
ВКЛАД Н.В. ТИМОФЕЕВА-РЕСОВСКОГО В РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Е.Г. Мануйлова

Экологический центр Института истории естествознания
и техники им. С.И. Вавилова РАН
ул. Балтийская, д. 14, Москва, Россия, 125315

По результатам историко-научного анализа работ Н.В. Тимофеева-Ресовского выявлено значение трудов ученого по радиобиогеоценологии для развития радиоэкологического мониторинга. Развивая идеи учения В.И. Вернадского о биосфере и теорией биогеоценологии В.Н. Сукачева, Тимофеев-Ресовский формирует свой, уникальный экспериментально-биогеоценологический подход к изучению воздействия ионизирующей радиации на биогеоценозы и биосферу в целом — радиационную биогеоценологию. Применяемые ученым новые методы и методики, а также оригинальная постановка проблем позволяют считать радиационную биогеоценологию предтечей современной радиоэкологии. Проводимые наблюдения, опыты и эксперименты позволили Н.В. Тимофееву-Ресовскому смоделировать возможные процессы миграции радионуклидов в естественных биогеоценозах и биосферах, что позволяет считать их основой дальнейшего развития радиоэкологического мониторинга. Отдавая первостепенную роль живым организмам, Тимофеев-Ресовский одним из первых выделяет эколого-биологическую сущность радиоэкологического мониторинга.

Ключевые слова: Н.В. Тимофеев-Ресовский, радиационная биогеоценология, радиоэкологический мониторинг, живое вещество, «вернадскология с сукачевским уклоном»

Мировую известность выдающемуся русскому ученому-биологу Николаю Владимировичу Тимофееву-Ресовскому (1900—1981) принесли исследования в области генетики и эволюции. Но не менее он известен как ученый — последователь В.И. Вернадского и В.Н. Сукачева, основоположник радиационной биогеоценологии, в которой рассматривается особая роль живого вещества в накоплении и миграции радионуклидов.

Идеи Н.В. Тимофеева-Ресовского и созданной им школы, подтвержденные многочисленными экспериментами, полевыми опытами и накопленным обширным фактологическим материалом, оказали в научном и практическом отношении большое влияние на развитие методологии радиоэкологического мониторинга и радиоэкологии в целом. Работы школы Тимофеева-Ресовского объединяют и развивают сущностные подходы, вытекающие из учения В.И. Вернадского о биосфере и биогеоценологии В.Н. Сукачева:

— биосферно-биогеохимический подход: изучение миграции радионуклидов невозможно без учета роли живого вещества и основ биогеохимии;

— биогеоценологический подход: при отслеживании судьбы радиоизотопов необходимо учитывать взаимосвязи между биотическими и абиотическими компонентами биогеоценозов;

— экспериментально-биогеоценологический подход: только синтез биогеохимического и биогеоценологического подходов может дать достоверные резуль-

таты, позволяющие учитывать комплексность воздействия природных факторов и деятельности человека на судьбу радионуклидов.

Последний, третий подход в разработанной Н.В. Тимофеевым-Ресовским и его последователями методологии представляет собой новое оригинальное направление исследований, получившее наименование «радиационная биогеоценология».

Основы развития направлений, которые разрабатывались Н.В. Тимофеевым-Ресовским на протяжении его жизни, были намечены в самом начале его научного пути. А начинался он у Тимофеева-Ресовского под влиянием идей его учителей — зоолога Н.К. Кольцова, пионера экспериментальной биологии в России, и генетика-эволюциониста С.С. Четверикова [1]. Всего в период 1925—1945 гг. было опубликовано более 80 публикаций по мутагенезу, посвященных выяснению количественных закономерностей образования точковых мутаций у дрозофил под действием радиации (зависимость от дозы, от распределения ее во времени, от типа излучений и пр.). Н.В. Тимофееву-Ресовскому удалось установить влияние дозы излучения на интенсивность искусственного мутационного процесса, обнаружить явление радиостимуляции малыми дозами и осуществить биофизический анализ мутационного процесса. Период интенсивных исследований мутагенеза, во время которого приобретен разносторонний опыт экспериментальных исследований и накоплен значительный массив данных, имел большое значение для последующих работ в области экспериментальной биогеоценологии.

В кольцовском институте ученого заинтересовала роль живых организмов в геохимической работе пресноводных водоемов. В своих исследованиях Н.В. Тимофеев-Ресовский базировался на идее В.И. Вернадского о том, что организмы являются важнейшими концентраторами и накопителями веществ редких и рассеянных элементов из окружающей среды. Безусловно, влияние оказала работа В.И. Вернадского «О концентрации радия в биосфере живыми организмами», которую Николай Владимирович считал основой всех работ по изучению накопления и транспорта живыми организмами рассеянных элементов и веществ в пределах биосферы [2]. Являясь последователем учения В.И. Вернадского о биосфере, Тимофеев-Ресовский также рассматривал ее как особую оболочку планеты, в которой определяющая роль в геохимических процессах принадлежит живому веществу.

О тонком понимании сформулированного В.И. Вернадским учения о биосфере свидетельствует живой интерес Н.В. Тимофеева-Ресовского, проявленный в переписке с ним. Так, в письме из Берлин-Буха, датированном 11 января 1930 г., он пишет: «Водные организмы “конденсируют” Ra из воды, в связи с чем концентрация Ra у них в 50 раз больше, чем в воде; не продолжают ли конденсировать Ra и растительноядные животные и не будет ли потому (и ввиду меньшего содержания воды в тканях) концентрация Ra у них еще больше, чем у водных организмов и растений? Имеются ли уже у Вас на этот счет данные и если да, то где они напечатаны?.. Имеются ли уже хоть приблизительные количественные данные или соображения об общей ионизирующей деятельности в веществе организмов?.. Было бы очень интересно попытаться как-либо связать имеющиеся у

нас данные по исследованию изменчивости *Drosophila* с результатами Ваших исследований по «динамике веществ» — энергетике биосферы» [3].

Говоря о судьбе радиоизотопов в различных биогеоценозах, Н.В. Тимофеев-Ресовский первостепенную роль отводит живым организмам, обеспечивающим биологический путь миграции радионуклидов: «Живые организмы являются, в связи с вышеупомянутым свойством накапливать рассеянные и микроэлементы, самым мощным фактором длительного перераспределения радиоизотопов по различным компонентам биогеоценозов. Извлекая и концентрируя их из природных сред и растворов (а частично, благодаря непосредственному контакту корневых систем растений, и из твердой фазы почв и грунтов), живые организмы концентрируют радиоизотопы в своей биомассе; благодаря росту и размножению живых организмов этот мощный процесс концентрации радиоизотопов биомассой из всех пронизанных жизнью косных участков биогеоценозов является постоянным» [4. С. 5].

Начиная с 1920-х гг. в рамках генетических исследований Н.В. Тимофеев-Ресовский проводил также опыты с использованием моделей природных сред: посевов на экспериментальных грядках облученных семян различных растений, облучения водных организмов, содержащихся в специальных аквариумах (проточных и непроточных). Этот цикл работ был основан на работах и идеях В.И. Вернадского, вследствие чего был назван «вернадскологией» [2]. В Архиве РАН [5] хранится рукопись Н.В. Тимофеева-Ресовского, содержащая таблицы по накоплению радиоизотопов в водных растениях, датированная 1920-ми гг.

Период жизни ученого, посвященный собственно радиоэкологическим исследованиям, начался в 1930-х гг. Сам Николай Владимирович в автобиографической записке так охарактеризовал свои труды того времени: «С 30-х и до начала 60-х годов работал по изучению накопления и выделения ряда элементов, преимущественно гидробионтами и наземными растительными организмами, применяя метод меченых атомов (радиоизотопов), центром внимания этих работ было изучение судьбы некоторых элементов в пределах биогеоценозов» [6]. Сложно представить, какой колоссальный объем исследований скрывается в одной, столь сжатой, фразе.

Радиобиологические исследования Тимофеева-Ресовского с самого начала не ограничивались исследованием биологических эффектов облучения отдельных организмов, а были направлены на комплексное изучение поведения радиоактивных веществ в живых системах. Это были одни из первых работ по применению метода меченых атомов в биологии. В статьях, опубликованных в 1941—1944 гг., отчетливо прослеживается свойственный Н.В. Тимофееву-Ресовскому системный подход к изучению природных явлений и процессов: применение радиоактивных индикаторов рассматривается как методический прием, позволяющий решать поставленную еще В.И. Вернадским задачу по оценке роли живого вещества в основных геохимических процессах. В своих опытах ему удалось количественно показать, что разные виды обладают разной радиочувствительностью, исследовать влияние радионуклидов на динамику биомассы и видовой структуры соответствующих биоценозов.

Уже после переезда в Сунгул, а затем в Свердловске и Миассово (1) Н.В. Тимофеев-Ресовский с коллегами расширили методику проведения радиобиологических исследований и начали вводить искусственные радиоизотопы в природные сообщества — огороженные, окопанные участки леса или луга (искусственно выделенные биогеоценозы) [7]. А так как это понятие было введено Сукачевым, работы стали называться «вернадскологией с сукачевским уклоном» [2]. Тимофеев-Ресовский подчеркивал: «Долгое время никто, кроме нас, включая самих Вернадского и Сукачева, такими вещами не занимался» [2].

Отдавая первостепенную роль живым организмам, Тимофеев-Ресовский одним из первых выделяет эколого-биологическую сущность радиоэкологического мониторинга. Он первым смог применить на практике теоретические основы учения о биосфере и биогеохимии, решая прикладные задачи прогнозирования последствий радиоактивного загрязнения.

Чтобы осознать, как Тимофееву-Ресовскому удалось технически организовать такие исследования, обратимся к его словам: «Эксперименты... протекали в строго обоснованных и достаточно точных частных условиях. Бралась не биосфера Земли, конечно, а бралась некая лабораторная и полулабораторная, искусственно созданная система либо водоемов в виде бачков, проточных или непроточных, через которые пропускались слаборадиоактивные растворы или просто чистая вода, либо какие-то опытные грядки и опытные участки. Но увязывали мы все это теоретически и с геохимическими представлениями Вернадского, и с его общим учением о биосфере, а затем и с учением Сукачева о биогеоценозах и биогеоценологии» [2. С. 81].

Таким образом, ученому удалось объединить биогеоценологический и биогеохимический подходы и создать новую область исследований — *радиационную биогеоценологию*. Несомненная его заслуга в том, что он сумел постепенно перейти от изучения воздействия радиоактивных излучений на клеточном уровне к осмыслению проблемы на глобальном, биогеоценологическом уровне. Необходимо подчеркнуть, что искусственно созданные Тимофеевым-Ресовским и его сотрудниками системы водоемов (в виде проточных или непроточных бачков), а также опытные грядки и опытные участки представляли собой первые формы радиоэкологического мониторинга — моделирование возможных процессов миграции радионуклидов в естественных биогеоценозах и биосфере в целом.

В контексте рассматриваемой проблемы одной из наиболее значимых работ Тимофеева-Ресовского является представленный им на соискание степени доктора биологических наук и опубликованный в 1962 г. в Свердловске доклад «Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии» [8], который явился обобщением работ, проводимых Николаем Владимировичем и его коллегами в течение 10 лет в Сунгульской лаборатории. Работа представляет собой итог исследований по изучению распределения и миграции излучателей в биосфере и их влияния на биомассу и структуру соответствующих биоценозов. В ней сформулированы попытки выявления элементарных биологических структур и явлений на разных уровнях, взаимоотношение между общим учением о биосфере и биогеоценологией и определение задач и методов радиационной биогеоценологии.

В докторском докладе Н.В. Тимофеевым-Ресовским было показано, что биомасса обладает сильной накопительной способностью по отношению ко многим элементам. Такая способность стала выражаться впервые введенным ученым термином «коэффициент накопления» — отношением концентрации элемента в биологическом объекте к его концентрации в среде обитания. В зависимости от величин коэффициентов накопления элементов в разных компонентах биогеоценозов может достигаться равновесное распределение элементов одного из четырех основных типов: биотропное, педотропное, гидротропное и эквитропное.

В качестве основных Тимофеев-Ресовский выделяет в докладе следующие задачи радиационной биогеоценологии:

- количественное изучение влияния на биомассу и структуру биоценозов ионизирующих излучений, а также определение роли биоценоза в распределении вносимых элементов по компонентам биогеоценоза;

- количественное изучение роли разных видов живых организмов в концентрации и накоплении (а тем самым и в перераспределении) различных химических элементов (в основном рассеянных и находящихся в микроконцентрациях) из окружающей среды, тем самым определение относительной роли этих видов и разных групп организмов в протекающих в биогеоценозах геохимических процессах;

- изучение типов распределения по компонентам биогеоценозов радиоизотопов различных химических элементов в зависимости от физико-химических условий и состава биоценозов.

Поставленные Н.В. Тимофеевым-Ресовским научные задачи радиационной биогеоценологии, как видно из их содержания, по сути полностью отвечают научно-прикладным направлениям методологии и методикам проведения радиоэкологического мониторинга.

Тимофеев-Ресовский постоянно возвращался к определению новой дисциплины. Наиболее важными практическими аспектами этой линии работ Тимофеев-Ресовский считал, с одной стороны, радиоэкологические работы по изучению влияния живых организмов на концентрацию и на распространение радиоактивных изотопов-излучателей в местах загрязнения; с другой стороны, область общих интересов биоценологических и популяционно-генетических исследований сообществ живых организмов, подвергаемых воздействию излучений и излучателей. В статье «Радиационная биогеоценология», написанной с соавторстве с Ю.Д. Абатуровым и напечатанной в 1970 г., ученый предлагает такое определение радиационной биогеоценологии: «Особенно удобным для количественной и точной работы в опытах второй группы (2) является применение радиоизотопов для прослеживания судьбы различных химических элементов и применение ионизирующего излучения для устойчивости и равновесия биогеоценозов. Этот раздел экспериментальной биогеоценологии, использующий в своих исследованиях радиоизотопы и ионизирующее излучение, может быть выделен под названием радиационная биогеоценология» [9].

Позиция Тимофеева-Ресовского по отношению к концепции охраны природы от радиоактивных загрязнений, выработанная на основе проведенных экспериментально-биогеоценологических исследований, выразилась в труде «О радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями»,

который вышел в 1962 г. [4]. В нем ученый подчеркивает, что проблемы воздействия промышленной деятельности человека на окружающую среду должны ставиться на основе созданного В.И. Вернадским учения о биосфере и биогеохимических процессах и разработанной В.Н. Сукачевым биогеоценологии.

Говоря о том новом, что внес Тимофеев-Ресовский в развитие методологии радиоэкологического мониторинга, необходимо остановиться на изученной нами переписке с В.Н. Сукачевым. Особый интерес представляет письмо от 28 сентября 1960 г. из Миассово [3], в котором Николай Владимирович, прося помощи и содействия, рассказывает Владимиру Николаевичу про новые экспериментально-биогеоценологические планы: «Мы хотим методом малых опытных площадок со внесением в них небольших количеств меченых атомов четырех или пяти элементов... провести серию зональных экспериментов. Для этого мы хотим заложить площадки (около одного квадратного метра) с кобальтом, цинком, стронцием, цезием и церием во всех основных почвенно-климатических зонах, от тундры до юга Средней Азии». Если бы этой идее удалось воплотиться в жизнь, то полученные при проведении таких опытов результаты могли послужить основой для создания комплексной государственной системы радиоэкологического мониторинга, учитывающей особенности всех природно-климатических зон территории нашей страны. К сожалению, такие работы проведены не были.

Труды Тимофеева-Ресовского были научно-обоснованными и опережали свое время. Часто ученого называют основоположником радиационной экологии. Однако по результатам проведенного исследования правильнее будет разграничить экспериментальную, радиационную биогеоценологию и радиационную экологию как отдельные направления. Новая постановка проблемы, новые методы и методики, применяемые в радиационной биогеоценологии, позволяют считать ее предтечей современной радиоэкологии.

Решая практические задачи прогнозирования последствий радиоактивных загрязнений разного масштаба, разработки методов очистки территорий и акваторий от таких загрязнений, Николай Владимирович рассматривал проблемы с точки зрения биогеохимических и биоценологических уровней. Н.В. Тимофееву-Ресовскому удалось взглянуть на суть радиоэкологических исследований под новым углом, рассматривая их на качественно новом — биосферном уровне.

ПРИМЕЧАНИЯ

- (1) Уральский период жизни Николая Владимировича (с 1947 по 1964 гг.). После освобождения войсками советской армии Тимофеев-Ресовский с семьей был вывезен из Германии в СССР и после пребывания в лагере в 1947 г. назначен заведующим Биофизическим отделом (с одноименной лабораторией) «объекта 0211» МВД СССР в Сунгуле (ныне г. Снежинск, Челябинская обл.). В 1955 г. сунгульский отдел был переведен в Институт биологии Уральского филиала Академии Наук в Свердловске (ныне Екатеринбург) с базовой био-станцией на берегу оз. Б. Миассово в Ильменском заповеднике близ г. Миасса (Челябинская область).
- (2) Имеются в виду экспериментальные исследования, проводимые для выяснения отдельных процессов внутри биогеоценозов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Бабков В.В., Саканян Е.С.* Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский. М.: Памятники исторической мысли, 2002. 672 с.
- [2] *Тимофеев-Ресовский Н.В.* Вернадский и «вернадскология» // В.И. Вернадский: pro et contra. СПб.: РХГИ (Русский путь), 2000. С. 74—83.
- [3] Архив РАН. Ф. 1557. Оп.2. Д. 530. Переписка Н.В. Тимофеева-Ресовского.
- [4] *Тимофеев-Ресовский Н.В.* О радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями // Труды Института биологии Уральского филиала АН СССР, 1962. Вып. 22: Сб. работ лаборатории биофизики. 4. С. 5—16.
- [5] Архив РАН. Ф. 1750, оап. № 1.
- [6] Автобиографическая записка из статьи «Я прожил счастливую жизнь». К 90-летию со дня рождения Н.В. Тимофеева-Ресовского // *Природа*. 1990. № 9. С. 68—104.
- [7] Изучение распределения активности по биомассе и неживым компонентам водоемов. I. Отчет, 1951 (Н.В. Лучник, Е.А. Тимофеева-Ресовская, Г. Борн). Атлас-справочник по важнейшим результатам инкорпорации радиоизотопов.
- [8] *Тимофеев-Ресовский Н.В.* Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии: докл. по опубликованным работам, представленным для защиты ... д-ра биол. наук. Свердловск, 1962. 53 с.
- [9] Радиационная биогеоценология. Цит. по: А.Н. Тюрюканов, В.М. Федоров. Н.В. Тимофеев-Ресовский: Биосферные раздумья. М., 1986. С. 107.

N.V. TIMOFEEV-RESOVSKY CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF RADIOECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RADIOLOGICAL MONITORING METHODOLOGY

E.G. Manuylova

Institute for the History of Science and Technology named after S.I. Vavilov RAS
Baltiyskaya str., 14, Moscow, Russia, 125315

The value of N.V. Timofeev-Resovsky's works on radiation biogeocenology in environmental radiological monitoring evolution is considered in the article according to the results of historical and scientific analysis. Inspired with the ideas of V.I. Vernadsky's theory of biosphere and V.N. Sukachev's biogeocenology Timofeev-Resovsky formed his own unique biogeocenological experimental approach to studying of ionizing radiation impact to biogeocenoses and the biosphere. It is called as the radiation biogeocenology. Due to new methods and techniques it appears to be forerunner of modern radioecology. Timofeev-Resovsky's observations, tests and experiments allowed him to make models of radionuclide migration in natural ecosystems and the biosphere. He was among the first to highlight the primary role of living organisms and the ecological and biological essence of environmental radiological monitoring.

Key words: N.V. Timofeev-Resovsky, radiation biogeocenology, environmental radiological monitoring, living matter, "Vernadskology with Sukachevism"

REFERENCES

- [1] Babkov V.V., Sakanjan E.S. Nikolaj Vladimirovich Timofeev-Resovskij. Moscow, Pamjatniki istoricheskoy mysli [Monuments of historical thought], 2002. 672 p.
- [2] Timofeev-Resovskij N.V. Vernadskij i «vernadskologiya» [Vernadsky and vernadskology]. V.I. Vernadsky: pro et contra. SPb.: RHGA (Russian way), 2000. Pp. 74–83.
- [3] Arhiv RAN [Archive of the Russian Academy of Sciences]. Fond-1557. Unit 2. D. 530. Peregiska N.V. Timofeeva-Resovskogo [Timofeev-Resovsky's correspondence].
- [4] Timofeev-Resovskij N.V. O radioaktivnyx zagryazneniyax biosfery i o merax bor'by s e'timi zagryazneniyami [About radioactive pollution of the atmosphere and the measures to combat these pollution]. Trudy Instituta biologii Ural'skogo filiala AN SSSR [Proceedings of the Institute of Biology of the Ural branch of the Academy of Sciences of the USSR]. 1962. No. 22. Pp. 5–16.
- [5] Arhiv RAN [Archive of the Russian Academy of Sciences]. Fond-1750. Unit 1.
- [6] Avtobiograficheskaya zapiska iz stat'i «Ya prozhil schastlivuyu zhizn'». K 90-letiyu so dnya rozhdeniya N.V. Timofeeva-Resovskogo [Autobiographical note from the article «I have lived a happy life». To the 90th anniversary of the birth of N.V. Timofeev-Resovsky]. Priroda [Nature], 1990. No 9. Pp. 68–104.
- [7] Izuchenie raspredeleniya aktivnosti po biomasse i nezhivym komponentam vodoemov [Study of the activity distribution in biomass and non-living components of the reservoirs]. I. Otchet [Report], 1951 (N.V. Luchnik, E.A. Timofeeva-Resovskaya, G. Born). Atlas-spravochnik po vazhnejshim rezul'tatam inkorporacii radioizotopov [Atlas-guide of the most important results of the radioisotopes incorporation].
- [8] Timofeev-Resovskij N.V. Nekotorye problemy radiacionnoj biogeocenologii [Some problems of radiation biogeocenology]. Sverdlovsk, 1962. 53 p.
- [9] Radiacionnaya biogeocenologiya [Radiation biogeocenology] (A.N. Tyuryukanov, V.M. Fedorov, N.V. Timofeev-Resovskij: Biosfernye razdum'ya [Thoughts about the Biosphere]). Moscow, 1986. P. 107.