзора. М.: 1984.

Караваева Е.Н., Молчанова И.В. Накопление радионуклидов лекарственными растениями в зоне влияния Белоярской АЭС. – Экология, 1988, № 5, с.404-406.

Карасев В.И., Ахнабеков Э.А., Волков В.Л. (ред.). Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Ханты-Мансийск, 2001.

Катков А.Е. Введение в региональную радиоэкологию моря. М.: Энергоатомиздат, 1985. 160 с.

Кедров К.П. Экспрессная оценка радиационной обстановки на следе радиоактивного облака в результате наземных ядерных взрывов. Учебное пособие. М.: ЦОЛИУВ. 1990. 28 с.

Кедровский О.Л., Чесноков С.А. Геоэкологические проблемы создания долговременных хранилищ радиоактивных отходов в прибрежных скальных массивах. – Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2000, № 6, с. 515-524.

Клечковский В.М., Гулякин И.В. Поведение в почвах и растениях микроколичеств стронция, рутения и циркония. – Почвоведение. 1958. № 3, с. 1-15.

Колышкин А.Е., Рыбальский Н.Г. Радиационная безопасность. Что должен знать о ней каждый человек. Информационно-справочный бюллетень «Экологический вестник». М.: 1995. 56 с.

Корнилов А.Н., Рябчиков С.Г. Отходы уранодобывающей промышленности. М.: Энергоатомиздат, 1992. 168 с.

Красноперова А.П., Лонин А.Ю. Влияние природного цеолита на процессы выведения ^{137}Cs из организма крыс. – Радиационная биология. Радиозэкология, 1999. т.39, № 4, с.471-474.

Криволицкий Д.А. Радиозэкология сообществ наземных животных. М.: Энергоатомиздат, 1983. 96 с.

Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. М.: Энергоатомиздат, 1989. 120 с.

Кудряшов Ю.Б., Гончаренко Е.Н. Современные проблемы противолучевой химической защиты организмов. – Радиационная биология. Радиозэкология, 1999, т. 39, № 2-3, с.197-211.

Кузин А.М. Радиационная экология. В кн.: Основы радиационной биологии. М.: Наука, 1964, с. 360-378.

Кузин А.М., Пердельский А.А. Охрана природы и некоторые вопросы радиоактивно-экологических связей. В кн.: Охрана природы и заповедное дело в СССР. М.: АН СССР, 1956, № 1, с. 65-78.

Кузин А.М. Роль природного радиоактивного фона и вторичного биогенного излучения в явлении жизни. М.: Наука, 2002. 79 с.

Куликов Н.В., Чеботина М.Я. Радиозэкология пресноводных биосистем. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 128 с.

Куликов Н.В., Молчанова И.В., Караваева Е.И. Радиозэкология почвенно-растительного покрова. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 172 с.

Лашенцова Т.Н., Лифанов Ф.А., Соловьев В.А. Отверждение жидких концентрированных отходов среднего уровня активности в керамической матрице. – Радиохимия, 1999, т.41, № 2, с. 167-171.

Максимов М.Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерение (учебное пособие). М.: Энергоатомиздат, 1989. 304 с.

Марей А.Н. Водные организмы как санитарный показатель загрязнения водоемов радиоактивными веществами. – Гигиена и санитария. 1955, т.20, № 7, с.3-9.

Мартюшов В.В., Спириин Д.А., Базылев В.В. и др. Состояние радионуклидов в почвах Восточно-Уральского радиоактивного следа. – Экология, 1995, № 2, с. 110-113.

Мейер В.А., Ваганов П.А., Пшеничный Г.А. Методы ядерной геофизики. Л.: Изд-во Лен. госуд. унив., 1988. 375 с.

Методические указания по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях. М.: ЦИНАО, 1985.

Методические указания по отбору проб ветеринарного надзора. М.: ГУ ветеринарии АКП СССР. 1987.

Мигунов В.И., Жилкевич А.В., Чубаров Я.Г. Радиационная обстановка в Ханты-Мансийском автономном округе. В кн.: Информационный бюллетень «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 2001 году». Ханты-Мансийск, 2002, с.32-34.

Мирные ядерные взрывы. М.: ИздАТ, 2001. 519 с.

Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. М.: Энергоатомиздат. 1990.

Молчанова И.В., Позолотина В.Н. Радиозэкологические исследования в России. – Экология, 1999, № 2, с. 99-104.

Мотузко Ф.Я. Основы экологии: Защита биосферы от излучений. Учебное пособие. М.: Московский госуд. институт радиотехники, электроники и автоматики, 1995. 60 с.

Натали В.Ф. О влиянии лучей рентгена на половую железу самок рыб. – Булл. эксперим. биологии и медицины. 1942, т.14, № 4, с.56-59.

Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. М.: Высшая школа, 1989. 415 с.

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). М.: Минздрав России, 1999. 127 с.

Никберг И.И. Ионизирующая радиация и здоровье человека. М.: Здоровье, 1989. 160 с.

Нифонтова М.Г. Динамика содержания долгоживущих радионуклидов в мохово-лишайниковой растительности. – Экология, 1997, № 4, с. 273-277.

Обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом. Информационно-аналитический сборник. М.: ЦНИИ атоминформ, 2000, 107 с.

Общая геофизика. Под редакцией акад. В.А.Магницкого. М.: Изд-во МГУ, 1995. 318 с.

Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.

Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Шпак А.А., Матюха В.А., Сафин Б.Р. Гальванохимическая обработка жидких радиоактивных отходов. – Радиохимия, 1999, т.41, № 4, с. 364-368.

Передельский А.А. Основания и задачи радиоэкологии. – Журнал общей биологии, 1957, т. XVIII, № 1, с. 17-30.

Павлоцкая Ф.И. Поведение плутония в почвах Уральского региона. – Экология, 1977, № 4, с. 268-272.

Перцов Л.А. Природная радиоактивность биосферы. М.: Атомиздат, 1964.

Позолотина В.Н. Адаптационные процессы у растений в условиях радиационного воздействия. – Экология, 1996, № 2, с. 111-116.

Поликарпов Г.Г. Радиоэкология морских организмов. М.: Атомиздат, 1964. 295 с.

Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. Морская динамическая радиохимическая экология. М.: Энергоатомиздат, 1986. 176 с.

Радиация, Дозы. Эффект.Риск. Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 78 с.

Радиометрическая и ядерно-физическая аппаратура и оборудование. Для техникумов. М.: Недра, 1993. 240 с.

Радиоэкология животных. М.: Наука, 1978. 266 с.

Радиоэкология позвоночных животных. М.: Наука, 1978. 270 с.

Радиоэкология почвенных животных. М.: Наука, 1985. 213 с.

Романюк С.С., Александров В.В., Мигунов В.И., Ковалев Б.В. Нефтедобыча и природные радионуклиды. В кн.: Информационный бюл-

летень «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа в 2001 году». Ханты-Мансийск, 2002, с. 34-37.

Рябов И.Н., Белова Н.В., Крышев И.И., Рябцев И.А. Радиоэкологическая безопасность. Тула: Гриф и К^о, 2000. 216 с.

Савельев И.В. Курс общей физики. М.: Наука, 1987. 320 с.

Савкин А.Е., Дмитриев С.А., Лифанов Ф.А., Голобоков С.М., Слостенников Ю.Т., Синякин О.Г. Возможность применения сорбционного метода для очистки жидких радиоактивных отходов АЭС. – Радиохимия, 1999, т. 41, № 2, с. 167-171.

Сахаров В.К. Радиоэкология. М.: МИФИ, 1995.

Страхов М., Сорокин В., Завадский М. Характеристика радиоактивных отходов, образующихся на АЭС. – Информ. бюлл. ЦОИ. М.: ЦНИИАтом, 1992, с.156-169.

Стамат И.П., Барковский А.Н., Крисюк Э.М., Рамзаев П.В., Иванов С.И., Перминова Г.С., Липатова О.В., Горский А.А., Шрамченко А.Д., Челенко Б.А., Мигунов В.И. Обеспечение радиационной безопасности при обращении с производственными отходами с повышенным содержанием природных радионуклидов на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПин 2.6.6.1169-02. М.: Минздрав России, 2002. 24 с.

Стамат И.П., Барковский А.Н., Крисюк Э.М., Перминова Г.С., Мигунов В.И. Система нормативных документов по обеспечению радиационной безопасности при обращении с производственными отходами с повышенным содержанием ПРН. Материалы пятой международной конференции «Радиационная безопасность: Обращение с РАО и ОЯТ». Санкт-Петербург, 2002.

Старков В.Д. Основы радиационной экологии. Тюмень: ИПП «Тюмень», 2001. 208 с.

Тестов Б.В., Лебедева Т.М., Лунев В.В. Исследование таежного биоценоза в условиях радиационного воздействия. В кн.: Проблемы развития атомной энергетики и радиационной безопасности населения регионов Урала и Западной Сибири. Тюмень: Издат. ТюмГУ, 1998, с.51-54.

Тимофеев-Ресовский Н.В. Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии. – Проблемы кибернетики. 1964, № 12, с. 201-231.

Тимофеев-Ресовский Н.В. Применение излучений и излучателей в экспериментальной биогеоценологии. – Ботанический журнал, 1957, т.42, № 2, с.161-194.

Трапезников А.В., Позолотина В.Н., Чеботина М.Я. и др. Радиационное загрязнение реки Теча на Урале. – Экология, 1993, № 5, с.72-77.

Трапезников А.В., Трапезникова В., Куликов Н.В. Радиоэкологические исследования пресноводных экосистем на Урале, подверженных воздействию предприятий ядерного цикла. В кн.: Радиоэкология. Итоги и перспективы. Севастополь: 1994, с.31-32.

Филипенко А. Сырьевая база нефтедобычи и недропользование в Ханты-Мансийском автономном округе. Екатеринбург: Изд. Дом «Пакрус», 2001. 144 с.

Филиппов Е.М. Ядра, излучение, геология. Киев: Наукова Думка, 1984. 158 с.

Чеботина М.Я., Куликов Н.В. Экологические аспекты изучения миграции радионуклидов в континентальных водоемах. – Экология, 1998, № 4, с.282-290.

Чиркин А.А., Окороков А.Н., Гончарик И.И. Диагностический справочник терапевта. Минск.: Беларусь, 1993. 688 с.

Шеханова И.А. Радиоэкология рыб. М.: Легкая и пищевая пром-ть. 1983. 208 с.

Шарипов А.У. Способы предотвращения распространения радиоактивных нуклидов от АЭС через подземные воды, почвы и воздух. В кн.: Проблемы развития атомной энергетики и радиационной безопасности населения регионов Урала и Западной Сибири. Тюмень: Изд-во ТГУ, 1998, с. 64-66.

Bryant F.J., Chamberlain A.C., Morgan A., Spicer C.S. Radiostromtium in soil, glass, milk and bone in U.K. 1956 results. – Nukl. Energy. 1957. № 6. P. 22-40

Crossley D.A. Radioisotope measurement of food consumption bi a Leaf beetle species, *Chrisomela knabi* Brown. – Ecology. 1966. Vol. 47, № 1. P.1-8.

Odum E.P. Cjnsideration of the total environment in pover reactor waste disposal. – Proc. Jntern. Cjnf. Peaceful Uses Atom. Energy. Geneva, 1956. № 13. P. 350-353.

Ophel J.L. Formal discussions of paper III-12. – Adv. Water Pollut. Res.: Proc. II Jntern. Conf. 1964. Tokio, 1965. Vol. 3. P. 275-281.