

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РАДИОЛОГИИ И АГРОЭКОЛОГИИ**

**XXXVI РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ,
ПОСВЯЩЕННЫЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОМУ ЧЛЕНУ ВАСХНИЛ
В.М. КЛЕЧКОВСКОМУ**

(28 ноября 2007 г., ВНИИСХРАЭ, Обнинск)

Под редакцией
академика Россельхозакадемии Р.М. Алексахина

МОСКВА 2008

XXXVI Радиоэкологические чтения, посвященные действительному члену ВАСХНИЛ В.М. Ключковскому. Обнинск, 28 ноября 2007 г. / Под ред. акад. Россельхозакадемии Р.М. Алексахина. М.: Россельхозакадемия, 2008. 183 с.

Настоящий сборник составлен по материалам ежегодных радиоэкологических чтений В.М. Ключковского (1900-1972) – основоположника отечественной радиоэкологии, участника Атомного проекта СССР. Чтения приурочены к 50-й годовщине Кыштымской аварии (1957 г.) и образования Опытной научно-исследовательской станции (ОНИС, 1958 г.) – *alma mater* отечественной радиоэкологии. В сборнике помещены материалы к 100-летию со дня рождения С.П. Целищева (1908-1991), крупного специалиста в области сельскохозяйственной биофизики и радиобиологии, и к 70-летию Б.С. Пристера – известного ученого-радиоэколога.

Для специалистов в области экологии, радиобиологии, агроэкологии, охраны сельскохозяйственных территорий от техногенных воздействий.

В подготовке материалов сборника принимали участие Н.В. Дворникова, Т.П. Гилёва, Н.Н. Ещенко, Н.М. Суворова.

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ Н.В. ТИМОФЕЕВА-РЕСОВСКОГО В СОВРЕМЕННЫХ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА УРАЛЕ

Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Антонова Е.В.
Институт экологии растений и животных
Уральского отделения РАН, Екатеринбург

Выдающийся русский ученый Н.В. Тимофеев-Ресовский одним из первых подошел к формированию в середине прошлого века новой научной дисциплины – радиационной биогеоценологии или радиоэкологии. В наших радиоэкологических исследованиях на Урале мы опирались на разработанные им концептуальные подходы.

В работе приведены результаты современных исследований, проведенных в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа). Показано, что на участке центральной оси следа протяженностью 100 км снижение содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах описывается экспоненциальными уравнениями. Максимальный запас ^{90}Sr (25 000 кБк/м²) и ^{137}Cs (670 кБк/м²) обнаружен в почвенном покрове на расстоянии 6 км от эпицентра аварии. На западной и восточной перифериях следа в пределах «радиационного» заповедника содержание ^{90}Sr в почвах составляет 30-80 кБк/м², а за пределами заповедника оно незначительно превышает фоновый уровень.

Определены коэффициенты накопления для некоторых видов травянистых растений, произрастающих в градиенте загрязнения. Во всех случаях коэффициенты накопления ^{137}Cs в надземной массе были примерно одинаковыми и составляли десятые и сотые доли. Коэффициенты накопления ^{90}Sr в растениях импактной зоны были достоверно ниже таковых в буферной и фоновой зонах. Этот феномен может быть связан как с физико-химическим состоянием радионуклидов в почвах, так и с биологическими особенностями растений, которые сформировались в процессе отбора при длительном воздействии радиационного фактора. Для растений, произрастающих в импактной зоне, отмечена дискриминация ^{90}Sr в звене «вегетативная масса – семена».

Исследованы ценопопуляции одуванчика лекарственного, подорожника большого, костреца безостого, дремы белой, щавеля конского и крапивы двудомной из зоны ВУРСа. Дозовые нагрузки на семена в импактных ценопопуляциях превышают фоновый уровень на три, а в буферной – на один порядок величин. Определенной зависимости жизнеспособности семенного потомства от уровня радионуклидного загрязнения не обнаружено. У всех изученных видов отмечено увеличение генетического груза в популяциях зоны ВУРСа, что проявляется в повышенной частоте встречаемости морфологических аномалий. Исследование радиочувствительности семенного потомства из разных ценопопуляций показало, что эффекта радиоадаптации не обнаружено.

Важнейшей точкой отсчета в истории естествознания является разработанное великим русским естествоиспытателем В.И. Вернадским учение о живом веществе и биосфере Земли. Идея об организованности биосферы получила блестящее развитие в трудах В.Н. Сукачева о биогеоце-

нозах как элементарных единицах биосферы, а биогенная миграция химических элементов и результаты геохимической деятельности живых организмов составили основу учения о биогеохимии и геохимии ландшафтов. Именно с этих, естественно-исторических, биосферных позиций выдающийся русский ученый Н.В. Тимофеев-Ресовский подошел к формированию в середине прошлого века новой научной дисциплины – радиационной биогеоценологии или, как ее впоследствии стали называть, – радиоэкологии. Большая заслуга в формировании основ радиоэкологии и особенно её аграрного направления принадлежит также выдающемуся русскому ученому – В.М. Ключковскому. Символично, что оба они – ровесники века, оба в 40-50-х годах работали и создавали научные школы на Урале, где зарождался отечественный атомный проект. Учитывая проблематику проводимых нами радиоэкологических исследований на Урале, далее будем опираться на концептуальные подходы, разработанные Н.В. Тимофеевым-Ресовским.

Предвидя возможность глобальных масштабов загрязнения окружающей среды в общей проблеме воздействия интенсивно развивающейся атомной промышленности на биосферу, Н.В. Тимофеев-Ресовский считал, что «судьба радионуклидов в экосистемах определяется путями и скоростью их миграции из «центров загрязнения», а также особенностями их распределения в различных компонентах биологических систем». При проведении исследований в районе Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) мы провели ранжирование загрязненных территорий. Было заложено три трансекты: центральная, совпадающая с центральной осью ВУРСа, западная и восточная, охватывающие периферии следа. Территория центральной трансекты в градиенте загрязнения была условно разделена на две зоны: импактную («центр загрязнения»), охватывающую Восточно-Уральский государственный заповедник (ВУГЗ) (протяженностью 6-30 км), и буферную – вдоль центральной оси ВУРСа: от заповедника до северной границы Каменского района Свердловской области. Общая протяженность центральной трансекты составляла 100 км.

Оценка запаса ^{90}Sr в почвах на разном удалении от ПО «Маяк» в пределах центральной трансекты показало, что он снижается с увеличением расстояния от источника загрязнения от 25 000 до 4000 кБк/м², а буферной – от 3000 до 70 кБк/м². Такое снижение подчиняется экспоненциальному закону: $y=13687e^{-0.0605x}$; коэффициент детерминации $R^2=0.814$. Отметим, что даже на расстоянии 100 км от источника загрязнения запас ^{90}Sr в почвах более чем в 20 раз превышает уровень контрольных значений, который колеблется в пределах от 1.5 до 1.8 кБк/м². Запас ^{137}Cs в почвах в непо-

средственной близости от эпицентра аварии (6 км) составляет 670 кБк/м². В дальнейшем он постепенно снижается, а на расстоянии более 30 км от ПО «Маяк» большинство значений удерживается в диапазоне 5-10 кБк/м². Изменение содержания ¹³⁷Cs в пределах центральной трансекты так же, как и ⁹⁰Sr, подчиняется экспоненциальной зависимости. В пределах западной трансекты усредненные значения запаса ⁹⁰Sr, основного загрязнителя, в большинстве случаев варьируют от 1,5 до 2,9 кБк/м². На территории восточной трансекты отмечено повышенное содержание ⁹⁰Sr в непосредственной близости от границы ВУГЗа. Содержание ¹³⁷Cs в почвах обследуемых участков восточного сектора варьирует в пределах значений 3-9 кБк/м² и лишь в отдельных случаях достигает 12-20 кБк/м². Западный участок ВУРСа характеризуется более высоким содержанием ¹³⁷Cs по сравнению с восточным, что указывает на поступление радионуклида в почвенный покров из других источников. Главным из них можно считать ветровой сдвиг мелкодисперсных донных отложений с берегов оз. Карачай в 1967 г. [1].

Спустя десятилетия после аварии определили характер распределения радионуклидов по глубине почвенных профилей. В регионе наиболее широко представлены серые лесные почвы. На импактной территории, не испытывающей с момента аварии антропогенной нагрузки, в распределении радионуклидов по глубине почвенного профиля сохраняется хорошо выраженный градиент: до 87% радионуклида удерживается в верхнем 0-10 см слое. На буферной территории, а также на восточной и западной перифериях следа, являющихся, как правило, селитебными территориями, отмечено более равномерное вертикальное распределение ⁹⁰Sr в почвах. Последняя особенность может быть связана с механическим перемещением радионуклида в более глубокие слои. Распределение ¹³⁷Cs в профилях серых лесных почв на всей обследованной территории однотипно, верхний (0-5 см) слой удерживает до 80% радионуклида от суммарного его запаса в почве.

В целом проведенная оценка запасов радионуклидов в почвах Восточно-Уральского следа показала, что в головной части следа они удерживаются на уровне, в десятки тысяч раз превышающие фоновые значения. Это позволяет и сегодня считать головную часть следа «центром загрязнения», из которого радионуклиды будут мигрировать в сопредельные территории [2].

Формируя основы радиоэкологии, Н.В. Тимофеев-Ресовский особое внимание уделял изучению роли живых организмов в накоплении радионуклидов. Для количественной оценки и сравнения накопительной спо-

способности организмов он широко использовал формальный критерий – коэффициент накопления, представляющий отношение концентраций данного радионуклида в организме и окружающей среде в условиях равновесия. Было показано, что пределы накопления радионуклидов чрезвычайно широки как для разных видов, так и для различных элементов. Виды, характеризующиеся наиболее высокими коэффициентами накопления, были названы специфическими накопителями, а для их выделения был предложен объективный критерий – отклонение коэффициента накопления на 4 сигмы от среднего значения, установленного для соответствующего вариационного ряда. Используя этот критерий, мы сравнили накопительную способность широкого спектра травянистых растений, произрастающих в градиенте загрязнения. Во всех случаях коэффициенты накопления ^{137}Cs в надземной массе были примерно одинаковыми и составляли десятые и сотые доли. Коэффициенты накопления ^{90}Sr в растениях, произрастающих в импактной зоне, составляют 0,2-1,5, что достоверно ниже коэффициентов накопления для совпадающих видов буферной и фоновой зон. Факт снижения коэффициентов накопления ^{90}Sr растениями на загрязненных территориях может быть связан как с физико-химическим состоянием радионуклидов в почвах, так и с биологическими особенностями растений, которые сформировались в процессе отбора при длительном воздействии радиационного фактора [3].

Соответствующие различия в концентрации ^{90}Sr прослеживаются и для семян растений, собранных с разных участков ВУРСа и фоновых территорий. Так, наибольшая концентрация ^{90}Sr в семенах характерна для видов, произрастающих на импактном участке, она значительно снижается при переходе к буферной территории и находится на пределе обнаружения в семенах контрольного участка. Для ^{137}Cs аналогичной закономерности не выявлено. В наибольших количествах ^{90}Sr накапливается в семенах кровохлебки обыкновенной (*Sanguisorba officinalis* L.), василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.), звездчатки злаковой (*Stellaria graminea* L.), крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) и пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib. (L. vilosus Desf.)); ^{137}Cs – в семенах крапивы двудомной, дремы белой (*Melandryum album* (Mill.) Garcke) и звездчатки злаковой. Для некоторых видов были рассчитаны соотношения удельной активности ^{90}Sr в семенах и надземной массе. На примере подорожника (*Plantago major* L.) показано, что значения данного показателя при переходе от фоновой зоны (0,38) через буферную (0,14) к импактной (0,09) снижаются. Это означает, что растения из загрязненной

зоны обладают большей способностью защищать генеративные органы по сравнению с вегетативной массой от дополнительного облучения.

При расчете дозовых нагрузок учитывали вклад внешнего γ -излучения (радиационный фон от естественных и искусственных радионуклидов) и вклад инкорпорированных в семена ^{90}Sr и ^{137}Cs . Мощность экспозиционной дозы, измеренная с помощью дозиметра ДРГ-01Т, на фоновой территории составила 10-11 мкР/ч, на буферной – 15-20 мкР/ч, а на импактной – 20-170 мкР/ч. Для расчета дозовых нагрузок от инкорпорированных радионуклидов использовали данные о концентрациях ^{90}Sr и ^{137}Cs в семенах, включая их в простую модель: $M=q_1L_{(\text{Sr}+\gamma)}+q_2L_{(\text{Cs})}$, где q_1 и q_2 – измеренные нами удельные активности каждого радионуклида в семенах, L – мощность поглощенной дозы, сЗв/с, которую создает этот радионуклид внутри равномерно загрязненного объема при $q_0 = 3.7 \times 10^4$ Бк/г [4]. Дозовая нагрузка на зародыши семян у разных видов в импактной зоне колебалась от 1.7 до 70.3 мГр/мес., в буферной зоне – от 0.17 до 0.21 мГр/мес., а в фоновой зоне – от 0.07 до 0.10 мГр/мес. Таким образом, дозовая нагрузка на зародыш за счет инкорпорированных в семенах радионуклидов в импактной зоне на три, а в буферной – на один порядок величин больше, чем на фоновой территории.

Расчитанные дозовые нагрузки относятся к области малых доз для растительных объектов. Исследования отдаленных последствий действия радиации на растения в зоне ВУРса подтвердили актуальность и важность сформулированной Н.В. Тимофеевым-Ресовским фундаментальной проблемы о том, что «биологически эффективными могут быть и низкие дозы, особенно постоянно действующее внутреннее облучение» [5]. Оценка действия пролонгированного облучения на растения показала, что закономерности хорошо изученного острого воздействия невозможно экстраполировать на область малых доз, так как есть принципиальные различия. Кроме того, при загрязнении радионуклидами природных экосистем на живые организмы воздействует вся совокупность факторов окружающей среды, наблюдаются синергические, антагонистические и аддитивные эффекты, существенную роль играет и длительность воздействия радиации [6]. Такие условия воспроизвести в лаборатории практически невозможно, и только исследования популяций растений, длительное время обитающих в условиях радиоактивного загрязнения, способствуют решению этой проблемы. Фактически загрязненная радионуклидами среда выявляет скрытые механизмы устойчивости, позволяющие организмам и их сообществам выживать.

В поставарийный период на территории ВУРСа было выполнено значительное количество радиоэкологических работ, но вследствие режима секретности они не публиковались в открытой печати, данные представлялись фрагментарно, часто без указания района исследований [7, 8]. Проводились фундаментальные эколого-генетические исследования, начатые в 1976 г. группой В.А. Шевченко. Изучались эффекты хронического облучения в популяциях *Crepis tectorum* L. и *Centaurea scabiosa* L. [9, 10]. Учитывая, что на территории ВУРСа в настоящее время произрастает более 300 видов травянистых растений (собственные данные), то есть обеднения флоры на этой территории за прошедшие годы не произошло, число видов, вовлеченных в радиоэкологические исследования, очень ограничено.

Скрининговые исследования показателей жизнеспособности семенного потомства растений из зоны ВУРСа начаты недавно и включают более десяти видов. На примере одуванчика (*Taraxacum officinale* s.l.), подорожника, дремы, щавеля (*Rumex confertus* Willd.) и костреца (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) показано, что у большинства видов различия по жизнеспособности семенного потомства между фоновыми ценопопуляциями статистически незначимы, в то время как выборки из зоны ВУРСа отличаются большой амплитудой изменчивости признака (рис. 1). Пониженная выживаемость проростков у всех видов отмечена в ценопопуляциях, произрастающих на наиболее загрязненном участке «Импактный-3» (различия значимы, доверительные интервалы: 0,0233 – нижняя граница, 0,8147 – верхняя граница). Определенной зависимости данного показателя от уровня радионуклидного загрязнения нет. Так, у подорожника различия между буферной и импактными выборками отсутствуют, а у костреца выживаемость проростков в буферной выборке меньше, чем в импактных.

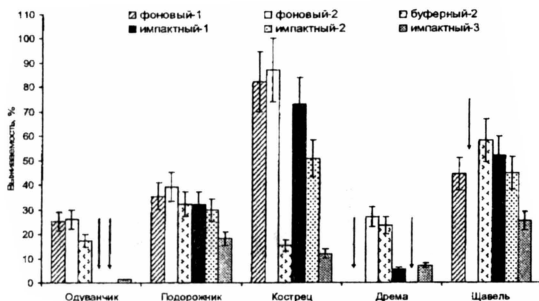


Рис. 1. Выживаемость семенного потомства некоторых видов растений, сформировавшихся в градиенте радиоактивного загрязнения

Данные за один сезон дают ограниченное представление об изменчивости жизнеспособности семенного потомства в зоне загрязнения. Временная изменчивость, выявленная в буферной ценопопуляции одуванчика на протяжении 13 лет, существенно углубляет понимание проблемы [6]. Так, в 1991 г. проростки отличались очень высокой выживаемостью и ускоренными темпами роста. С 1993 по 1997 гг. существенной разницы по жизнеспособности проростков между выборками из загрязненной и фоновой зон не отмечено. В 1998-1999 гг. жизнеспособность семенного потомства на буферном участке была существенно ниже, чем на фоновом (t_{St} равен 3,1 и 8,7 соответственно). Пониженная выживаемость проростков сохранялась в буферной ценопопуляции и в 2000-2003 гг. ($t_{St} > 3,3$). В 2004 г. на этой площадке вновь сформировались семена, превосходящие по всем параметрам фоновую выборку. Анализ данных показывает, что диапазон изменчивости выживаемости семенного потомства на загрязненном участке существенно шире, чем в фоновой выборке. Фактически, в одной и той же ценопопуляции, расположенной в буферной зоне ВУРСа, в разные годы был зафиксирован весь спектр описанных ранее эффектов действия малых доз радиации: стимулирующий, при котором показатели жизнеспособности семенного потомства выше, чем в фоновых выборках; подавляющий, с высоким уровнем смертности, и индифферентный, без значимых различий с контролем.

В хронически облучаемых ценопопуляциях одуванчика, подорожника, костреца, дремы, щавеля и гравилата (*Geum aleppicum* Jacq., данные на рис. 2) доля проростков с глубокими поражениями всех органов, с нарушением формы, цвета семядолей и некрозом корней существенно превышала фоновый уровень. Иногда аномалии в развитии проростков проявлялись только после провокационного облучения. В качестве примера приведем данные для подорожника.

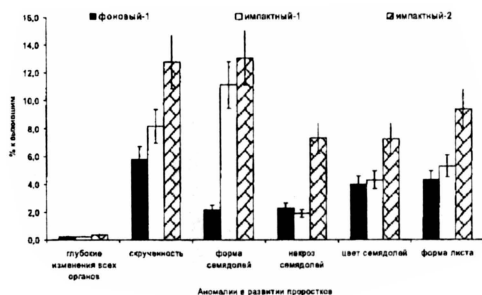


Рис. 2. Частота встречаемости разных типов морфологических нарушений в семенном потомстве гравилата из фоновой и импактных ценопопуляций

Так, в буферной выборке большинство нарушений скрыто и выявляется только при провокационном облучении, оно увеличилось относительно собственного необлученного контроля в три раза (рис. 3). В то же время в импактной ценопопуляции доля проростков с некрозами корней была высокой (около 55%) и осталась такой после дополнительного облучения. Эти данные в совокупности свидетельствуют об увеличении генетического груза в ценопопуляциях зоны ВУРСа, причем в градиенте дозовой нагрузки этот эффект усиливается.

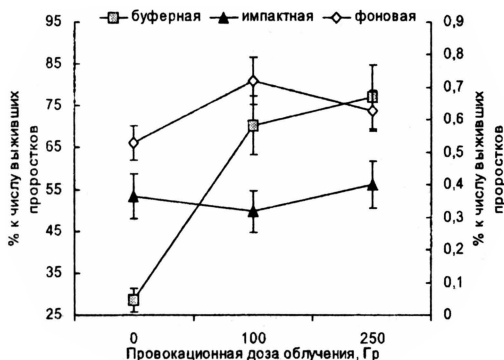


Рис. 3. Зависимость показателя «число проростков с некрозами корней» от дополнительного облучения у подорожника. Значения показателя для фоновой ценопопуляции отложены по вспомогательной оси (справа)

Адаптивный потенциал семенного потомства можно выявить, подвергая семена дополнительному облучению. У некоторых видов норма реакции жизнеспособности семян на фоновой территории была довольно широка (василек), а у других – узкой (кострец). Для семенного потомства всех изученных видов растений из зоны ВУРСа была характерна самая высокая вариабельность ответов на острое облучение, что может являться следствием нестабильности генома растений. Требуются данные за несколько лет, чтобы определить, существует ли радиоадаптация у хронически облучаемых растений. По имеющимся у нас результатам, четкого ответа на этот вопрос нет, и можно предполагать, что однозначного заключения в принципе сделать невозможно. Процессы, наблюдающиеся в реальных условиях, не случайны, но сложное, иерархическое строение

биосистем, вероятностный характер протекающих в них процессов накладывают фундаментальные ограничения в области прогноза [11]. Не исключено также прямое действие малых доз радиации, вызывающее при взаимодействии с другими экологическими факторами среды синергические или антагонистические эффекты.

Проведены углубленные эколого-генетические исследования двух модельных видов. У одуванчика обнаружена высокая нестабильность показателей жизнеспособности и радиоустойчивости семенного потомства из зоны ВУРСа. В условиях хронического облучения в выборках одуванчика наблюдается увеличение фенотипического разнообразия большинства ферментных систем, наметился направленный сдвиг частот морф некоторых аллозимов, а также значительный рост доли редких морф. Результаты свидетельствуют о высокой нестабильности генома растений и об интенсивном мутационном процессе в популяциях в условиях хронического облучения [12].

Семенное потомство подорожника из облучаемых ценопопуляций характеризовалось расширенным диапазоном изменчивости морфофизиологических признаков, высокой мутабельностью и нетипичной реакцией на провокационное облучение. Анализ аллозимной структуры показал, что во всех ценопопуляциях подорожника отмечен дефицит гетерозиготных генотипов, однако в импактной выборке этот феномен выражен менее ярко [3]. В буферной зоне установлена максимальная изменчивость ген-ферментных локусов, а в импактной – минимальная. Кроме того, с увеличением градиента дозовых нагрузок на растения генотипическая изменчивость снижается. Вероятно, это связано с тем, что в импактной ценопопуляции имел место жесткий отбор в пользу организмов, приспособленность которых к комплексу условий, в том числе к радиационной обстановке, выше.

Таким образом, решение задач, сформулированных Н.В. Тимофеевым-Ресовским и В.М. Ключевским еще в первые годы становления радиоэкологии, создало научную базу, необходимую для охраны природы, для выработки методологии и критериев оценки состояния среды в условиях антропогенного, в частности, радиационного воздействия.

Литература

1. Ааркрог А., Дальгаард Х., Нильсен С.П., Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Юшков П.И., Трапезников А.В. Изучение вклада наиболее крупных ядерных инцидентов в радиоактивное загрязнение Уральского региона // Экология. 1998, №1. С. 36-42.
2. Молчанова И.В., Караваева Е.Н. Эколого-геохимические аспекты миграции радионуклидов в почвенно-растительном покрове. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 161 с.
3. Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Михайловская Л.Н., Ульянова Е.В. Современные уровни радионуклидного загрязнения ВУРСа и биологические эффекты в локальных популяциях *Plantago major* L. // Экология, 2005, №5. С. 353-361.
4. Горшков Г.В. Проникающие излучения радиоактивных источников. Л.: Наука, 1967. 207с.
5. Тимофеев-Ресовский Н.В. О радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями // Сборник работ Лаборатории биофизики. Вып. 4. Свердловск, 1962. С. 7-16.
6. Позолотина В.Н. Отдаленные последствия действия радиации на растения. Екатеринбург: Академкнига, 2003. 244 с.
7. Черезанова Л.В., Алексахин Р.М., Смирнов Е.Г. О цитогенетической адаптации растений при хроническом воздействии ионизирующей радиации // Генетика, 1971. Т. 7, №4. С. 30-37.
8. Тихомиров Ф.А. Действие ионизирующих излучений на экологические системы. М.: Атомиздат, 1972. 176 с.
9. Шевченко В.В., Гриних Л.И., Абрамов В.И. Цитогенетические эффекты в природных популяциях *Crepis tectorum* L., произрастающих в районе Восточно-Уральского радиоактивного следа // Радиационная биология. Радиоэкология, 1998. Т. 38. Вып. 3. С. 330-336.
10. Кальченко В.А., Рубанович А.В., Шевченко В.А. Генетические процессы в хронически облучаемых природных популяциях *Centaurea scabiosa* L., произрастающих на Восточно-Уральском радиоактивном следе // Радиационная биология. Радиоэкология, 1995. Т. 37. Вып. 5. С. 708-719.
11. Свирижев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. М.: Наука, 1987. 366 с.
12. Ульянова Е.В., Позолотина В.Н. Клональная структура ценопопуляций одуванчика в условиях радионуклидного загрязнения на Урале // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. Т. 47. №3. С. 349-354.

DEVELOPMENT OF N.V. TIMOFEEV-RESOVSKY'S IDEAS IN MODERN RADIOECOLOGICAL STUDIES IN THE URALS

Pozolotina V.N., Molchanova I.V., Karavaeva E.N., Antonova E.V.
Institute of Plant and Animal Ecology,
Russian Academy of Sciences, Urals Branch

An outstanding Russian scientist, N.V. Timofeev-Resovsky, was one of the pioneers in establishing in the mid-XX century a new scientific discipline – radiation biogeocenology or radioecology. Our radioecological studies in the Urals rest on his conceptual approaches.

The paper presents results from the recent investigations within the East Urals Radioactive Trail (EURT). Along the central 100 km EURT axis, ^{90}Sr and ^{137}Cs contents in soils are shown to be described by exponential equations. The maximum ^{90}Sr (25 000 kBq/m²) and ^{137}Cs (670 kBq/m²) inventory is found in the soil cover 6 km from the accidental epicenter. At the western and eastern peripheries of the trail within the “radiation” reserve, ^{90}Sr content in soils varies between 30 and 80 kBq/m², whereas outside the reserve it slightly exceeds the background level.

Concentration ratios (CRs) have been estimated for some herbaceous plant species growing within the contamination gradient. In all cases CRs ^{137}Cs in the aboveground mass were approximately the same and amounted to tenth and hundredth fractions. These for ^{90}Sr in plants of the impact zone were significantly lower than CRs ^{90}Sr in the buffer and background zones. This phenomenon is probably associated with both physical-chemical state of soil radionuclides and biological peculiarities of plants, which have been formed during selection under the long action of a radiation factor. For plants growing in the impact zone ^{90}Sr discrimination in the “vegetative mass-seeds” chain is reported.

Cenopopulations of common dandelion, ripple-seed plantain, smooth brome grass, white silene, horse sorrel, and common nettle within the EURT area have been studied. The dose burdens to seeds in impact cenopopulations exceed the background and buffer zone levels by three and one order of magnitude, respectively. No dependence of seed progeny vitality on the level of radionuclide contamination has been found. All study species have revealed an increase in the genetic load in EURT populations, which appears as increased occurrence of morphological anomalies. A study on radiosensitivity of seed progeny from various cenopopulation has not found the radioadaptation effect.