

Российская академия наук
Уральское отделение

НАУКА. ОБЩЕСТВО. ЧЕЛОВЕК

Вестник Уральского отделения РАН

№ 4(14)

Екатеринбург, 2005

Философия и история науки



И.В. Молчанова
доктор биологических наук

Мировоззренческие идеи Н.В. Тимофеева-Ресовского – базис радиоэкологических исследований



А.В. Трапезников
доктор биологических наук



Е.Н. Караваева
доктор биологических наук

В 2005 году исполнилось 105 лет со дня рождения великого русского ученого-естественника и воиспытателя Н.В. Тимофеева-Ресовского и 50 лет созданной им лаборатории биофизики, ныне Отдела континентальной радиоэкологии ИЭРИЖ УрО РАН. История становления и развития радиоэкологии в нашей стране неотделима от общей истории естествознания. Особую роль в ее формировании играет учение В.И. Вернадского о живом веществе и биосфере Земли. Идея об организованности биосферы получила блестящее развитие в трудах В.Н. Сукачева, а оценка результатов геохимической деятельности живых организмов стала частью учения о биогеохимии и геохимии ландшафтов. В основе этих научных концепций и, предваряя их хронологически, лежит генетическое почвоведение, основоположником которого является В.В. Докучаев. Создавая науку о почве, В.В. Докучаев подчеркивал ее естественно-историческое происхождение, а среди факторов почвообразования особо выделял фактор времени, участвующий в создании уникального тела природы.

Заслуга в синтезе и подведении итогов периода развития Докучаевской школы при-

надлежит Н.В. Тимофееву-Ресовскому. Он первый подчеркнул единую позицию этих выдающихся естествоиспытателей в понимании природы и задач общего естествознания. Именно с этих, естественно-исторических, биосферных позиций в середине прошлого века он подошел к формированию основ новой научной дисциплины — радиационной биогеоценологии или, как ее впоследствии стали называть, радиоэкологии. Инициировало ее становление непрерывно возрастающее поступление в биосферу Земли естественных и искусственных радионуклидов. Они высвобождались в ходе широкомасштабных испытаний ядерного оружия, в процессе развития атомной промышленности и энергетики. Мировому научному сообществу стало ясно, что сформировался новый глобально действующий экологический фактор — техногенные радионуклиды и порождаемые ими ионизирующие излучения. Эволюция представлений о роли радиационного фактора происходила на стыке целого ряда наук — экологии, агрохимии, геохимии, гидробиологии, ядерной и атомной физики. «Такой способ формирования новых научных дисцип-



Тимофеев-Ресовский

лин может привести к гетерозису: на стыке наук за счет оплодотворяющего влияния научных дисциплин рождается качественно новая...». Как правило, развитие новой научной дисциплины нуждается в творчестве «личностей-мыслителей», идеи которых создают фундамент для будущих дел. Фактически у истоков радиоэкологии стоят две такие выдающиеся личности, как Н.В. Тимофеев-Ресовский и В.М. Клечковский. Символично, что в 1940—1950-х годах они работали и создавали научные школы на Урале, где зарождался отечественный атомный проект. Отдавая должное светлой памяти этих ученых, сегодня будем говорить в основном о Н.В. Тимофееве-Ресовском.

В послевоенные годы Николай Владимирович в качестве заключенного, прошедшего Бутырку и Карлаг, руководил Отделом в одном из «закрытых» городов на Южном Урале. После освобождения в 1955 году он вместе с группой сотрудников был переведен в Институт биологии, в Свердловск (ныне Институт экологии растений и животных УрО РАН). Находясь у истоков создания атомного проекта, он уже тогда очертил весьма серьез-

ную проблему быстрого и полного изучения всех вопросов, связанных с возможностью воздействия на биосферу интенсивно развивающейся атомной промышленности. Пропагандируя идеи великих предшественников, а также учитывая опыт вековых наблюдений за губительными воздействиями на окружающую среду промышленных отходов, он подчеркивал, что «любая, достаточно широкая проблема о воздействии человека и его промышленной деятельности на окружающую природу должна ставится на основе созданного В.И. Вернадским общего учения о биосфере и биогеоценотических идея В.Н. Сукачева».

На первом этапе под руководством Н.В. Тимофеева-Ресовского, работавшего азартно, оптимистично, всеохватно, были проведены многочисленные опыты. Радионуклиды рассматривались как «меченные атомы» для изучения судьбы химических элементов в различных компонентах биосферы, а ионизирующая радиация — в качестве удобного и легко дозируемого фактора воздействия на организмы и их сообщества. Работы, спланированные в соответствии с методологией научных построений автора, технически доступные в исполнении, проводились с широким набором радионуклидов на упрощенных системах раствор—почва—растительность, вода—грунт, вода—гидробионты. Рассмотрение таких простых систем начиналось с выделения и изучения в них причинно-следственных связей. В простой системе их число не велико, они в ней резче проявляются и доступнее для изучения. Результаты таких исследований позволили провести классификацию радионуклидов по типу поведения в первичных экологических звеньях и выявить основные факторы и механизмы, управляющие их миграционной способностью.

Концентрируя внимание на биогеоценологическом исследовании водоемов, Николай Владимирович подчеркивал, «что в отличие от суши, где особое значение имеет почвообразование и взаимоотношение между почвами и стоком, в водоемах особую роль играет концентрация элементов в донных отложениях. Она зависит от условий стока, климата, характера биологической продуктивности и состава биоценозов водоема». Этот тезис подтвержден серией работ. В них детально рассматривалось общее распределение

ление вносимых в воду радионуклидов по основным компонентам водоема: воде, грунту, биомассе; накопление различных радиоактивных элементов представителями пресноводных животных и растений; снижение радиоактивности воды при прохождении ее через слабопроточное водоемы. Ключевая роль в этих исследованиях принадлежала Е.А. Тимофеевой-Ресовской. Нельзя не подчеркнуть особую значимость этих работ в связи с чисто практическими вопросами, связанными с очисткой воды от радиоактивных загрязнений. В целом феноменологические работы гидробиологической направленности, выполненные на первом этапе, наметили общие контуры радиоэкологии пресноводных водоемов, которая сегодня успешно развивается учениками и последователями Н.В. Тимофеева-Ресовского.

В работах того периода существенное место отводилось изучению роли живых организмов в накоплении радионуклидов. Для количественной оценки и сравнения накопительной способности организмов широко использовался формальный критерий — коэффициент накопления, представляющий отношение концентраций данного радионуклида в организме и окружающей среде в условиях равновесия. Показано, что пределы накопления радионуклидов чрезвычайно широки как для разных видов, так и для разных элементов. Виды, характеризующиеся наиболее высокими коэффициентами накопления, называли специфическими накопителями, а для их вычисления был предложен объективный критерий — отклонение коэффициента накопления более чем на четыре сигмы от среднего значения, установленного для соответствующего вариационного ряда. В плане поиска и выделения «концентраторов» радионуклидов особенно подчеркивалась роль организмов — пионеров образования коры выветривания и формирования первичных почв: бактерий, грибов, водорослей, лишайников. В последующем такие организмы — специфические накопители того или иного радионуклида стали использовать в качестве биониндикаторов радиоактивного загрязнения природных экосистем. Благодаря этим исследованиям, позднее сформировалось оригинальное научное направление — лихено- и брионидикация окружающей среды, в число задач которого входило слежение за

состоянием природных экосистем в зонах высокой техногенной нагрузки. Преимущество такого мониторинга состоит в том, что высокая концентрирующая способность и высокая чувствительность живых организмов к присутствию в среде ряда загрязнителей позволяет исключить трудоемкие работы по анализу компонентов экосистем с более низким содержанием в них поллютантов.

Кроме того, в 50—60-е годы прошлого века проведены многочисленные эксперименты по изучению сравнительной радиочувствительности более ста видов и сортов растений. На большом фактическом материале подтверждено стимулирующее действие радиации на рост и развитие растений, сделана первая попытка объяснения этого явления. Опытами с искусственными сообществами наземных растений и с пресноводным перифитоном было показано, что при относительно малых дозах лучевого воздействия имеется некоторая стимуляция этих сообществ без заметной их перестройки. При высоких дозах облучения происходят глубокие нарушения видового состава сообществ и их структуры.

Огромный, казалось, разрозненный аналитический материал, полученный в те же годы в лаборатории Н.В. Тимофеева-Ресовского, проанализирован им концептуально и в форме доклада по совокупности работ представлен к защите диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. В этой работе изложена квинтэссенция взглядов автора на новую область знаний, создана ее общая платформа и очерчен круг задач, которые и сегодня остаются актуальными. Их можно свести к изучению закономерностей миграции, распределения и биологического действия радиоактивных веществ в различных биогеоценозах (экосистемах), созданию научных основ прогнозирования последствий радиоактивного загрязнения biosферы, экологического нормирования этих загрязнений в компонентах природной среды и ослабления их вредных воздействий.

Осенью 1957 года в результате аварии на ПО «Маяк», названной впоследствии Кыштымской, в окружающую среду было выброшено около 74 ПБк радиоактивных веществ. На местности образовался радиоактивный след, получивший название Восточно-Уральского. Он представлял уникальный полигон

для проведения радиоэкологических исследований. С этой целью в 1958 году при непосредственном участии В.М. Клечковского была организована Опытная научно-исследовательская станция (ОНИС) химкомбината «Маяк». В.М. Клечковский оставался бессменным научным руководителем и координатором работ, проводившихся на опытной станции под грифом строгой секретности. Позднее, в 1974 году, за цикл радиоэкологических исследований группе ученых во главе с В.М. Клечковским была присуждена Государственная премия.

К сожалению, Н.В. Тимофееву-Ресовскому не было позволено возглавить работы по оценке последствий этой радиационной аварии. Николай Владимирович, переживший глубокое разочарование, с присущими ему фундаментальностью и размахом продолжал открытые работы по затронутой проблематике в стенах Института биологии УФАН СССР (г. Свердловск) и на биостанции «Миассово». Предвидя возможность глобальных масштабов загрязнения окружающей среды, он в общей проблеме воздействия атомной промышленности на биосферу выделяет три наиболее важных вопроса:

- изучение судьбы радионуклидов, попадающих в различные биогеоценозы, а именно путей и «размерностей» их миграции из центров загрязнений;
- изучение действия ионизирующих излучений на живые организмы;
- разработку различных мероприятий по борьбе с вредными радиоактивными загрязнениями.]

При этом он ясно показывает, что «вся проблема защиты биосферы и все вопросы по разработке частных мероприятий по охране природы являются проблемой биогеохимической. Для ее решения необходимо внедрять, особенно в промышленно-технические круги, современные представления о биосфере нашей планеты и о биогеохимических процессах».

Грандиозный биогеохимический круговорот веществ, в который включаются и поступающие в биосферу радионуклиды, обусловлен как взаимодействием живых организмов между собой и косыми компонентами среды, так и взаимодействиями между собой живых сообществ, более или менее самостоятельных объектов природной среды. Такими

объектами, согласно концепции об уровнях организации жизни, являются биогеоценозы — элементарные единицы современной биосферы. Выделив биогеоценотический уровень организации жизни, Н.В. Тимофеев-Ресовский со своими учениками провел цикл работ по количественной оценке распределения широкого спектра радионуклидов в компонентах природных биогеоценозов. Уже в тех работах была оценена роль лесной подстилки, надземной массы и корневых систем растений, особенностей самих радионуклидов в их судьбе в биогеоценозе. Увлеченность Николая Владимировича количественными исследованиями позволила ему несколько позднее развернуть работы в области математического моделирования радиационно-экологических процессов. Была поставлена и успешно решена задача уменьшения радиационного воздействия загрязненных биогеоценозов на человека путем изменения их структуры. Эти модели нашли дальнейшее развитие в сельскохозяйственной радиоэкологии и при описании глобальных процессов, возникающих в земной атмосфере при ядерных взрывах.

Такие взрывы при широкомасштабном испытании ядерного оружия в 60-х годах прошлого века привели к радиоактивному глобальному загрязнению компонентов наземных и водных экосистем. В исследовании природных систем, как бы дополняя редукционно-аналитический принцип, нашел широкое применение системный подход. Системный анализ исходит из того факта, что рассматриваемая совокупность объектов, обладая известной независимостью, определенным образом связана между собой. Эта связь может осуществляться, например, через геохимический поток веществ. С этой точки зрения Н.В. Тимофеев-Ресовский рассматривал миграцию веществ в цепях биогеоценозов как серию сопряженных процессов рассеяния и концентрирования их в организмах, почвах, водах, грунтах, атмосфере. В дальнейшем на этой основе были разработаны принципы и методы радиоэкологических ландшафтно-геохимических исследований. Они заключаются в выделении определенных участков ландшафта (водоразделы, склоны, речные долины, заболоченные понижения), локализующихся на сопряженных по стоку элементах рельефа, и выявлении путей и темпов мигра-

ции в них химических элементов и радионуклидов. С использованием системного ландшафтно-геохимического подхода были получены первые сведения об уровнях загрязнения почвенно-растительного покрова в пределах границ бывшего Советского Союза. Выявлены зоны рассеяния и вторичной аккумуляции радионуклидов в природной среде; оценено влияние локальных экологических условий на скорость миграции и поступление радионуклидов через пищевые цепочки в организм человека. Разработана методология исследований пресноводных экосистем и проведена количественная оценка распределения радионуклидов по их основным компонентам.

Накопление информации, свидетельствующей о специфических особенностях поведения радионуклидов в той или иной среде обитания живых организмов, обусловило процесс дифференциации радиоэкологии и формирования в ней целого ряда самостоятельных научных направлений: сельскохозяйственной, лесной, пресноводной, морской радиоэкологии. Каждое из этих направлений решает свои задачи и имеет свои особенности. На основе фундамента, заложенного Н.В. Тимофеевым-Ресовским, с использованием обширного экспериментального материала в 1970-х годах была сформулирована концепция континентальной радиоэкологии как радиоэкологии наземных экосистем и внутренних водоемов. При этом подчеркнуто, что природную среду нельзя рассматривать в качестве пассивного разбавителя радиоактивных загрязнений. Концентрации радионуклидов в отдельных звеньях экосистем могут оказаться весьма высокими. Так, многие гидробионы и представители низших растений аккумулируют в себе радионуклиды в количествах, превышающих их содержание в среде на порядки величин.

Фактически только после Чернобыльской аварии широкой научной общественности стали доступны ранее «закрытые» многочисленные результаты изучения загрязненных территорий Уральского региона. Была разработана «Государственная программа РФ по радиационной реабилитации Уральского региона», в разработке которой прини-

мал участие один из авторов статьи — А.В. Трапезников. В рамках программы были развернуты крупномасштабные радиоэкологические исследования на территории Свердловской, Челябинской и Курганской административных областей. В исследованиях принимали активное участие сотрудники Отдела континентальной радиоэкологии — преемника лаборатории, которой руководил Н.В. Тимофеев-Ресовский. Были верифицированы уровни содержания и с использованием математических моделей оценены интегральные запасы радионуклидов в компонентах наземных экосистем и пресноводных водоемов, испытывающих многолетний прессинг радиоактивного загрязнения. Особое значение имеют результаты изучения трансконтинентального переноса техногенных радионуклидов в пойменно-речных системах Обь-Иртышского бассейна.

Глобальный характер Чернобыльской аварии выяснил проблему, на которой был сконцентрирован творческий потенциал Н.В. Тимофеева-Ресовского — проблему «Биосфера и Человечество». Формулировка и исследование этой проблемы поставила Николая Владимировича в ряд великих представителей национальной естественно-исторической мысли. Современное человечество сталкивается с необходимостью строить свою деятельность с учетом параметров, определяющих стабильность биосфера в условиях эскалации техногенной нагрузки. На поддержание стабильности биосфера направлена Экологическая доктрина России, включающая «концептуальное положение о необходимости не только знать все болевые точки планеты, но и выработать стратегию международного трансрегионального сотрудничества в деле их системной защиты».

Н.В. Тимофеев-Ресовский создавал радиационную биогеоценологию как науку о закономерностях поведения радионуклидов в биосфере. Теперь задачи радиоэкологии органично вплетаются в сформулированную им глобальную проблему «Биосфера и Человечество». Ее приоритетность (биосферный императив поведения человечества) — главное научное завещание, оставленное нам великим ученым.