

УДК 57(092)
© 2000

Н.В. ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ И РАДИОЭКОЛОГИЯ

Г.Н. Романов
Россия, г. Озерск, ПО «Маяк»

Открытие радиоактивности и обнаружение биологических радиационных эффектов у человека и в живой природе породили новую научную дисциплину – радиоэкологию. С самого ее зарождения начали развиваться два основных направления: поведение радиоактивных веществ в окружающей среде, включая природные биологические системы, и влияние ионизирующей радиации на биологические объекты на различных уровнях их организации, вплоть до сообществ и экосистем.

Особое место в радиоэкологии занимает русский ученый, генетик и радиобиолог Н.В. Тимофеев-Ресовский, человек с многогранными знаниями и трудной судьбой.

СТАНОВЛЕНИЕ РАДИОЭКОЛОГИИ НА ЗАПАДЕ И В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ

Радиоэкология имеет два основных этапа своего развития – ранний и современный.

Ранний этап относится к началу XX века, вплоть до конца 40-х – начала 50-х годов, когда было создано атомное оружие и получены первые доказательства существования нового техногенного фактора окружающей среды – ее радиоактивного загрязнения.

На раннем этапе выработывались основные взгляды на роль присутствия ионизирующей радиации и радиоактивных веществ в окружающей среде и, прежде всего, с точки зрения причин возникновения, характера и тяжести радиационных эффектов в живой природе.

Еще в 1904 г. М. Кюри-Склодовская обнаружила пожелтение листьев после облучения растений в присутствии радия [1], а Э. Резерфорд в 1905 г. показал, что облучение человека может сформироваться и в окружающей среде, содержащей радиоактивные вещества [1].

В России на этом раннем этапе радиоэкологические концепции развивали несколько ученых.

И.Р. Тарханов (Санкт-Петербургская Биологическая лаборатория) еще в 1896 г. опубликовал данные о последствиях воздействия рентгеновского излучения на некоторые виды позвоночных, беспозвоночных и растений [2]. Н.В. Гаевская сообщала в 1923 г. о возможных биологических эффектах у морских креветок вследствие высокой концентрации радия в соленых озерах близ Севастополя [1, 2]. В.Ф. Печенко в 1922 г. опубликовал факты обнаружения начала угнетения и последующей нормализации у облучаемых простейших одноклеточных животных (амебы) [2]. Оценки доз облучения, вызывающего биологические эффекты, при наличии доказанного латентного периода проявления эффектов, были определены С.А. Никитиным из Одесского Института рентгенологии и онкологии в 1930 г. у некоторых морских беспозвоночных [2]. Подобные эффекты были найдены Г.В. Самохваловой в 1935–1938 гг. у некоторых видов рыб [2].

Большую роль в становлении радиоэкологии в России сыграли академик В.И. Вернадский и его школа. В 1911 г. В.И. Вернадский организовал первую российскую радиоэкологическую экспедицию, результаты которой легли в основу разработки концепции биогеохимического круговорота радиоактивных веществ, подчеркивающей роль радиоактивности в биосфере. Ранее, в 1910 г., после посещения Ильменских гор, он поставил вопрос о необходимости изучения радиоактивных минералов в Российской империи [2]. В 1929 г. В.И. Вернадский опубликовал работу «О концентрации радия живыми организмами», где указывал на значительные различия в накоплении радия из воды в разных видах ряски [3]. Он же ввел в науку новое понятие — отношение концентраций радиоактивных элементов в организмах и воде, или коэффициент накопления.

В целом, идеи В.И. Вернадского явились очень плодотворными в понимании роли радионуклидов в жизни живого, а также процессов радиоактивного распада в историческом развитии Земли.

Развитию радиоэкологии в России на раннем этапе способствовали успехи и других направлений науки, касающихся различных аспектов учения о биосфере и биогеоценологии. Немалый вклад в развитие биогеоценологии внесли российские ученые Б.Б. Польшов, В.М. Гольдшмидт, В.Н. Сукачев [4].

Подготовка к войне и сама вторая мировая война резко затормозили развитие радиоэкологии. Однако, создание атомного оружия во второй половине 40-х годов и последующее широкое использование атомной энергии и ионизирующих излучений в жизни человечества дали радиоэкологии новый импульс, обусловив ее широкое развитие в настоящее время.

В начальный период этого современного этапа развития радиоэкологии пионерами выступили ученые США и Советского Союза — стран, создавших в конкурентной гонке за геополитическое господство первое ядерное оружие. Необходимость развития радиоэкологии в этих странах была продиктована, прежде всего, прикладными задачами обеспечения ради-

ационной безопасности человека и живой природы в условиях поступления и накопления радиоактивных веществ в окружающей среде на всех этапах изготовления атомного оружия, а также при его испытаниях и применении — от добычи урана и получения делящихся материалов до ядерных взрывов. Решение указанных прикладных задач являлось чрезвычайно важным, поэтому большинство радиоэкологических исследований в США и СССР на протяжении первых 10–20 лет было засекреченным.

В США радиоэкологические проблемы решались на государственном уровне с привлечением ряда национальных лабораторий (Брукхейвенская, Окриджская) и университетов (Калифорнийский, Колумбийский), а также других организаций. Такая постановка научных исследований позволила получить уже в первые 10–15 лет основополагающие данные практически по всем направлениям радиоэкологии. Экспериментальные и натурные исследования проводили с использованием созданных «радиационных полей» (рентгеновское и γ -излучение), испытательных ядерных полигонов, производственных площадок горнохимических и ядерно-химических предприятий, площадок и водоемов, использовавшихся для удаления радиоактивных отходов, лесных массивов, рек и морей.

В частности, на примере только одной монографии [4], включающей результаты открытых американских работ 1949–1963 гг., можно видеть, насколько был широк спектр задач радиоэкологии в США в то время. Были определены общие закономерности поступления, поведения и скорости перемещения различных радионуклидов в окружающей среде (наземные, пресноводные и морские экосистемы), коэффициенты накопления различных радионуклидов (^{90}Sr , Pu , I , Ru и др.) в растениях, гидробионтах, млекопитающих, звенья-концентраторы и дискриминаторы радионуклидов в трофических пищевых цепях сухопутных и морских экосистем, разработаны модели круговорота радионуклидов в окружающей среде, в частности, углерода-14.

Изучение радиационных биологических эффектов включало определение пределов (предельных доз облучения) радиочувствительности разных биологических видов и их отдельных форм, разработку теории видовой зависимости радиочувствительности растений, результатом чего стало доказательство существования видовой зависимости радиочувствительности от числа хромосом и объема ядра клетки (в интерфазе). Разрабатывались также критерии радиационного поражения облучаемых растений разных видов и аналогичные критерии для облучаемых сообществ и экосистем; были обнаружены четкие закономерности изменения видового состава растительных сообществ при их летальном и сублетальном облучении вследствие первоочередной гибели растений с максимальной радиочувствительностью и минимальным потенциалом пострадиационного восстановления; также была обнаружена максимальная среди других видов радиочувствительность деревьев сосны и их гибель при интенсивном остром или хроническом облучении (в меньших дозах по сравнению с острым). На Маршаловых островах (атолл Энвевоток, место проведения ядерных испытаний) было показано наличие поражения щитовидной железы рыб коралловых рифов вследствие инкорпорирования радиоактивного йода, образовавшегося при ядерном испытании, а в р. Клинч, близ Ок-Риджа, куда сбрасывались радиоактивные отходы, было обнаружено четкое повышение частоты хромосомных aberrаций в слюнных железах комаров (до 7,7%), облучавшихся хронически в дозах, всего лишь в 20 раз превышавших природные дозы.

В последующее время радиоэкологические исследования в США были намного расширены.

Начальный период современного этапа развития радиоэкологии в Западной Европе характеризовался значительно меньшими масштабами исследований по сравнению с США. К самым ранним и наиболее развернутым работам следует отнести исследования английских ученых, занимавшихся изучением пове-

дения ^{131}I , ^{89}Sr и ^{90}Sr в сельскохозяйственных пищевых цепях. Определенный толчок к усилению внимания к радиоэкологии в Великобритании обусловила радиационная авария реактора с выбросом радиоактивного йода в атмосферу в Уиндскейле в 1957 г. Основные же радиоэкологические исследования в Западной Европе были развернуты в период интенсивных радиоактивных выпадений от ядерных испытаний в атмосфере в конце 50-х гг. — первой половине 60-х гг.; этому способствовала в значительной мере появление международной (всемирной) программы «Саншайн», посвященной изучению включения ^{90}Sr в пищевые цепи человека и оценке радиационной опасности ^{90}Sr для человека в результате ядерных испытаний. В это же время в европейских странах, имеющих ядерное вооружение, либо создавших ядерную энергетику (Великобритания, Франция, Германия), были начаты прикладные радиоэкологические исследования в целях обеспечения радиационной безопасности человека при радиоактивном загрязнении окружающей среды, как вследствие деятельности ядерных предприятий, так и вследствие вероятных радиационных инцидентов и аварий на них. Западноевропейские радиоэкологические программы в принципе повторяли цели и содержание американских программ, однако, в ряде случаев отличались из-за географических, биогеохимических, почвенных и других характеристик, а также способов и интенсивности использования природных ресурсов и получаемой продукции.

В Советском Союзе современные радиоэкологические исследования были начаты почти одновременно с США, хотя, как и в Европе, в меньших масштабах. Все исследования осуществлялись в рамках советской атомной программы и являлись поэтому секретными. В этих работах, на начальном этапе, участвовали специальные организации и учреждения Минздрава СССР, Минобороны СССР, Академии наук СССР, а также отдельных министерств и государственных комитетов.

Среди множества осуществленных в СССР разработок 50-х гг., касающихся по своей сути

именно радиоэкологических разработок, следует, прежде всего, отметить работы Биофизической лаборатории Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева под руководством академика В.М. Клечковско-го. Академик В.М. Клечковский заложил основы нового направления радиоэкологии — агрохимии продуктов деления. При использовании отдельных продуктов ядерного деления и их смесей, получаемых в экспериментальном реакторе, он и его сотрудники изучили основные характеристики поступления различных радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур в зависимости от видов культур, агрохимических свойств почвы и агротехники. Вместе с этим лаборатория В.М. Клечковского изучала механизм внекорневого поступления радионуклидов в урожай в условиях как глобальных, так и локальных выпадений от ядерных испытаний.

Существенный вклад в отечественную радиоэкологию внесли сотрудники биолого-почвенного факультета Московского государственного университета и Почвенного института. Они дополнили результаты лаборатории В.М. Клечковского данными о поведении радионуклидов в сообществах травянистых растений и роли использования различных удобрений и мелиорантов в снижении поступления радионуклидов в урожай.

Несмотря на сугубо производственное предназначение, ПО «Маяк» тоже внес свою лепту в радиоэкологические исследования, связанные со сбросами жидких радиоактивных отходов в водоемы и речную систему рек Теча—Исеть. Эти исследования, выполнявшиеся Центральной заводской лабораторией предприятия совместно с Институтом биофизики МЗ СССР в 1950—1953 гг., дали первые и остающиеся уникальными до сих пор оценки поведения и распределения радионуклидов в проточных и непроточных водоемах, распространения радиоактивного загрязнения по течению реки, экологических и хозяйственных факторов, влияющих на поступление радионуклидов в пищевые цепи человека и его облучение. Эти характеристики послужили достаточ-

ной аргументацией в обосновании и принятии решений о необходимости мер радиационной защиты населения, проживавшего на реках Теча и Исеть.

Радиационная авария 1957 г. с выбросом радиоактивных веществ в атмосферу на ПО «Маяк» («Кыштымская авария» — как ее называли потом на Западе) и вызванное ею загрязнение радионуклидами части территории Челябинской и Свердловской областей (Восточно-Уральский радиоактивный след) обусловили дальнейшее развитие отечественной радиоэкологии. В целях обеспечения радиационной безопасности местного населения и снижения отрицательных последствий аварии в экономике региона было развернуто сразу же широкое изучение радиоэкологических характеристик поведения радионуклидов в окружающей среде, сельскохозяйственных, трофических (для природных систем) и пищевых (для человека) цепей, а также радиационных эффектов в живой природе, обусловленных радиоактивным загрязнением территории.

К участию в радиоэкологической программе, разработанной Минсредмашем СССР, академическими институтами и Московской сельскохозяйственной академией (В.М. Клечковский), Министерством здравоохранения СССР (А.И. Бурназян), было привлечено более 10 научных организаций со специалистами в различных отраслях науки. Непосредственно на Урале в 1958 г. были созданы три целевых научных организации — Опытная научно-исследовательская станция в подчинении Минсредмаша СССР, Филиал института радиационной гигиены МЗ РСФСР и Комплексная радиологическая экспедиция Минсельхоза СССР (последние две были затем преобразованы в Филиал №4 Института биофизики МЗ СССР, являющийся ныне Уральским научно-практическим центром радиационной медицины).

Эти уральские научные центры совместно с другими привлеченными организациями получили в течение первых 10 лет громадный объем радиоэкологической информации, как новой в научном плане, так и практически

ценной в обеспечении радиационной безопасности населения и снижении экономического ущерба, нанесенного радиоактивным загрязнением территории.

Главными практическими результатами осуществленных в регионе радиоэкологических исследований явились:

- достижение радиационной безопасности проживавшего населения, что доказывалось практическим отсутствием детерминированных радиационных эффектов, которые могли бы нанести ущерб здоровью населения, а также отсутствием повышения частоты стохастических канцерогенных заболеваний у хронически облучаемого населения;
- восстановление к 1978 г. ранее запрещенного сельскохозяйственного производства на 82% площади, загрязненной ^{90}Sr .

Таков был научный радиоэкологический «фон» в 50-х – 60-х гг., когда Н.В. Тимофеев-Ресовскому пришлось осуществлять радиоэкологические исследования.

СТРАНИЦЫ ЖИЗНИ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Н.В. ТИМОФЕЕВА-РЕСОВСКОГО [5–8]

Н.В. Тимофеев-Ресовский родился в 1900 г. в московской дворянской семье. Отец, Владимир Николаевич, окончил физико-математический факультет Петербургского университета и после защиты диссертации отправился на строительство железных дорог, построив потом в России 16 тыс. верст новых путей.

После окончания гимназии Н.В. Тимофеев-Ресовский поступил на зоологический факультет Московского университета, однако, его обучение было прервано гражданской войной. Воевал в рядах Красной Армии, хотя не был коммунистом, попадал в плен к «зеленой» банде анархистов, еле остался в живых, заболев сыпным тифом. Вернувшись в Москву в 1920 г., возобновил учебу в университете. Чтобы обеспечить свое существование, занимался побочной работой, вплоть до рабо-

ты грузчиком. Его учителями были знаменитые генетики Н.К. Кольцов, заложивший основы современной (молекулярной) генетики, и С.С. Четвериков, положивший начало популяционной генетике.

Кроме знаний, получаемых на нескольких спецкурсах, Н.В. Тимофеев-Ресовский прошел крайне полезный и большой практикум на кафедре Н.К. Кольцова, а затем получил научный опыт исследований по генетике на дрозофилах, недавно, с 1922 г. ставших объектом изучения, на звенигородской биостанции Н.К. Кольцова. Большую роль в становлении Н.В. Тимофеева-Ресовского как генетика сыграли научные семинары, проводившиеся С.С. Четвериковым и называвшиеся «совместным оранием о дрозофиле», или «дрозсоором». Человек неумной энергии, Н.В. Тимофеев-Ресовский не ограничивался только приобретением знаний и опыта: он читал параллельно свои лекции на рабфаке и перед «нормальными» студентами, работал в одной из лабораторий при Комиссии по изучению естественных производительных сил России, претворил в жизнь свою идею, создав Практический институт с тремя факультетами – биотехническим, агрономическим и экономическим. Институт получил здание, и к 1923 г. институт был оборудован лучше, чем другие биологические лаборатории.

Жажда заниматься наукой привела его к тому, что он не стал оканчивать университет и не получил диплома. Впоследствии, в 50-х гг., это ему обошлось дорого.

По просьбе директора Берлинского института мозга О. Фогта нарком здравоохранения Н.В. Семашко инициировал в 1925 г. длительное командирование Н.В. Тимофеева-Ресовского в Германию в качестве консультанта по изучению генетической изменчивости. Вместе с женой, Еленой Александровной Тимофеевой-Ресовской (Фидлер) и сыном, они приехали в Германию в том же году. Специально созданный германско-советский институт, где работали Тимофеевы-Ресовские, размещался в Бухе, пригороде Берлина («Буховский институт»).

Там он закончил ранее начатые им работы по фенгенетике (действие генов и их совокупности в ходе развития особи), расширил исследования по популяционной генетике и оценке роли естественного отбора и внешних условий на определенные мутации и, став одним из основоположников нового направления генетики, начал и развивал радиационную генетику как науку о значении ионизирующих излучений в генетических изменениях.

Н.В. Тимофеев-Ресовский широко привлекал к своим работам немецких физиков (М. Дельбрюк, К. Циммер). Неоднократно участвуя до Второй мировой войны в работе различных международных конференций и симпозиумов, в том числе, знаменитого коллоквиума Нильса Бора, он пытался переманить при этом физиков, желающих заниматься биологией, а также создать свой международный биологический коллоквиум, подобно физическому коллоквиуму Нильса Бора. Во многом, благодаря деятельности Тимофеева-Ресовского за рубежом, вклад русских ученых в биологию и генетику стал неожиданным и большим для Запада.

К 1932 г. Н.В. Тимофеев-Ресовский оценил размеры гена, которые явились сравнимыми с размерами молекулы и сходными с данными, полученными во Всесоюзном институте растениеводства, руководимом Н.И. Вавиловым. Это открытие опережало время, однако, позднее произвело сенсацию.

Коллектив, созданный Н.В. Тимофеевым-Ресовским в Буховском институте, заметно выделялся среди других европейских и американских институтов, и это было заслугой Тимофеева-Ресовского, сумевшего создать сплоченную и грамотную группу единомышленников численностью около 50 человек и заражать ее своей энергией.

После захвата власти Гитлером в 1933 г. Н.В. Тимофеев-Ресовский продолжал свою работу в Буховском институте, оставаясь по-прежнему советским гражданином и не испытывая особого давления со стороны гитлеровских властей. Более беспокоили его и семью плохие вести из Советского Союза о дискус-

сиях в биологической науке, гонениях и репрессиях ученых-биологов. Перед началом Отечественной войны он получил несколько предложений о предоставлении ему работы в советских институтах или их отделах, но его соратники в СССР (Н.К. Кольцов) не советовали возвращаться. Его решение отложить возвращение было подогрето известиями об аресте в 1940 г. президента ВАСХНИЛ, академика Н.И. Вавилова. Официально Н.В. Тимофеев-Ресовский и его жена имели право оставаться за границей, находясь в длительной командировке и имея советские паспорта.

Началась война, Н.В. Тимофеев-Ресовский превратился в «невозвращенца».

Продолжая свою работу эффективно и результативно и опубликовав ряд статей и книгу о роли эволюционных процессов в генетике (1938), он начинает понимать сущность расизма в его наиболее отвратительной форме — нацизме, и осуществляет акции по укрытию ученых-евреев, пользуясь официальным правом использовать в работе ученых-евреев. В разгар войны наука стала его убежищем; он обдумывал синтетическую теорию эволюции, создавал теорию микроэволюции: начиналась она с популяции, в которой за счет мутаций и природных факторов возникали популяционные волны, их изоляция и естественный отбор.

По мере продолжения войны Н.В. Тимофееву-Ресовскому стало ясным, что он не должен оставаться в стороне от борьбы Советского Союза с германским фашизмом. Он начал помогать немецким антифашистам, а также сумевшим бежать русским военнопленным. Беглецов устраивали на работу под видом оstarбайтеров и батраков, либо в своем институте. По некоторым данным, насчитывалось более ста человек, в спасении которых участвовали Н.В. Тимофеев-Ресовский и его люди.

Приближался крах гитлеровского рейха. Решение — куда податься после поражения Германии: на Запад или на Восток? — было для Н.В. Тимофеева-Ресовского нелегким, учитывая, что он не мог рассчитывать на благосклонность Советской власти, однако, он по-

нимал, что он русский, что корни его там, и что он не может быть эмигрантом. Тимофеев-Ресовский принял решение принять меры к сохранности имущества института и подготовиться к возвращению в Советский Союз вместе с персоналом и имуществом института.

Сразу после прихода советских войск Н.В. Тимофеев-Ресовский и другие советские специалисты, находившиеся в институте, были арестованы. В течение 11 дней шло выяснение их личностей. Сообщение об аресте Н.В. Тимофеева-Ресовского дошло до заместителя наркома внутренних дел А.П. Завенягина. Последний приехал к Н.В. Тимофееву-Ресовскому в Бух и поручил ему руководить институтом, пока не решится вопрос о переезде в Союз. Однако через какое-то время Н.В. Тимофеев-Ресовский был арестован по линии «другого ведомства». Когда Завенягин хватился, Тимофеева-Ресовского найти не смогли: он затерялся как осужденный на длительный срок в лагерях в Казахстане. В 1947 г., после начала поисков в лагерях людей, имевших какое-либо отношение к физике и радиации, он был найден в лагерном лазарете. Его содержали в лазарете в течение одного-двух месяцев, затем отправили в Москву и потом, после лечения на протяжении нескольких месяцев, сослали на Урал. Он оказался в секретной лаборатории, так называемой Лаборатории «Б» (близ современного НИИ технической физики в г. Снежинске Челябинской области).

Эта лаборатория проводила, среди других, научные исследования по радиобиологии, радиационной медицине, радиоэкологии и генетике. Лаборатория была создана в 1946 г.

Штат лаборатории сформировался из специалистов-заключенных (около 15 человек, включая Н.В. Тимофеева-Ресовского), привезенных в 1947 г., а также интернированных немецких ученых и специалистов вместе с семьями (15 человек, 1948 г.), и вольнонаемных советских специалистов (1946–1953 гг., более 50 человек). В разные годы полный штат всех работающих в Лаборатории «Б» достигал 200–500 человек.

Биофизический отдел и одноименную биофизическую лабораторию с мая 1947 г. возглавлял Н.В. Тимофеев-Ресовский. В их задачи входили:

- изучение действия ионизирующих излучений на живые организмы, в том числе генетические эффекты;
- изучение путей ускорения выведения радионуклидов из организма животных;
- изучение влияния малых доз облучения на рост и развитие живых организмов и на урожайность растений;
- изучение распределения радионуклидов в почвах и водоемах;
- биологическая очистка радиоактивных сбросных вод.

В период работы Н.В. Тимофеева-Ресовского в Лаборатории «Б» генетические исследования не были его основными задачами, так как в 1948 г. советская генетика была фактически разгромленной Т.Д. Лысенко [7, 8]. Как пишет Д. Гранин [5], решения известной августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г., на которой потерпели поражение все противники Лысенко, пришли в Лабораторию «Б» через год с соответствующим приказом по ведомству не заниматься морганизмом-менделизмом и уничтожить всех дрозофил. Однако первый директор Лаборатории Б полковник А.К. Уралец разрешал Н.В. Тимофееву-Ресовскому заниматься генетикой при условии, чтобы ни в каких отчетах и планах ничего генетического или дрозофильского не значилось.

Радиоэкология в работах биофизического отдела занимала большое место и преследовала прикладные цели; осуществляя научное руководство всеми радиоэкологическими исследованиями в Лаборатории Б, Н.В. Тимофеев-Ресовский проводил их, прежде всего, с биоэкологических позиций.

Кроме лабораторных помещений, радиоэкологические исследования проводили на опытных полевых участках, на экспериментальных прудах, в виварии с содержанием мышей, кроликов и собак. На опытных участках проводились посевы зерновых культур и однолетних трав и на делянки вносили смесь

продуктов ядерного деления (так называемую «юшку») под видом стимуляторов роста. Полученные загрязненные корма скармливались подопытной корове либо кроликам, а коровье молоко тоже анализировали [6]. Внесение отдельных радионуклидов и их смесей в воду практиковалось также и на экспериментальных прудах.

Основными результатами работы лаборатории Н.В. Тимофеева-Ресовского стала оценка закономерностей поведения ряда наиболее радиологически важных радионуклидов в сухопутных, включая сельскохозяйственные, и пресноводных экосистемах. Экспериментально полученные значения коэффициентов накопления этих радионуклидов в отдельных звеньях изученных цепей и систем послужили исходными отправными точками для предлагавшегося обоснования снижения поступления отдельных радионуклидов в продукцию растениеводства и животноводства, а также предотвращения радиоактивного загрязнения непроточных и малопроточных водоемов, с одной стороны, и использования таких водоемов для снижения уровней загрязнения сбрасываемых жидких радиоактивных отходов, с другой стороны.

Деятельность Лаборатории «Б» являлась засекреченной и поэтому вся отчетная документация была тоже секретной, включая и отчеты по радиоэкологическим исследованиям. Однако в открытой печати появились данные, полученные коллективом Н.В. Тимофеева-Ресовского. На первой Женевской международной конференции по мирному использованию атомной энергии 1955 г. был представлен от имени советской делегации доклад «Об использовании ионизирующих излучений в сельском хозяйстве», где излагались результаты исследований по действию малых доз радиации на сельскохозяйственные растения. Тем не менее, Н.В. Тимофеев-Ресовский и его сотрудники в число авторов доклада включены не были [6].

В 1955 г. репрессированные советские ученые и специалисты Лаборатории «Б» были досрочно освобождены в связи с ликвидацией

этой организации.

После ликвидации Лаборатории «Б» в 1955 г. Н.В. Тимофеев-Ресовский вместе с 16 сотрудниками начал работать в Институте биологии Уральского филиала Академии наук СССР в Свердловске; этот институт имел специальную биологическую станцию на оз. Бол. Миассово в Челябинской области. Там Н.В. Тимофеев-Ресовский продолжал свои радиоэкологические и генетические исследования, уже по несекретной тематике. С этого времени начался четвертый период его исследовательской деятельности.

Казалось бы, что после радиационной аварии 1957 г. на ПО «Маяк» Н.В. Тимофеев-Ресовский и его бывшие сотрудники Лаборатории «Б» могли быть привлечены к радиоэкологическим исследованиям и на загрязненной территории для обоснования мер по снижению последствий аварии. Однако этого не произошло. Статус бывших заключенных, многих еще не реабилитированных (Н.В. Тимофеев-Ресовский был полностью реабилитирован лишь в 1993 г., после своей смерти в 1981 г.), не соответствовал существовавшим требованиям секретности. Поэтому научная, тоже секретная, радиоэкологическая деятельность на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа была поручена вновь созданным организациям Минсредмаша СССР (Опытной научно-исследовательской станции) и Минздрава СССР (Филиал №4 Института биофизики), а также специальным подразделениям других институтов.

Поэтому основные направления исследование группы Тимофеева-Ресовского в период работы в Миассово остались практически теми же, только проводились на более высоком уровне, с учетом ранее полученных результатов в Лаборатории «Б» и с включением в работу множества изучаемых радионуклидов и действующих факторов. Исследования по-прежнему проводили на основе модельных и натуральных экспериментов.

Собственно радиоэкологические исследования включали изучение распределения радионуклидов в наземных и пресноводных био-

геоценозах, поведения радионуклидов в почве, поведения инкорпорированных радионуклидов в организме животных и ускорения их выведения, действия ионизирующих излучений и радионуклидов на живые организмы и их популяции и сообщества, включая генетические эффекты [9–11].

Основные результаты всех радиоэкологических исследований Н.В. Тимофеева-Ресовского и его соратников могут быть изложены кратко следующими принципами и положениями [10]:

- Судьба радионуклидов, попадающих в биосферу, определяется путями и скоростью миграции радионуклидов, начальным распределением и последующим перераспределением их в биогеоценозах и их компонентах.
- Основными быстрыми путями миграции и распространения радионуклидов являются ветровой разнос и перемещение текучими водами. Более медленным, но постоянным и длительным путем миграции радионуклидов является биологический путь за счет деятельности живых организмов на всех уровнях пищевых цепей.
- Распределение радионуклидов по компонентам биогеоценозов определяется степенью установления динамического равновесия между жидкой, твердой фазами, а также живыми организмами.
- Преобладающая доля радионуклидов концентрируется верхними слоями почвы и донными отложениями водоемов и поэтому незначительно поступает в природные воды.
- Живые организмы накапливают радионуклиды в разной степени; значения коэффициентов накопления разных радионуклидов живыми организмами различных видов изменяются от единиц до десятков тысяч. Эти различия определяются, прежде всего, особенностями минерального обмена.
- Живые организмы в целом определяют не только распределение и распространение радионуклидов в окружающей среде, но

и постоянный круговорот радионуклидов.

- Радиоактивное загрязнение биосферы должно, прежде всего, предупреждаться, так как последующая борьба с ним является значительно менее эффективной.
- Основными мерами борьбы с радиоактивным загрязнением окружающей среды следует считать:
 - максимальное сокращение возможности образования радиоактивной пыли на незадернованных пылящих пространствах;
 - предупреждение выноса радиоактивности текучими водами путем создания прудов-отстойников;
 - сокращение до минимума биологической миграции радионуклидов;
 - прекращение пищевого и кормового использования всей биопродукции с загрязненной территории и водоемов;
 - применение биологической дезактивации верхнего слоя почвы и водоемов при использовании различий в коэффициентах накопления.
- Общебиологические эффекты ионизирующих излучений выражаются в их действии на рост, развитие, плодовитость и смертность организмов. Общая радиочувствительность различна у разных групп и видов живых организмов, повышаясь от низших форм к более высокоорганизованным.
- Для непосредственного уничтожения большинства видов в природных сообществах живых организмов необходимы весьма значительные дозы облучения. Однако биологически значимыми могут быть и низкие дозы хронического облучения. Это наиболее проявляется у высокоорганизованных форм живых организмов вследствие их большей радиочувствительности, вызывая у млекопитающих и человека патологические изменения, повышение смертности и понижение плодовитости.
- В сообществах живых организмов облучение может приводить к трудно предпологаемым перестройкам и обеднению биоценозов (как по видовому разнообразию, так и по биологической продуктивности).

- К специальным проявлениям действия ионизирующих излучений на живые организмы следует отнести повышение частоты тератологических изменений в онтогенезе организмов (уродств), частоты различных злокачественных опухолей у высших организмов, повышение уровня элементарных генетических изменений в потомстве облученных организмов, примерно пропорциональное дозе облучения.

Эти результаты, полученные Н.В. Тимофеевым-Ресовским и его соратниками, являются крайне актуальными до сих пор и могут служить обоснованием выбора дальнейших направлений теоретических и научно-практических исследований в будущем.

Н.В. Тимофеев-Ресовский организовал в биофизической лаборатории Института биологии УФ АН СССР семинар советских биофизиков-радиобиологов-генетиков, проводившийся ежегодно в Миассово и привлекавший к его работе ученых, в том числе и молодых, из многих открытых академических институтов. Это была прекрасная по глубине познания, заложенных идей и предлагаемых способов их претворения в жизнь, научная школа. Семинары получили мировую известность, и участники их до сих пор сердечно вспоминают и сами эти семинары, и их громадную полезность. Н.В. Тимофеев-Ресовский также пытался восстанавливать здесь разрушенную Т.Д. Лысенко советскую генетику. Как вспоминает В.Н. Сойфер [8], Н.В. Тимофеев-Ресовский оказался ко второй половине 50-х гг. фактически единственным в стране владельцем лабораторного банка дрозофилы, так как по указанию сверху коллекции дрозофилы были уничтожены всюду.

Вернувшись из Миассово от Н.В. Тимофеева-Ресовского, студенты физического факультета МГУ привезли с собой баночки с мухами-дрозофилами и в день 60-летия Т.Д. Лысенко в конце сентября 1958 г. выпустили их летать на биолого-почвенном факультете. Это было ярким доказательством жизнеспособности истинной генетики.

Деятельность Н.В. Тимофеева-Ресовского в Свердловске-Миассово продлилась до 1964–1965 гг., когда они с супругой и небольшой группой сотрудников перебрались в Обнинск, в только что организованный Институт медицинской радиологии Академии медицинских наук СССР. Здесь он заведовал отделом генетики и радиобиологии. Основной его деятельностью в ИМР, а затем в Институте медико-биологических проблем стали, преимущественно, радиационно-генетические исследования.

РОЛЬ Н.В. ТИМОФЕЕВА-РЕСОВСКОГО В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИОЭКОЛОГИИ

Роль Н.В. Тимофеева-Ресовского в отечественной радиобиологии, в частности, в радиоэкологии и радиационной генетике, является огромной, и это определяется в значительной мере приоритетностью многих результатов его исследований, а также появлением многих плодотворных идей, порожденных им и затем претворенных в жизнь другими, часто не являвшимися его соратниками либо последователями.

Будучи последователем В.И. Вернадского, Н.В. Тимофеев-Ресовский развил биогеоэкологические концепции учения о биосфере и явился пионером создания радиационной биогеоэкологии в СССР, исследования в области которой были начаты еще им в 1947 г. в закрытой Лаборатории «Б», одновременно или даже чуть раньше, чем аналогичные исследования в других учреждениях страны. Кроме того, тоже пользуясь биогеоэкологическим подходом, Н.В. Тимофеев-Ресовский развил учение о популяционной генетике и стал затем одним из основоположников нового направления генетики — радиационной генетики. Его большая роль в создании этих двух направлений в отечественной биологической науке стала очевидной и важной только в последние примерно 2–3 десятилетия, когда было снято с него позорное клеймо отщепенца от науки.

Многие его исследования, относящиеся к оценке количественных параметров поведения, распределения и накопления отдельных

радионуклидов в звеньях почва–растения–животные и водоем–донные отложения–вода–гидробионты, прежде всего коэффициенты накопления, были повторены впоследствии разными исследователями в нашей стране, и эти новые данные лишь повторили в целом уже принятые Тимофеевым-Ресовским концепции и количественные уровни значимости основных факторов, влияющих на биогеоэкологический круговорот радионуклидов.

Однако приходится с большим сожалением сознавать, что роль Н.В. Тимофеева-Ресовского в отечественной радиобиологии (и радиоэкологии в частности) была сильно пониженной до 80-х гг., до окончательного поражения в 70-х гг. властвования Т.Д. Лысенко в советской биологической науке. Признанию роли Н.В. Тимофеева-Ресовского и его фактическому забвению способствовали, кроме того, много факторов. Сложная судьба как «невозвращенца» и репрессированного лишила его права заниматься свободной научной деятельностью на длительное время и права быть осведомленным с секретными данными, полученными в других учреждениях по аналогичным направлениям исследований. С другой стороны, в ряде случаев, когда его идеи, концепции и результаты исследований становились известными в открытых и закрытых «родственных» научных организациях, их не использовали и не развивали в силу конкурентных либо корпоративных соображений. Это порождало не только забвение Н.В. Тимофеева-Ресовского, но и практику осуществления дублирования его работ в других, более «сильных» организациях, иногда с меньшей результативностью.

Примеров причин и фактов понижения роли Н.В. Тимофеева-Ресовского, игнорирования результатов его исследований и повторения таких же или близких по идее исследований другими авторами имеется немало. Фактически недоступными в нашей стране являются публикации (и ссылки на них) Н.В. Тимофеева-Ресовского по генетике, относящиеся к периоду его работы в Буховском институте. Достаточно ограниченным является

число публикаций, не говоря уже о периоде работы его в Лаборатории «Б», относящихся к радиоэкологии.

При возвращении домой в 1947 г. он был назначен заведующим биофизическим отделом Лаборатории «Б», однако, в должности всего лишь старшего лаборанта из-за отсутствия диплома об окончании МГУ. И лишь после длительных мытарств, уже в 60-х гг., когда он трудился в УФ АН СССР, ему было разрешено защитить диссертацию.

Как генетика, Н.В. Тимофеева-Ресовского пытались отлучить от науки и исключить из рядов генетиков обе стороны – лысенковцы и их противники. Н.С. Хрущев в докладе на январском Пленуме ЦК КПСС 1961 г., поддерживая Т.Д. Лысенко, провозгласил: «...Из подворотни американского империализма высунули голову и клеветуют на СССР и мичуринскую биологическую науку и такие отъявленные враги нашей Родины как белоэмигранты ... Тимофеев-Ресовский и другие, которые из кожи вон лезут, чтобы выслужиться перед американскими хозяевами...» [8].

С другой стороны, видный советский генетик академик Н.П. Дубинин, внесший большой вклад в разгром лысенковщины, писал в 1973 г. о своей встрече с Н.В. Тимофеевым-Ресовским [12], не упоминая об его научной деятельности и его роли в отечественной генетике, но, считая, что «оставление Отчизны, воспитавшей его, было ужасным, и этот шаг никогда не может быть забыт».

Оценивая роль Н.В. Тимофеева-Ресовского в практическом использовании результатов его радиоэкологических исследований в обеспечении радиационной безопасности населения и окружающей среды в местах размещения отечественных предприятий, деятельность которых могла привести или привела к радиоактивному загрязнению окружающей среды, в частности, деятельность ПО «Маяк», можно видеть, что подобное использование данных Н.В. Тимофеева-Ресовского официально не является известным, хотя они использовались на практике, вероятно, негласно как некоторые идеи и принципы.

Можно указать, что данные Н.В. Тимофеева-Ресовского о поведении радионуклидов в пресноводных водоемах, полученные в ходе исследований в Лаборатории «Б», могли быть использованы на ПО «Маяк» в начале 50-х гг., когда два небольшие хозяйственные пруда в верховьях р. Теча после начала сбросов жидких радиоактивных отходов использовались как отстойники, где радионуклиды задерживались донными отложениями под влиянием сорбции. Однако это является только догадками. Но является фактом, что данные Н.В. Тимофеева-Ресовского в области водной радиоэкологии никаким образом не были использованы при разработке мер по снижению последствий радиоактивного загрязнения р. Теча и ее поймы.

К моменту радиационной аварии 1957 г. на ПО «Маяк» Н.В. Тимофеевым-Ресовским и его сотрудниками в Лаборатории Б было накоплено достаточно данных о поведении ряда радионуклидов, в том числе, ^{90}Sr и ^{137}Cs , в агрохозяйственных системах, и были сформулированы основные принципы выбора путей по снижению уровней радиоактивного загрязнения получаемой продукции. Однако в 1958 г., при организации подобных исследований и разработке мер по снижению последствий аварии в сельскохозяйственной сфере и радиационной защите населения, данные и концепции Н.В. Тимофеева-Ресовского фактически не были использованы ни Минсредмашем, ни Минздравом СССР. Это привело к повторению, в определенной степени, отдельных радиоэкологических исследований в специально созданных научных организациях (Опытная научно-исследовательская станция, Филиал №4 Института биофизики).

К сожалению, сложилось так, что радиоэкологические исследования Н.В. Тимофеева-Ресовского и его сотрудников в Лаборатории «Б» и Институте биологии УФ АН СССР фактически не были доведены ни до разработки программ исправляющих и защитных мер при радиоактивном загрязнении окружающей среды, ни до практического применения этих результатов в снижении последствий прошлых радиационных инцидентов и аварий в Уральском регионе.

Тем не менее, в общетеоретическом плане радиоэкологическое наследие Н.В. Тимофеева-Ресовского является приоритетным и значимым, не говоря уже о генетике и радиационной генетике. Сформулированные им основные принципы радиоэкологических закономерностей остаются верными и актуальными сегодня, спустя 40–50 лет, и в этом видится его величие как русского ученого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cigna A.A. Origin and aim of radioecology. In: Radioecology and the Restoration of Radioactive – Contaminated Sites. F.F. Luykx, M.J. Frissel (Eds). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. – London. – 1996. – P. 1–15.
2. Aarkrog A., Polikarpov G.G. Development of radioecology in East and West. – Ibid. – p.17–29.
3. В.И. Вернадский. О концентрировании радиации живыми организмами. Докл. акад. наук СССР, Сер. А. – 1929. – № 2. – С.33–34.
4. Вопросы радиоэкологии. / Под ред. В.И. Баранова. – М.: Атомиздат. – 1968. – С. 4.
5. Гранин Д.А. Зубр. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во. – 1988.
6. Раскрывая первые страницы... К истории г. Снежинска (Челябинска-70). – Екатеринбург: ИПП «Уральский рабочий». – 1997.
7. Medvedev Z.A. Nuclear Disaster in the Urals. W.W. Norton and Co. – New York. – 1979.
8. Сойфер В.Н. Власть и наука. История разгрома генетики в СССР. Hermitage, Tenafly, N.Y., USA. – 1989.
9. Сб. работ лаборатории биофизики. Труды Ин-та биологии. – Свердловск: АН СССР, Уральский филиал. – 1957. – Вып. 9.
10. Сб. работ лаборатории биофизики. Труды Ин-та биологии. – Свердловск: АН СССР, Уральский филиал. – 1962. – Вып. 22.
11. Тимофеева-Ресовская Е.А. Распределение радиоизотопов по основным компонентам пресноводных водоемов. Труды Ин-та биологии. – Свердловск: АН СССР, Уральский филиал. – 1963. – Вып. 30.
12. Дубинин П.П. Вечное движение. – М.: Политиздат. – 1973.