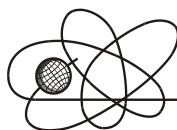




Российская Академия Наук

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**



ИБРАЭ

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**NUCLEAR SAFETY
INSTITUTE**

Препринт ИБРАЭ № IBRAE-2018-02

Preprint IBRAE-2018-02

Панченко С.В.

У ИСТОКОВ РАДИОЭКОЛОГИИ

Учебное пособие, часть 1-ая

Москва
2018

Moscow
2018

УДК 504.064: 621.039.7

Панченко С.В. У ИСТОКОВ РАДИОЭКОЛОГИИ. Учебное пособие, часть 1-ая. Препринт ИБРАЭ № 2018-02. Москва: ИБРАЭ РАН, 2018. — 36 с. — 32 экз.

Аннотация

В работе показано становление в России и СССР радиоэкологии, как самостоятельной научной дисциплины, выросшей в XX веке из радиобиологии и экологии. Изучение истории радиоэкологии в России и в мире приобретает особую значимость в связи с вопросами обеспечения радиационной и экологической безопасности предприятий атомной отрасли, нефтедобывающей промышленности и других отраслей, где применение радиоэкологического мониторинга является обязательным в деятельности предприятий. Данная работа написана как часть курса по радиоэкологии, который читается для студентов МФТИ на кафедре «Проблем безопасного развития современных энергетических технологий».

©ИБРАЭ РАН, 2018

Sergey Panchenko. IN THE ORIGINS OF RADIOECOLOGY. Preprint IBRAE 2018-02. Moscow: Nuclear Safety Institute, 2018. — 36 p.

Abstract

The development of radioecology in Russia and the USSR as an independent scientific discipline, which grew up in the 20th century from radiobiology and ecology is shown in this paper. The study of the history of radioecology in Russia and in the whole world acquires special significance in connection with the issues of ensuring radiation and environmental safety of nuclear industry enterprises, the oil industry and other industries where the application of radioecological monitoring is required for enterprises. This work is written as part of the course on radioecology, which is taught to students of the Moscow Institute of Physics and Technology at the Department of Problems of the Safe Development of Modern Energy Technologies.

©Nuclear Safety Institute, 2018

У истоков радиоэкологии

Учебное пособие, часть 1-ая

С.В. Панченко

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

115191, Москва, ул. Б. Тульская, 52

тел./факс: (495) 955-23-21, эл. почта: panch@ibrae.ac.ru

Содержание

Введение.....	3
1 Становление и этапы развития радиоэкологии.....	9
2 Роль аварий на формирование радиоэкологических школ.....	22
2.1 Авария на ядерном комплексе «Уиндскейл».....	22
2.2 Авария на ядерном комплексе ПО «Маяк».....	24
2.3 Морская радиоэкология.....	33
Заключение.....	34
Литература.....	34

Введение

Наука не существует помимо человека и есть его создание, как его созданием является слово, без которого не может быть науки. Находя правильности и законности в окружающем его мире, человек неизбежно сводит их к себе, к своему слову и к своему разуму. В научно выраженной истине всегда есть отражение — может быть, чрезвычайно большое, — духовной личности человека, его разума.

В.И. Вернадский

Можно ли установить хотя бы с относительной хронологической и географической точностью, когда и где возникла та или иная научная дисциплина? Ответ на этот вопрос в общем виде столь многозначен, что вряд ли сможет удовлетворить пытливого читателя. Одни научные дисциплины своими корнями уходят в самые глубинные пласты мировой культуры и для них ни даты, ни места рождения, по-видимому, никогда не будут установлены. Другие родились на глазах у наших современников (вроде кибернетики, математической лингвистики или молекулярной генетики). Вместе с тем даже новые научные направления часто подспудно желают выглядеть постарше. Историк науки, ищущий её культурные истоки, похож на географа, исследующего те участки реки, которые ещё не река (ручьи, болота, возвышенности и т. п.), но без которых её не было бы.

Если обратиться к истории науки вообще, то можно отметить следующие её характерные черты [1]:

- она жадно интегрирует опыт всей познавательной деятельности человечества, а также присваивает технические изобретения, практический опыт земледельцев, ремесленников, путешественников;
- она нуждается в определённой социально-политической обстановке, отстаивает своё «место под солнцем» в качестве особого фрагмента духовной культуры наряду с философией, теологией, технологией;
- она организует себя как социальный институт, требует общественного признания самой профессии учёного, предъявляет требования к системе образования и частично содержательно завладевает ею.

Все эти черты свойственны и каждой научной дисциплине в отдельности, хотя при этом имеются и некоторые свои отличительные свойства.

Но вернёмся все же к самому появлению новой научной дисциплины. Здесь, как и всюду, рождение любого научного направления неразрывно связано с наличием родителей, актом оплодотворения и периодом внутриутробного созревания, затем идёт период взросления, который заканчивается юридическим оформлением новой профессии, когда возникают университетские исследовательские лаборатории, привлекающие к своей работе студентов, а также начинают проводиться исследования, имеющие важное прикладное значение, и которые востребованы обществом.

Акт крещения научного направления, связанный с получением собственного имени, не всегда может совпадать с датой собственно рождения, но имеет для культуры в целом и для признания научного направления полноправным членом сообщества своё почти сакральное значение.

Наука представляет собой очень сложный и во многих отношениях противоречивый в своём эмпирическом бытии объект. Это относится и к историческому бытию науки, к её диахронному аспекту и к её синхронному бытию, имея в виду её современное состояние. Исторические формы бытия того, что именовалось и именуется «наукой», настолько разнообразны и настолько противоречат друг другу, что в рассуждениях самих учёных не поддаются простому эмпирическому обобщению.

Философы, рассматривая науку на исторической шкале времени, выделяют на поздних этапах развития следующие её типы:

1. Новоевропейская классическая наука, для которой свойственно сосредоточение на изучении отдельных процессов и явлений с тем, чтобы использовать впоследствии полученное знание о свойствах и законах этих процессов в технических и технологических целях. Её отличает не созерцательно-наблюдательный, а в своей основе экспериментальный характер, т. е. предметом науки должна быть не сама по себе природа в своей естественности и целомудренной объективности, а «вырванные» из природы искусственно созданные в лабораториях материальные системы. Гносеологические основания классической науки: объективные методы исследования, эксперимент, математическая модель объекта, дедуктивно-аксиоматический способ построения теории. Её социальные основания: дисциплинарная организация, создание научных и учебных заведений нового типа.
2. Неклассическая наука. Онтология неклассической науки: релятивизм, индетерминизм, массовость, системность, структурность, организованность, эволюционность систем и объектов. Гносеология неклассической науки: субъект-объектность научного знания, гипотетичность, вероятностный характер научных законов и теорий, частичная эмпирическая и теоретическая верифицируемость научного знания. Методология неклассической науки: отсутствие универсального научного метода, плюрализм научных методов и средств, интуиция, творческий конструктивизм.
3. Постнеклассическая наука, чей преимущественный предмет исследования сверхсложные системы, включающие человека в качестве существенного элемента своего функционирования и развития. Среди дисциплин этого направления — биология, экология, синергетика, глобалистика, науки о человеке.

Говоря о предмете научной дисциплины, необходимо определить сферу изучаемых явлений, характер решаемых задач. Иными словами, определить предмет науки — это значит задать границы данной научной области.

Как же определяется предмет радиоэкологии, которую, думается, можно отнести к постнеклассической науке? В различных справочных изданиях в определении названия дисциплины и её предмета можно уловить некоторые различия, преимущественно связанные с авторскими предпочтениями.

«Радиоэкология, раздел экологии, изучающий концентрацию и миграцию радиоактивных нуклидов в биосфере и влияние ионизирующих излучений на организмы, их популяции и сообщества — биоценозы. Элементы радиоэкологии содержатся в работах по биогеохимии радиоактивных веществ В. И. Вернадского (20-е гг. 20 в.), в монографии чешских учёных Ю. Стокласа и Ж. Пенкава "Биология радия и урана" (1932). Окончательно радиоэкология сформировалась к середине 50-х гг. 20 в. в связи с созданием атомной промышленности и экспериментальными взрывами ядерных бомб, вызвавшими глобальное загрязнение окружающей среды радионуклидами стронция, цезия, плутония, углерода и др.» [2].

Несколько по-иному звучит следующее определение: «Радиационная экология (от лат. radiation — излучение) — раздел экологии, изучающий влияние радиоактивных веществ (нуклидов) на организмы, распределение и миграцию нуклидов в ценоэко-системах (популяциях, биоценоотопической среде, особенно в почве, биоценозах)» [3].

Пожалуй, более точное определение можно найти на популярном сайте [4]:

«Радиационная экология или радиоэкология — наука, изучающая особенности существования живых организмов и их сообществ в условиях наличия естественных радионуклидов или техногенного радиоактивного загрязнения. Существует два важнейших направления в радиоэкологии — изучение поведения радионуклидов в экосистемах и их компонентах (почве, растительном покрове, сообществах животных) и воздействия ионизирующего излучения на биоту и человека.»

В самом деле, радиоэкология выросла из радиобиологии¹ — комплексной науки, изучающей действие ионизирующих и неионизирующих излучений на биологические объекты (вплоть до организменного уровня) и экологии — науки, изучающей организацию и функционирование организмов и надорганизменных систем различных уровней (популяций, биоценозов, экосистем и биосферы в целом). По существу радиоэкология изучает только один из факторов воздействия на живую материю. Одной из важных особенностей этого типа воздействия является возможность оказывать действие на мельчайшие кирпичики живого вещества, преодолевая многочисленные защитные барьеры созданные эволюцией. Но сфера радиоэкологии, отталкиваясь от изменений в отдельном организме, вызванных ионизирующим излучением, призвана наблюдать последствия, которые происходят, как минимум, на популяционном уровне. Эта её ветвь наиболее важная и глубокая, развивается достаточно медленно, т. к. требует от человечества больших усилий, которые пока очень дозированно тратятся. По всей вероятности углублённое развитие этого направления дело будущих поколений.



Александр Васильевич Пель
(1850-1908)

Одним из первых ученых России, определивших радиоактивность воздуха и почвы, был профессор медицинской химии Клинического института в Санкт-Петербурге А.В. Пель (1850-1908), обнаруживший радиоактивность почвы Царского Села [5, 6]. Пель отметил, что радиоактивные свойства воздуха и почвы Царского Села имеют большое санитарное значение, т. к., например, царскосельская вода обладает способностью умерщвлять холерные и тифозные микробы в довольно короткий срок, в то время как в невской воде они живут 5-6 дней². Кроме того, он заметил, что радиоактивность воздуха и почвы оказывает определенное влияние на рост растений, благодаря чему растительность Царского Села отличается от растительности его окрестностей.

Другая, более прикладная ветвь развития радиоэкологии связана с изучением миграции радиоактивного вещества в биосфере. Радиоактивные элементы в этом случае часто становятся не только предметом исследования, но и самим исследовательским инструментом. В этой связи нередко вспоминают историю открытия метода меченых атомов.

В 1911 году молодой венгерский студент Хевеши³ работал в Манчестере с радиоактивными материалами, а по причине бедности жил в общежитии. Со временем Хевеши начал подозревать, что в столовой общежития для приготовления еды использовали недоеденные остатки, порой довольно старые, судя по вкусу. Чтобы проверить свою гипотезу, он добавил к недоеденному блюду небольшое количество радиоактивных материалов. Через несколько дней, когда было выдано подобное блюдо, он взял образец и с помощью простого электроскопа подтвердил свои опасения — еда была радиоактивной.

¹ Рождение этой науки (1896) прочно связано с популяризацией X-лучей, открытие которых приписано К. Рентгену.

² Скорее всего, это происходило из-за того, что в невской воде было достаточно питательных для бактерий веществ, а в царскосельской воде их не хватало.

³ Дьёрдь де Хевеши (известен также как Георг Чарльз де Хевеши или Георг Карл фон Хевеши венг. Hevesy György, 1885-1966) — венгерский химик, почётный академик Венгерской АН, иностранный член Лондонского королевского общества (1939), лауреат Нобелевской премии по химии (1943), один из открывателей гафния.

Эта занятная история часто используется как пример исследовательской натуры учёного. Сам же Хевеши в то время был занят и более серьёзными работами в этой сфере, применяя радиоактивные трассеры для мечения свинца.

В 1913 г. совместно с Фридрихом Панетом (1887-1958) Хевеши предложил метод изотопных индикаторов (меченых атомов), и применение его для биологических исследований.

Эта ветвь научной дисциплины до настоящего времени остаётся основной, куда направлены главные исследовательские ресурсы. И вовсе не случайно, если взглянуть на определение радиоэкологии, например, в английской версии «**wikipedia**», можно прочесть следующее определение научной дисциплины [7]:

«Радиоэкология — направление экологии, которая изучает, как радиоактивные вещества взаимодействуют с природой; как различные механизмы влияют на миграцию веществ и внедрение в пищевые цепи и экосистемы. Исследования в области радиоэкологии могут включать в себя аспекты отбора проб на местах, разработку полевых и лабораторных экспериментов и развитие прогностических моделей моделирования».

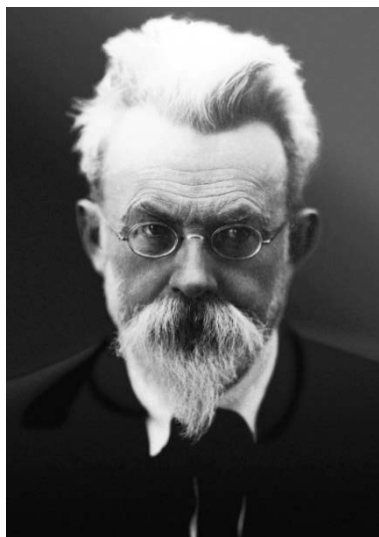


**Дёрль де Хевеши
(1885-1966)**

Т. е. уклон в практическую сторону вопроса здесь очевиден, вплоть до разработки методов отбора проб. До настоящего времени такой несколько утилитарный подход к предмету радиоэкологии встречается повсеместно, а вопросы экспериментального изучения воздействия ионизирующего излучения на живые существа остаются прерогативой радиобиологии.

Сложная проблема экологии — выяснение как один из факторов воздействия влияет на отдельную популяцию в её естественных условиях проживания или тем более на биоценоз в целом пока может обсуждаться более в теоретическом плане и в плане накопления экспериментальных фактов. Ниже мы коснемся этой проблемы в различных ее аспектах.

Собственно с изучения миграции радиоактивных материалов естественного происхождения, как полагает часть современных исследователей, и начиналась радиоэкология. Принципы радиоэкологии, по сути, были сформулированы В.И. Вернадским в 1920-х годах в его работе по биогеохимии радиоактивных веществ. Эти принципы во многом были основаны на работах отечественных подвижников, увлекшимся открытым явлением



**Владимир Иванович Вернадский
(1863-1945)**

радиоактивности.

Исследование радиоактивных минералов первым в России начал в 1900 г. проф. И.А. Антипов (1861-1911) [6, 8]. В Западной Сибири изучением радиоактивных минералов занялся с 1904 г. зав. Кафедрой химии Томского университета П.П. Орлов (1859-1937) [9].

Исследования радиоактивности грязей и вод минеральных источников сев. Кавказа начал проводить с 1904 г. проф. Московского университета А.П. Соколов (1854-1928). Необходимые материалы ему привозили в университет. Он автор первого "Руководства физическим практикумом" (1909), ставшим настольной книгой для студентов-физиков.

В 1904 и 1905 гг. проф. И.И. Боргман (1849-1914) и А.П. Соколов исследовали на радиоактивность Сакскую и Мойнакскую грязи [10, 11].

Работы предшественников на сев. Кавказе продолжил инженер-технолог Э.Э. Карстенс. Первые его исследования связаны с изучением радиоактивности Кавказских минеральных вод непосредственно у их выходов и бюветов. В 1907 г. им была определена радиоактивность 26 минеральных источников [12].

Большая работа по изучению радиоактивности воздуха, минеральных вод, почв, грязей, а также минералов и горных породы была проведена в Одесской радиологической лаборатории, созданной в марте 1910 г. при химическом отделе Одесского отделения Русского технического общества. Её бессменным руководителем был Е.С. Бурксер (1887-1965). С 1911 года лаборатория начала издавать сборник «Труды химической и радиологической лаборатории» [6].

В середине 20-х гг. в лаборатории начинаются работы биогеохимической направленности: «Область исследования живого вещества меня сейчас очень интересует, и несколько работающих у меня химиков по определению в нем Ra, Rb, Th, Y охотно вместе со мною будут работать под вашим руководством» — пишет Бурксер В.И. Вернадскому [13]. В 1927 г. Бурксер впервые дал количественное определение содержанию радия в живых организмах. Определение было сделано раньше и независимо от работы Всесоюзной Академии, где такие работы начались в 1926 г. в биогеохимическом отделе Комиссии Естественных Производительных Сил [14].

Здесь уместно вспомнить одного из учеников Владимира Ивановича — Василия Андреевича Бородавского (1887-1914)⁴. Прекрасное знание физики, химии и трех иностранных языков — французского, немецкого и английского — давало Бородавскому возможность читать в оригинале первые работы по радиоактивности, публиковавшиеся в Европейских журналах. Осенью 1907 г. приват-доцент Юрьевского университета В.А. Бородавский одним из первых в России начал вести курс лекций по радиоактивным веществам. Вскоре ему удалось посетить все известнейшие лаборатории Европы. Более полугода он проработал у сэра Дж. Томсона в Кавендишевской лаборатории Кембриджского университета, рядом с Э. Резерфордом, который весьма похвально отзывался о таланте русского химика. В 2011 г. Бородавский начал исследовать радиоактивные отбросы, полученные от «Ферганского общества для добычи редких металлов. Это было первое исследование радиоактивности отечественных руд. Август 1912 г. Бородавский провел на Урале, в Миассе, на золотых приисках, исследовал руду самарскитовую. Он планировал целый ряд систематических исследований радиоактивных минералов из русских месторождений. Результаты предполагал свести в докторскую диссертацию. Успел изучить только радиоактивные минералы из Ильменских месторождений. Ранняя смерть прервала эти исследования. Однако почти сразу же (в 1914 г.) началось под руководством Вернадского планомерное изучение различных месторождений на радиоактивность, которое и привело к созданию отечественного производства радиоактивных металлов.

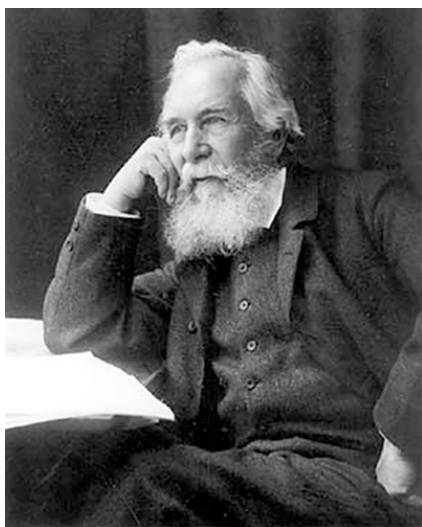
Чуть позже чешские учёные Стоклаза и Пенкава опубликовали в монографии "Биология радия и урана" результаты наблюдений за действием повышенного естественного радиационного фона на растительный покров в районе выхода на поверхность обогащённых естественными радионуклидами горных пород [15]. Эти пионерские работы во многом предвосхитили появление новой научной дисциплины.

В годы, предшествовавшие второй мировой войне, радиоэкологические исследования были ограничены работами по оценке миграции в окружающей среде урана, тория, радия и продуктов их распада с целью использования биогеохимического метода поиска урановых руд. К родоначальникам изучения запасов радиоактивных минералов в СССР можно отнести и академика А.Е. Ферсмана.

Конечно, радиоэкология не могла появиться сама по себе без участия и развития материнского направления экологии — науки, чьё рождение не привязано даже к конкретному веку⁵, но взросление и формирование как самостоятельного направления естествознания можно смело отнести к рубежу XIX и XX веков. Термин впервые появился в работе немецкого биолога Эрнста Геккеля в 1866 году в книге «Общая морфология организмов» («Generelle Morphologie der Organismen»).

⁴ По материалам Г.И. Грученко. Памяти В.А. Бородавского. Ж. «Химия» №40, 2003.

⁵ Идеи экологии в какой-то степени известны уже давно, и принципы экологии разрабатывались постепенно, тесно переплетаясь с развитием других биологических дисциплин. Таким образом, возможно, одним из первых экологов был Аристотель. В «Истории животных» он дал экологическую классификацию животных, писал о среде обитания, типе движения, местообитании, сезонной активности, общественной жизни, наличии убежищ, использовании голоса.



**Эрнст Гёнрих Филипп Август
Геккель (1834-1919)**

Экологи, называвшие себя биологами, в разных странах реализовывали многочисленные направления исследований, формулируя основные перспективы по экосистемной экологии. Среди таких направлений следует назвать концепцию Чарльза Элтона о нишах, трофических уровнях и пищевых цепочках, а также циклов (Elton, 1927) и определение экосистемы Артура Тенсли⁶ (1871-1955) с точки зрения взаимодействия растений и животных друг с другом и их абиотической средой [16].

В 1942 году Раймонд Линдеман (Raymond Laurel Lindeman (1915-1942) заложил основы экосистемной экологии. Его статья «Трофико-динамический аспект экологии» появилась спустя несколько месяцев после его смерти в возрасте 27 лет [17, 18]. В этой работе он рассмотрел концепции, представляющие интерес для экологов, включая сукцессии и трофические структуры сообществ, и интегрировал эти концепции с привлечением энергетической составляющей. Таким образом, он связал последовательные изменения в системе с производительностью трофических уровней и эффективностью передачи энергии между ними через пищу и дыхание.

До Линдемана экологи обычно рассматривали условия проживания различных видов в абиотической среде. Линдеман предложил, чтобы экосистему рассматривали через функциональные компоненты, при этом уменьшая сложность пищевых цепей, он сделал экосистемы поддающимися количественному физико-химическому анализу.

Это был шаг к единой экологии и шаг в сторону от взгляда на экологию, основанный на признании уникальности каждого вида. Кроме того, подчеркнув необходимость быстрой передачи питательных веществ между живыми и неживыми компонентами экосистемы, он подорвал различие между этими компонентами. Таким образом, главный онтологический смысл концепции Линдемана заключался в том, что экосистемы, как системы потоков и преобразования энергии, охватывают не только живые организмы, но и всю физическую материю в интересующей нас местности.

Линдеман написал свою статью в качестве аспиранта с Г. Эвелин Хатчинсон из Йельского университета, который также рассматривал подобные темы [19]. Благодаря изучению работ Виктора Гольдшмидта по геохимии и экспликации концепции биосферы Владимира Вернадского, Хатчинсон разработал теоретическое понимание «метаболизма» экосистем. В статье 1948 года он описал движение и накопление углерода в биосфере и фосфора в озерах. Он подчеркивал, что организмы повлияли на движение этих элементов; в свою очередь, их продуктивность частично определялась наличием этих веществ [20]. Он также разработал математические уравнения, описывающие рост и взаимодействие популяций.

Таковы были достижения в экологии к началу 50-х годов.



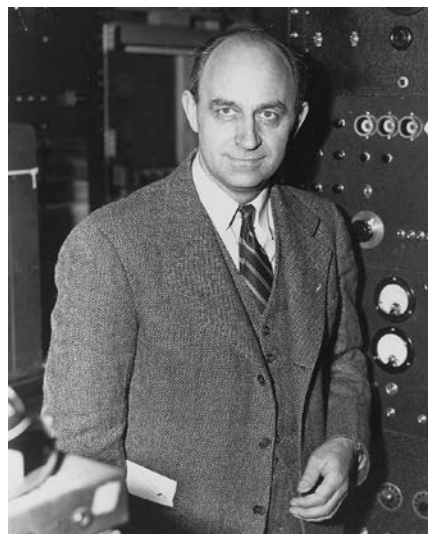
**Раймонд Линдеман
(1915-1942)**

⁶ Артур Тенсли — британский ботаник, считается одним из первых в мире экологов. В 1935 году в одной из публикаций он сделал важный шаг, увековечивший его имя в науке. В работе «Правильное и неправильное использование ботанических терминов» Тенсли ввел термин «экосистема». Так он обозначил совокупность организмов, обитающих в данном биотопе, которая, по его мнению, является именно системой, с её составными элементами, единой историей и со способностью к согласованному развитию.

1 Становление и этапы развития радиоэкологии

На то, что радиоактивные продукты, образующиеся при делении атомного ядра, могут представлять угрозу для человечества и оказывать воздействие на окружающую среду, обращал внимание ещё великий итальянский физик Энрико Ферми в 1944 г. Он говорил об этом, не запугивая, а лишь предупреждая человечество. Для него было характерно пристальное вглядывание в каждое физическое явление и, как умный человек, Ферми видел в нём разные стороны и разнообразные последствия.

Бурное, во многом стихийное, на первых порах достаточно закрытое для широкого обсуждения развитие новых естественнонаучных дисциплин, связанных с тайнами атомного ядра, носило зигзагообразный характер. Внимание к радиологическим последствиям бомбардировки японских городов Хиросима и Нагасаки способствовало созданию сначала (1947 г.) Комиссии по изучению жертв атомной бомбардировки — Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC), преобразованной позднее (1 апреля 1975 г.) в Исследовательский фонд изучения эффектов радиации — Radiation Effects Research Foundation (RERF). Многолетняя работа по созданию регистра, уточнению входных параметров для оценки дозовых нагрузок позволили оценить влияние острого облучения на человеческую популяцию. Полученные результаты легли в основу разработки как международных рекомендаций по нормированию радиационного воздействия, так и стали фундаментом для разработки национальных нормативов.



Энрико Ферми (1901-1954)

Рассмотрение радиационного воздействия на человеческую популяцию большинством исследователей не включают в предмет собственно радиоэкологии, видимо полагая, что это вид живёт исключительно в искусственных условиях, которые могут корректироваться по мере необходимости, тем самым маскируя эффекты отдельных факторов воздействия. Часть радиоэкологов примерно по той же причине исключают из предмета радиоэкологии и агроценозы, полагая, что этими направлениями должны заниматься специализированные институты. Вообще дробление (ветвление) молодой науки на некоторые самостоятельные дисциплины явление вполне нормальное. Однако при этом важно, чтобы развиваясь, эти направления не теряли связи с родительскими корнями.

Середина сороковых годов прошлого столетия — время зачатия радиоэкологии, как самостоятельной научной ветви. Лучшие умы в области естествознания начали осмысливать последствия ядерных испытаний, атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, возникшие радиоактивные загрязнения природных сред возле первенцев атомной индустрии в самом широком биосферном смысле. Эти явления ещё не были известны широким слоям общественности, но уже привлекали новые силы к их изучению на самых различных уровнях. Естественно, что такой интерес возник, прежде всего, в США и почти одновременно в Советском Союзе.

Поэтому далеко не случайно рядом расположены две знаменательные даты: 25 декабря 1946 г. — пуск под руководством И.В. Курчатова первого физического реактора Ф-1 и 27 декабря 1946 г. — подписание Министром земледелия СССР И.А. Бенедиктовым приказа № 24сс о создании Биофизической лаборатории (БФЛ) при Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (ТСХА) [21]. Идея создания БФЛ справедливо приписывается И.В. Курчатову. Определённый толчок для такого решения мог появиться из анализа информации, поступавшей по линии советской «атомной» разведки [22]. Сообщения о введшихся работах по локализации радиоактивного загрязнения вокруг атомных центров Манхэттенского проекта (Хэнфорд, Ок-Ридж, Саванна-Ривер) регулярно ложились на стол И.В. Курчатову, как научному руководителю атомной проблемы в целом.

В американский атомный проект были привлечены сотни учёных различной специализации, среди которых в частности, был и один из родоначальников радиационной генетики Г. Дж. Мёллер, приступивший в 1943 г. к работе как научный консультант. По окончании войны он принимал участие в работе Комиссии по атомной энергии США.



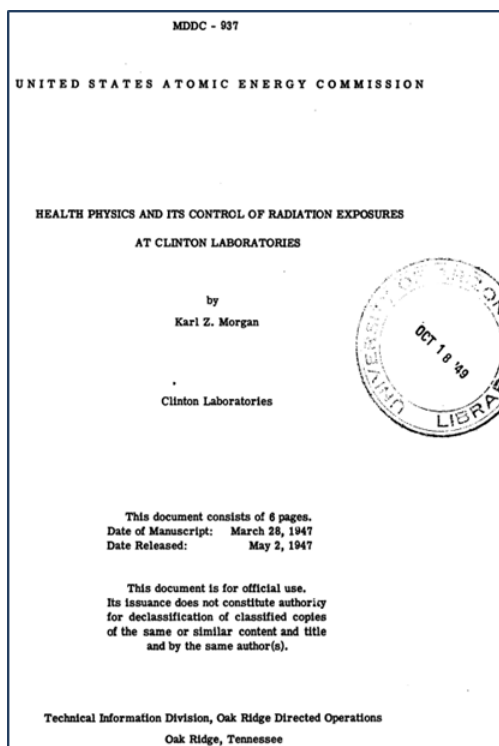
**Герман Джозеф Мёллер
(1890-1967)**

В 1946 г. Мёллеру была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине «за открытие появления мутаций под влиянием рентгеновского облучения». В Нобелевской лекции «Появление мутаций» («The Production of Mutations») Мёллер обобщил экспериментальную работу, которая с появлением атомного оружия приобретала новое и страшное значение. *«С увеличением использования атомной энергии, даже в мирных целях, — сказал он, — проблема обеспечения безопасности станет очень важной, поскольку человеческий зародышевый материал должен быть надёжно защищён от этого дополнительного и мощного источника постоянного загрязнения».*

В числе многих талантливых учёных пришедших в новую для себя область был и американский физик Карл Циглер Морган (Karl Z. Morgan, 1907-1999), которого нередко считают одним из основателей (отцом) той области, которую в США называют «радиационной физикой здоровья» (Health Physics), а у нас — «радиационной безопасностью». В конце 1943 г. Морган вошёл в Манхэттенский проект, в группу возглавляемую доктором Волланом (E.O. Wollan⁷, 1902-1984), которая должна была обеспечивать безопасность всех, соприкасавшихся с радиацией. В эту группу⁸ также вошли: англичанин Герберт Паркер⁹ (Herbert Parker, 1910-1984) и Карл Гамерсфельдер (Carl Gamertsfelder, 1913-1996). Чуть позже к ним добавились J.C. Hart, математик R.R. Coveyou, O.G. Landsverk и электронщик L.A. Pardue.



**Карл Циглер Морган
(1907-1999)**



Довольно быстро К.Ц. Морган был назначен директором отдела радиационной

безопасности при ORNL и оставался на этой должности до 1972 г. Он стал основателем и первым президентом Health Physics Society, а также он выступил в качестве основателя и главного редактора (с 1958 по 1977 г.) известного в мире журнала «Health Physics». С 1964 г. он первый президент Международной ассоциации по радиационной защите (IRPA).

Морган был среди тех, кто вслед за Мёллером верил, что нет безопасных уровней радиационного облучения. Одна из его первых публикаций легла в основу многих последующих рекомендаций МКРЗ [23]. Сам Карл Морган в 1950 г. становится главой II подкомитета МКРЗ «Допустимые дозы внутреннего облучения» и остаётся на этой должности до 1973 г. МКРЗ, возобновив свою работу после 2-ой Мировой войны в 1950 г., быстро достигла авторитета организации, определяющей мировую политику в области радиационной защиты. Мнение и влияние К.Ц. Моргана в МКРЗ были весьма весомыми, поскольку он

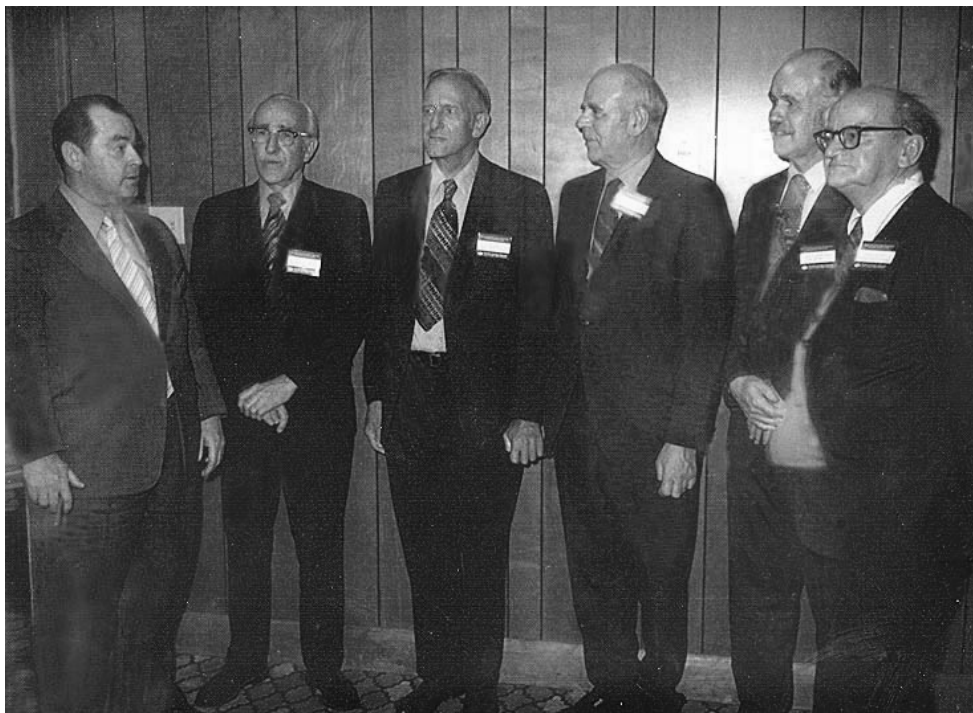
⁷ Е.О. Воллан изобрёл плёночные фотодозиметры.

⁸ Clinton Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, позднее Окриджская Национальная Лаборатория (ORNL).

⁹ Ввёл в обращение такие единицы как «физический эквивалент рентгена» (roentgen equivalent physical — rep), и биологический эквивалент рентгена (roentgen equivalent biological — reb), предвестников таких единиц измерения как «Грэй» и «Зиверт».

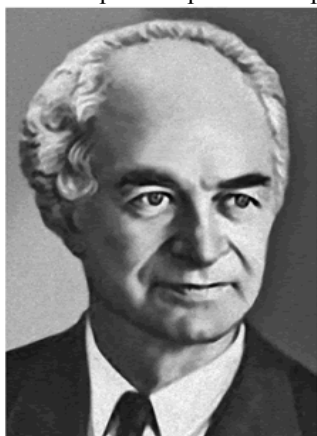
как никто другой, опирался на уже накопленный в промышленности опыт реализации принципов радиационной безопасности.

Паркер был инициатором наблюдений за распределением радионуклидов в окружающей среде. Он также был одним из первых учёных, который провёл количественные оценки последствий аварии на ядерном реакторе, представляя эпохальный документ по этому вопросу на первой Конференции Организации Объединённых Наций по мирному использованию атомной энергии в 1955 г. [24].



**Сотрудники Клинтонской лаборатории Oak Ridge, слева направо:
Jim Hurt, Ernest Wollan, K.Z. Morgan, Herb Parker, Carl Gamertsfelder and Bob Coveyou**

Среди тех, кто, основываясь на исследованиях Мёллера, убеждал в необходимости запрещения ядерных испытаний, был дважды лауреат Нобелевской премии Лайнус Карл Полинг (Linus Carl Pauling, 1901-1994). Он подписывал ходатайства, присоединился к организациям (таким как Чрезвычайный комитет учёных-атомщиков, возглавляемый Альбертом Эйнштейном, и Американский союз защиты гражданских свобод), и убедительно выступал против развития ядерного оружия. В марте 1954 года, после взрыва «грязной» термоядерной бомбы на атолле Бикини, Полинг снова был объектом новостных сообщений, когда он начал привлекать внимание общественности к международной опасности радиоактивных осадков в атмосфере. Полинг заявлял, что увеличение содержания радиоактивных изотопов в атмосфере не только опасно для проживания сейчас, но и для будущих поколений тоже.



**Лайнус Карл Полинг
(1901-1994)**

Но не только последствия Хиросимы или продукты ядерного взрыва в далёкой Полинезии могли представлять опасность. Внимание отдельных американских учёных было обращено и на американский континент. Испытания, проводившиеся на ядерном полигоне вызывали озабоченность о возможном неблагоприятном воздействии радиации на население, проживавшее на значительных расстояниях от места испытаний. Так в 1955 году известный американский генетик, создавший новую научную дисциплину — генетику соматических клеток, Теодор Пак (Th. Puck, 1916-2005) вместе с Реем Ланье сделал публичное заявление о том, что надземные испытания ядерного оружия в Неваде приводят к выпадениям радиоактивных осадков в Колорадо, что представляет угрозу для здоровья

населения. Уже тогда прозвучала красноречивая цитата Т. Пака: *“Наличие в воздухе радиоактивной пыли является угрозой, поскольку попадая в лёгкие, эта пыль может вступать в непосредственный контакт с живой тканью”* [25].

В течение всей своей карьеры Тед считал, что то, что мы делаем, как учёные занимает центральное место в человеческой деятельности. Он не только верил в это, он действовал согласно своим убеждениям, подтверждая их многократно, иногда со значительным риском для собственной карьеры и репутации. В 1955 г. Тед получил финансирование из Комиссии по Атомной Энергии (КАЭ), которая затем отклонила его проекты по исследованию вреда от радиации. В то же время губернатор Колорадо, Эдвин С. Johsson, заявлял, что Пак и Ланье *“должны быть арестованы”*, и что *“их заявления являются частью организованной кампании запугивания”* [26].

Его сподвижник Ланье (Ray Lanier, 1914-1958), ставший вскоре заведующим кафедры радиологии в Колорадском Университете, указывал на отсутствие какого-либо *“безопасного минимума, ниже которого опасность для отдельных лиц или их не рождённых потомков исчезает”*. Этому утверждению часто приписывают введение понятия, что не существует безопасного уровня облучения. В то время для такого утверждения не было никаких экспериментальных доказательств. И совсем не случайно биограф Пака Дэвид Паттерсон (David Patterson) пишет, что это было всего лишь пророческое заявление. Но оно было услышано многими, более того многие виднейшие генетики мира были убеждены, что это именно так, хотя доказательства и не были ещё получены. А если это так, то необходимо защищаться от дополнительного облучения и лучшая защита — не допускать глобального загрязнения планеты.



Теодор Пак (1916-2005)

О существование радиоактивной пыли в различных слоях земной атмосферы ученые узнали гораздо раньше, но все эти знания находились под гнетом большой секретности и не сразу стали достоянием общественности. Об одном эпизоде, взволновавшем ученых, рассказал в своей книге Р. Юнг: *«В конце августа 1949 г. с помощью самолета американских Военно-Воздушных сил «Би-29» с установленным на нем оборудованием — «летающей лабораторией» — было сделано волнующее открытие. Фотографии, полученные в полете где-то в просторах Дальнего Востока, показали отчетливые следы присутствия в атмосфере радиоактивных частиц. Помимо обычных нитевидных белых следов, получающихся на негативе от космических излучений, было видно много других, новых линий. Об этом столь необычном явлении немедленно сообщили в Вашингтон. Сразу же были отданы приказание провести исследования с помощью разведывательного самолета, оснащенного специальным оборудованием для обнаружения радиации. Всесторонний радиохимический анализ образцов дождевых капель, взятых из высоких облаков, а также микроскопических частиц пепла из самых высоких слоев атмосферы показал, что источником обнаруженной радиоактивности является атомный взрыв, произведенный где-то в Советской Азии»* [27].

Возникшую ситуацию в науке довольно точно охарактеризовал наш соотечественник А.М. Кузин: *«На первое место выдвигается проблема изучения тотального облучения высших организмов, проблема защиты организмов от вредного действия ионизирующей радиации, создание теоретических основ профилактики и лечения лучевой болезни. Возникает необходимость установления точных количественных закономерностей зависимости между биологическими проявлениями действия ионизирующей радиации и дозой, мощностью облучения, энергией элементарных частиц и видом радиации»* [28].

Среди перечисленных проблем особое внимание радиобиологов привлекает изучение первичных и начальных физико-химических процессов в облучённом организме и, в связи с расширением масштабов испытания ядерного оружия, радиоэкологическая проблема **глобального изменения радиационного фона**.

Отметим, что среди тех, кто из научного мира прикасался к проблемам радиационной безопасности в 40-х и 50-х годах 20-го века, превалировало мнение, что ионизирующее излучение любой силы может быть опасно для жизненных структур. Такой взгляд укрепился и у многих советских радиобиологов и радиоэкологов. Так Г.Г. Поликарпов считал, что *“адаптация живых существ и их сообществ к*

различным условиям решается совершенно иначе, когда рассматривается биологическое действие ионизирующих излучений” [29]. Он полагал, что различные действующие внешние факторы (физической или химической природы) обладают порогом реакций, ниже которого эффектов нет, в то время как “действие же радиоактивных веществ не имеет порога, т. е. биологическое действие продолжают оказывать даже очень малые дозы”. При этом рассматривались только негативные явления обусловленные радиацией, приводящие к вырождению и угнетению различных видов.

Вернёмся вновь к истокам. Но сначала зададимся вопросом: а о каких исследованиях, и о каких лабораториях говорилось в тех секретных записках, что ложились на стол И.В. Курчатову? Наверное, когда-нибудь, мы будем знать это точно. Но в целом картина и так ясна.

Например, в ядерном центре Хэнфорд в штате Вашингтон довольно рано внимание местных учёных было приковано к радиоактивным сбросам в реку Колумбия. В частности изучалось накопление радионуклидов в местной рыбе, особенно это касалось таких изотопов как ^{32}P и ^{65}Zn . Именно об этом был их доклад на первой сессии НКДАР ООН в 1955 г. [30].

Сбросы радиоактивности в р. Колумбия начались в сентябре 1944 года, когда заработал первый реактор по наработке плутония 100-B, расположенный вверх по течению реки на 384 мили выше устья реки. В декабре того же года заработал реактор 100-D реактор, а в феврале 1945 года — реактор 100-F. С 1949 г. по 1955 г. было пущено ещё 5 реакторов по наработке плутония. В 1944 г. заработал и первый завод по обогащению плутония, а в 1945 г. второй завод.

Все восемь реакторов использовали воду реки Колумбия, которая проходила очистку и некоторую химическую обработку, перед тем как поступить на охлаждение урановых стержней. За 1-2 секунды пройдя через сердцевину реактора, она нагревалась до температуры более 100 С и сливалась в специальные бассейны, где остывала и происходил распад короткоживущих радионуклидов. Затем вода с помощью системы водосброса сливалась обратно в реку.

Стаффорд Уоррен (Stafford Leak Warren, 1896-1981), медицинский директор Манхэттенского инженерного округа, поставил вопрос о возможном воздействии проекта «Плутоний» на реку Колумбия через несколько месяцев после принятия решения о размещении заводов в Хэнфорде. В том же 1943 году, когда началось строительство, Лаборатории прикладного рыболовства Вашингтонского университета в Сиэтле было дано указание изучить влияние рентгеновских лучей на развитие лосося, а затем форели. Эти исследования были вскоре прерваны необходимостью исследовать судьбу сточных вод Хэнфорда и оценить возможные последствия, для этого Ричард Фостер с группой специалистов были переведены из Сиэтла в Хэнфорд [31].

Эта исследовательская группа, работающая на реке Колумбия и в северной пустынной части Большого бассейна, приступила к исследованию двух проблемных задач:

- воздействие на мальков различных концентраций сточных вод и возможные биологические эффекты;
- поглощение и удержание сточных вод донными отложениями и биотой.

К 1946 году исследования показали, что рыболовные ресурсы реки Колумбия несильно подвергались опасности с завода по производству плутония и что реальная радиационная опасность для людей, использовавших реку или для рыб, отсутствовала [32]. Фактически, технологические химикаты в выходящем потоке из реактора (бихромат натрия) оказывали большую потенциальную токсичность для водной жизни, чем сбросы радионуклидов и, в конечном итоге, оказались основной токсической опасностью для обитателей водной среды.

Решая эти задачи, ученые количественно оценили поглощение радионуклидов, в частности ^{32}P и ^{65}Zn в популяциях рыб реки Колумбия, а также других съедобных морских видах, таких как устрицы, моллюски и ракообразные в океанских водах у устья реки Колумбия. На первой Международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве в 1955 году Фостер и Дэвис обобщили опыт исследовательских работ по водной биоте [30].

В 1946 г. в щитовидной железе овец, пасущихся недалеко от Хэнфорда, обнаруживаются радиоактивные изотопы йода, однако это не становится достоянием общественности [33].

Другими словами, фактически с пуска заводов в Хэнфорде, а позднее и в Ок-Ридже велось наблюдение не только за величиной сбросов и выбросов непосредственно с заводов, но исследовалось загрязнение водной и наземной биоты. Но публичную известность эти работы получили только в 1955 г.

Несмотря на все предосторожности американских властей подобная информация, минуя широкую американскую общественность, поступала в разведывательное управление Советского Союза. А оттуда к узкому кругу специалистов, которые могли бы разобраться в этих данных и их значимости.

Выбор Тимирязевской сельскохозяйственной академии, как места расположения будущей секретной лаборатории, вероятнее всего был сделан главой атомного Спецкомитета Л.П. Берия (1899-1953), у которого ещё до войны жена была аспиранткой на кафедре агрохимии у академика Д.Н. Прянишникова. К этому времени Н.Т. Берия стала кандидатом наук. Сам Дмитрий Николаевич пользовался большим авторитетом не только в научном мире, но и в высших партийных кругах. На должность руководителя этой лаборатории патриарх отечественной агрохимии Д.Н. Прянишников (1865-1948) рекомендовал успешного доцента кафедры агрохимии, имевшего склонность к математическим и физическим наукам, Всеволода Маврикиевича Ключковского (1900-1972). Среди первых сотрудников этой лаборатории была и кандидат с/х наук — Нина Теймуразовна Берия (1905-1991).



**Всеволод
Маврикиевич Ключковский
(1900-1972)**



**Дмитрий Дмитриевич
Иваненко (1904-1994)**

При назначении В.М. Ключковского учитывалась его склонность к математическим и физическим методам исследования. Об имеющимся опыте работы с радиоактивными веществами говорит представленная 2 апреля 1947 г. академиком Д.Н. Прянишниковым статья В.М. Ключковского и Д.Д. Иваненко с сотрудниками о распределении фосфора в органах растения [34]. В этой статье радиоактивный изотоп ^{32}P использовался как метка. Соавторство с одним из выдающихся физиков XX века Дмитрием Дмитриевичем Иваненко (1904-1994) далеко не случайно, хотя именно в этот период (1944-1948 гг.) Иваненко был зав. кафедрой физики Тимирязевской сельскохозяйственной академии и возможно являлся одним из претендентов на руководителя новой лаборатории. Однако, непростая биография выдающегося теоретика, а возможно и напряжённые отношения с И.В. Курчатовым, склонили чашу весов в пользу Всеволода Маврикиевича.

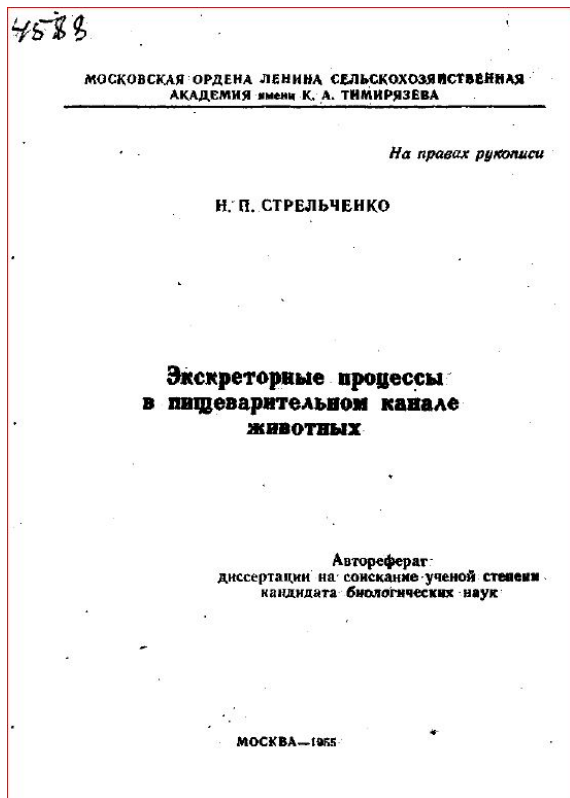
Основные направления исследований в первое десятилетие после создания БФЛ были сосредоточены на [21]:

1. Почвенная химия радиоактивных продуктов ядерного деления применение метода радиоактивных индикаторов в агрохимических исследованиях. Руководитель — В.М. Ключковский.
2. Изучение поведения радиоактивных продуктов деления в системе почва-растение. Руководитель — И.В. Гулякин.
3. Действие на растения излучений от внешних источников и от инкорпорированных радиоизотопов — элементов питания растений. Руководитель — А.Г. Шестаков.
4. Разработка методов измерения радиоактивности. Конструирование аппаратуры. Руководители — А.С. Завельский (до 1949) и С.П. Целищев.

Чуть позднее в 1950 г. при кафедре физиологии и биохимии животных ТСХА была создана исследовательская группа по изучению поведения радиоактивных продуктов ядерного деления в животном организме (физиология метаболизма, накопление в организме и поступление в продукцию животноводства, приёмы, снижающие накопление). В эту группу входили молодые специалисты Б.Н. Анненков (1927 г.р.), К.А. Колдаева (1906 г.р.), Н.П. Стрельченко, Г.В. Филатов. Руководителем группы стал заведующий кафедрой профессор Викторов Константин Рафаилович (1878-1958) — основатель казанской школы физиологии сельскохозяйственных животных.



**Константин Рафаилович
Викторов (1878-1958)**



Все исследования, так же как и в США, начинались практически с нуля и из-за отсутствия практических навыков работы с радиоактивными веществами, методической базы и полного отсутствия радиометрической и дозиметрической аппаратуры. Весь необходимый инструментарий исследований пришлось разрабатывать и создавать самим. До 1956 г. все работы с продуктами деления имели высокий гриф секретности и поэтому в отечественной литературе упоминаний о них нет. Да и систематические публикации зарубежных авторов начали появляться лишь с 1953 г. Тем не менее, следы таких исследований можно найти, например, в диссертационных работах. Так в 1955 г. защищает кандидатскую диссертацию Н.П. Стрельченко, в которой рассматриваются вопросы экскреции ^{32}P и ^{45}Ca у животных.

Первые отечественные публикации появились в 1956 г., после частичного снятия грифа секретности. Небольшой ротاپринтный сборник под редакцией В.М. Клечковского «О поведении радиоактивных продуктов деления в почвах, их поступления в растения и накопления в урожае» [35] ознаменовал публичное рождение новой дисциплины. В этой фундаментальной работе В.М. Клечковским был сформулирован вывод, который по образному

выражению Р.М. Алексахина, стал парадигмой сельскохозяйственной радиоэкологии применительно к радиационным авариям и событиям, сопровождаемым загрязнением сельхозугодий. Суть его в том, что при радиоактивном загрязнении сельскохозяйственной продукции приматом негативного воздействия является не поражение растений и животных, а загрязнение кормов и продукции, потребляемой человеком. Роль и значение этого, безусловно, верного вывода со временем трансформировалась в умах не только отечественных, но и зарубежных учёных в более широкое умозаключение, ставшее на определённое время парадигмой всей радиоэкологии: **Защищён человек, — защищена и вся природа.** Под знаменем этого вывода направление многих исследований замыкалось на оценке воздействия на человека.

К числу первых отечественных практических работ можно отнести обширное обследование в 1955 г. бассейна реки Течи, которое позволило оценить радиоэкологическую обстановку на территории, подверженной в течение ряда лет радиоактивным сбросам с химкомбината «Маяк» и предложить ряд рекомендаций по использованию загрязнённых территорий. В этих работах принимали участие от БФЛ: А.В. Егоров («микрощеф» экспедиции), В.В. Саевич, Л.Н. Соколова, а от кафедры физиологии и биохимии животных ТСХА: Б.Н. Анненков, К.А. Колдаева, Г.В. Филатов [21]. Общее руководство экспедициями Минздрава СССР осуществлял сотрудник Института биофизики МЗ СССР профессор Александр Николаевич Марей [36].

Под его же руководством экспедиция ИБФ в составе Ф.К. Лёвочкина, Ю.М. Саурова, Е.И. Орловой, В.Е. Ефремова, Л.Н. Смиренного в 1956 г. оценивала уровни загрязнения объектов окружающей среды от места сброса радиоактивных веществ в реку Течу до г. Тобольска (рис. 1) [37].

По существу, это было первое отечественное региональное радиозоологическое исследование.



Рисунок 1. Схема работ по радиозоологическому обследованию бассейнов р. Теча и р. Тобол [37]



Юджин Одум (1913-2002)

Институт экологии, позже переименованный в его честь.

В первые годы научная работа проводилась в основном за счёт энтузиазма исследователей, поскольку финансирование было весьма незначительным. Только в 1955 г. Университет штата Джорджии нанял доктора Роберта Норриса в качестве первого эколога на полный рабочий день для проведения исследований в окрестностях атомного предприятия Саванна-Ривер.

А первым директором Лаборатории радиационной экологии стал в 1962 г. Франк Голлей (Dr. Frank B. Golley).

Ю. Одум и предложил именовать новую научную дисциплину — «*радиоэкологией*». Одновременно в том же 1956 году независимо от американского коллеги советские учёные А.М. Кузин и А.А. Передельский также вводят в научный оборот термин — «*радиоэкология*» [38].

В этот же период на другом континенте правительство США, озабоченное высказываниями учёных об опасности радиационного фактора, привлекает для оценки состояния окружающей среды вокруг своих ядерных предприятий в Южной Каролине одного из пионеров системных экологических исследований — Юджина Одума (Eugene Pleasants Odum, 1913-2002). Ю.Одум начинает активно сотрудничать с Комиссией по атомной энергии США (U.S. Atomic Energy Commission — АЕС) с 1951 г.

В 50-ые годы Ю. Одум активно привлекает аспирантов и преподавателей Университета в штате Джорджия (University of Georgia), в котором работал и сам, для полевых работ. На базе таких работ при университете вырастает экологическая лаборатория «Саванна-Ривер» (Savannah River Ecology Laboratory (SREL), 1951), а чуть позже Морской институт с исследовательской базой на острове Сапело (Sapelo) и



**Dr. Frank B. Golley
(1930-2006)**

Таким образом, середина 50-х годов 20-го века стала колыбелью радиэкологии.

Эта новая научная дисциплина, не имеющая соответствующих аналогов вроде термозологии, фотозологии, магнитозологии и т.п., должна была по смыслу быть лишь частным или прикладным разделом экологии [39]. Однако на деле она развивалась порою даже несколько энергичнее, чем материнские науки: радиобиология и экология. Вероятнее всего это тесно связано с мощным развитием атомных технологий и их ролью, нередко выходящей за пределы чисто технического прогресса, в развитии современной цивилизации. Между тем, некоторые исследователи рассматривают радиэкологию как часть радиобиологии, замыкающей её «сверху», на уровне популяций и сообществ и предлагают считать синонимами «радиэкологию» и «экологическую радиобиологию» [29]. Вполне соглашаясь с подобным мнением, отметим, что последний термин не нашёл широкого распространения.

Исследования, выполненные в 50-х годах, обнаружили новые необычные радионуклиды в атмосфере, почве, продуктах питания, в теле человека, создавая общее и локальное повышенные дозы облучения живых организмов. Вековая относительная устойчивость окружающего естественного радиоактивного фона оказалась нарушенной. Человечество впервые осознанно столкнулось с таким явлением. Ничего не было известно ни о размерах растущего облучения, ни тем более о последствиях. Однако уже первые наблюдения вызвали озабоченность среди ученых. Им стало ясно, что взрывы ядерного оружия, производимые в районах, удаленных от населенных мест, изменяют уровни радиоактивности во всех точках земного шара. Следовательно, возникновение войны с массовым применением ядерных бомб, где бы она ни происходила, будет иметь последствия, возможно, губительные для человечества, для жизни на Земле.

Резонансным событием, получившим широкую международную огласку, стало испытание термоядерной бомбы на атолле Бикини 28 февраля 1954 года. Этот взрыв (первый из 8 запланированных в марте-мае 1954 г. общей мощностью около 48 Мт) под кодовым названием «Кастл Браво» (англ. Castle Bravo) был наземным и его мощность взрыва в 2,5 раза превысила расчётную и составила 15 Мт, из которых 5 выделилось от реакции синтеза и 10^{10} от деления урановой оболочки, окружавшей термоядерный заряд, т. е. взрывное устройство оказалось трёхступенчатым, по принципу деление – синтез – деление [40, 41].

Больше всего всех взволновал отравляющий эффект нового снаряда, который проявился в последующие дни в дождях над Японией, в смазочном масле индийского самолета, в ветрах над Австралией, в небе над Соединенными Штатами и даже в небе Европы. Новейшие «адские бомбы», как это было видно из сообщений, делали опасным воздух, которым мы дышим, воду, которую мы пьем, и еду, которую мы едим. Они угрожали здоровью каждого человека, где бы он ни жил.

Грибовидное облако взрыва быстро поднялось на огромную высоту. Уже через минуту оно достигло высоты 15 км, а через 6 минут — 40 км. Наибольшего размера оно достигло спустя 8 минут после взрыва. Диаметр «шляпки гриба» составил около 100 км, толщина «ножки» — 7 км. После взрыва в грунте атолла и соседних участках морского дна образовалась гигантская воронка диаметром около 1,8 км, которая, заполнившись водой, сильно изменила очертания атолла Бикини [43]. Радиоактивное заражение местности после испытания «Кастл Браво» было крайне высоким, с учётом того, что взрыв произошёл на уровне поверхности и привёл к сильной наведённой радиоактивности. Как подчёркивают американские источники, это стало самым тяжёлым случаем радиоактивного заражения во всей истории американской ядерной деятельности [43]. Основную роль в радиоактивном заражении сыграло деление урановой оболочки термоядерного заряда, сработавшей как третья ступень взрыва. Выброс такого радионуклида как ^{137}Cs составил около 53 ПБк [42], что более чем в 2 раза превышает суммарный выброс при аварии на японской АЭС Фукусима-Дайичи. Выброс же ^{131}I составил ≈ 38000 ПБк, что более чем в 20 раз превышает выброс при аварии на ЧАЭС.

¹⁰ В более поздних оценках мощность за счет деления составляла 9 Мт [42].



Взрыв на атолле Бикини, первые секунды [43]

Радиоактивная пыль, выпавшая из облака взрыва, осыпала находившееся в 170 км от Бикини японское рыболовное судно «Фукурю-Мару¹¹». Слой пыли на палубе траулера достиг 1 см. «Счастливого дракона» пришёл в Японию только 14 марта. Груз рыбы, оказавшийся радиоактивным, был тут же изъят. Заражение вызвало сильную лучевую болезнь у всех членов команды, которые получили дозу облучения около 300 Р (3 Гр) каждый и стали тяжёлыми инвалидами, а радист судна Айкики Кубояма через полгода умер. Инцидент с японским судном и, в частности, смерть Кубоямы стали поводом для массовых антиядерных демонстраций и других протестных акций как в Японии, так и во всём мире. Это привело к существенному пересмотру оценок радиационных последствий ядерного взрыва, которые прежде недооценивались [44].

От шутки Резерфорда в духе *«какой-нибудь дурак в лаборатории может ненароком взорвать вселенную»* до первого впечатления ученых, присутствующих на испытаниях нового оружия, прошло совсем мало времени. И это были одни и те же люди, хорошо знавшие Эрнеста Резерфорда. По воспоминаниям Р. Юнга, в его книге *«Ярче тысячи солнц»* есть красноречивое резюме: *«Таким образом, итог тысяч индивидуальных действий, в основе которых лежало высокое представление о совести, привёл в конце концов к акту коллективного пренебрежения совестью, ужасающему по своим масштабам»*. События, развернувшиеся в период создания термоядерной бомбы и особенно после испытаний в Полинезии тройной бомбы («FFF» — Fission-Fusion-Fission), положили начало тому, что позднее стало важным элементом глобализма.

Адмирал Страусс (Lewis Lichtenstein Strauss, 1896-1974), естественно, не терял времени. Учёные КАЭ (Комиссия по атомной энергии), объявил он, считают преувеличением, что распространившаяся радиоактивность опасна для жизни, где бы то ни было [27].

С критикой Страусса выступил известный американский генетик, специалист по вопросам наследственности А.Х. Стартевант (Sturtevant Алфред Генри, 1891-1970). Он писал: *«Нельзя отделаться от вывода о том, что уже взорванные бомбы приведут, в конечном счете, к появлению многочисленных дефективных индивидуумов при условии, если род человеческий просуществует ещё достаточно поколений... Я сожалею, что должностное лицо, положение которого обязывает к ответственности, позволило себе утверждать, что не существует биологической опасности от малых доз радиоактивности высокой энергии»*.

¹¹ Счастливого дракон.

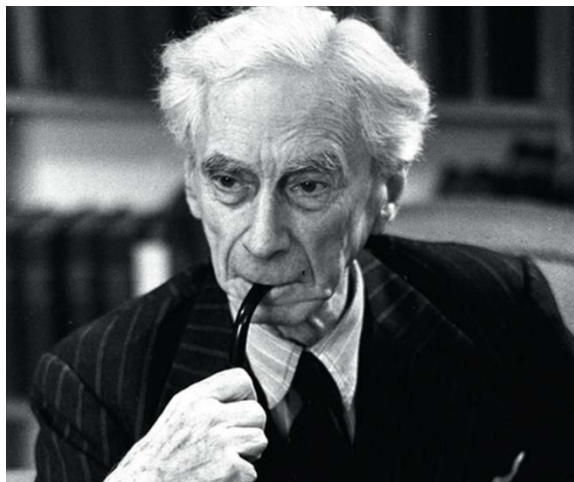
Немного позднее он же заявил в публичном выступлении, что, вероятно, 1800 детей, рожденных в 1954 г., уже поражены высокой радиоактивностью. Тогда же известный американский зоолог Курт Штерн (1902-1981) объявил: *«Уже сейчас каждый в мире носит в своем теле малые количества радиоактивных веществ, появляющихся в результате испытаний водородных бомб, — радиоактивного стронция в костях и зубах и радиоактивного йода в щитовидных железах».*

Между «успокаивающими» и «встревоженными» завязался спор, который мог продолжаться годами, поскольку наиболее опасные последствия увеличения радиоактивности, возросшей в результате испытаний, а именно, влияние на потомство, не могли быть точно оценены наукой.

С протестом против испытаний термоядерного оружия на атолле выступил знаменитый английский математик и философ Бертран Рассел (Bertrand Arthur William Russell, 3rd Earl Russell, 1872-1970).

Лучшие умы мира, вложившие много труда в исследование тайн строения атома, теперь, когда их самые смелые мечты были осуществлены, с ужасом увидели, что их открытия направлены против человечества, сеют страх, несут разрушения и гибель.

Широкую известность получил манифест Рассела — Эйнштейна [45], предупреждавший мир о нависшей над человечеством опасности от возможного использования атомной энергии в военных целях. 9 июля 1955 г. лорд Бертран Рассел огласил в Лондоне Манифест Рассела — Эйнштейна. Его подписали:



Бертран Рассел (1872-1970), фото 1951 г.

- Макс Борн, профессор теоретической физики в Берлине, Франкфурте и Геттингене, естественной философии в Эдинбурге, лауреат Нобелевской премии по физике;
- Перси У. Бриджмен, профессор Гарвардского университета, лауреат Нобелевской премии по физике;
- Альберт Эйнштейн, лауреат Нобелевской премии по физике;
- Леопольд Инфельд, профессор теоретической физики Варшавского университета;
- Фредерик Жолио Кюри, профессор физики, лауреат Нобелевской премии по химии;
- Герман Мёллер, профессор зоологии Университета штата Индиана, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине;
- Лайнус Поллинг, профессор химии Калифорнийского технологического института, лауреат Нобелевской премии по химии;
- Сесил Пауэлл, профессор физики Бристольского университета, лауреат Нобелевской премии по физике;
- Джозеф Ротблат, профессор физики Лондонского университета;
- лорд Бертран Рассел, лауреат Нобелевской премии по литературе;
- Хидеки Юкава, профессор теоретической физики Университета в Киото, лауреат Нобелевской премии по физике.

Авторы — крупнейшие естествоиспытатели Европы и США — заявили о трагическом положении, в котором оказалось человечество после того, как достижения науки стали использоваться для создания оружия массового уничтожения. Они выступили, по их собственному утверждению, как представители человеческого рода из-за опасностей, которые нависли над ним. Они заявили: *“Мир полон конфликтов; и все второстепенные конфликты отступают перед титанической борьбой между коммунизмом и антикоммунизмом. Почти каждый человек, который остро чувствует политическую обстановку, по-своему глубоко взволнован той или иной проблемой; но мы хотим, чтобы вы, если это возможно, отбросили эти чувства и рассматривали себя только как представителей одного биологического вида,*

имеющего замечательную историю развития; вида, исчезновения которого никто из нас не может желать” [45].

"В трагической ситуации, вставшей перед человечеством, — начинался этот манифест, — мы чувствуем, что ученые должны встретиться, чтобы оценить ту опасность, которая возникла в результате создания оружия массового разрушения... Мы говорим об этом не как представители той или иной нации, континента, вероучения, а как люди, представители человечества... Мы хотим научиться думать по-новому. Мы хотим спросить себя, не какие шаги нужно предпринять, чтобы обеспечить военную победу одной стороны над другой, а какие шаги необходимы, чтобы предупредить войну, несущую гибель обеим сторонам! ..."

Этот призыв уже витал в воздухе. В этой связи поучительна сама постановка вопроса о гибели всей биосферы.

В 20-м веке однажды такой вопрос уже был поставлен перед американским физиком, членом Национальной академии наук США, русского происхождения Грегори Брейтом (англ. Gregory Breit, Григорий Альфредович Брейт-Шнайдер, 1899-1981). Летом 1942 г. в Беркли уже началось обсуждение проблем, связанных с созданием термоядерной бомбы. На зеленых лужайках Университета в ходе таких дискуссий Теллер¹², который в течение нескольких лет работал над изучением термоядерных реакций в звездах, указал на возможность осуществления реакции синтеза как логически последующего шага после создания бомбы, основанной на реакции деления. Но тогда же появились предположения, что термоядерные процессы, раз начавшись в результате взрыва бомбы, могли распространиться на атмосферу и воды земного шара. Неудержимая цепная реакция, порожденная супербомбой, могла в короткое время превратить весь земной шар в пылающую звезду. Изучение этой чудовищной идеи сначала поручили двум физикам-теоретикам Эмилю Конопински и Клойд Марвину. Оба они пришли к успокоительному ответу, но никого не убедили. Вот тогда за окончательным решением и обратились к Грегори Брейту. Довольно значительное время, в течение которого вся тяжесть ответственности за судьбы Земли и ее обитателей лежала на узких профессорских плечах, он считал и размышлял дни и ночи. Закончив, в конце концов, свои вычисления, он доказал, что вторжение в легкие элементы земли реакций, вызванных в термоядерной бомбе, невозможно ни при каких обстоятельствах, что это противоречило бы основным законам природы [27].

Конечно, политики не могли не услышать опасений за всю земную цивилизацию, и начали делать ответные шаги, которые бы демонстрировали миру их озабоченность. Еще 8 декабря 1953 г. президент США Д. Эйзенхауэр произнес перед Генеральной ассамблеей ООН речь, в которой содержались два конкретных предложения. Первое предложение — созвать международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (она состоялась в 1955 г. в Женеве). Второе предложение — организовать под эгидой ООН Международное агентство по атомной энергии (29 июля 1957 году в соответствии с решением Генеральной Ассамблеи ООН было образовано МАГАТЭ).

В противовес мощным арсеналам ядерного оружия и расширяющимися масштабами его испытания учёные разных специальностей (но прежде всего физики и генетики) все острее поднимают вопросы о глобальной безопасности от повышенной радиации. Истоки будущего глобализма¹³ гнездились и в этой обеспокоенности учёных. В 1955 г. создаётся специальный Научный комитет по изучению действия атомной радиации при ООН (НКДАР). В результате своей деятельности НКДАР собрал и обобщил огромный фактический материал по поражающему действию атомной радиации на человека. На основе этого материала в радиобиологии сложилась «парадигма», согласно которой в любых дозах **«атомная радиация вредна и только вредна для живых организмов»**. Эта парадигма вызрела ещё в 40-ые годы. В ней отражены: и теоретические попытки радиобиологов разгадать известный парадокс, и настороженное отношение к новому фактору воздействия научных корифеев, и желание проникнуть в новые тайны природы, которое наталкивалось на необходимость обоснования очень крупных ассигнований в эту новую область. Следует отметить, что отношение к новому ядерному оружию и к новым факторам воздействия резко поляризовалось в общественном сознании.

¹² Эдвард Теллер (Edward Teller; 1908-2003) — американский физик-теоретик венгерского происхождения, широко известный как «отец водородной бомбы».

¹³ Здесь этот термин понимается максимально широко, а не только как внешнеполитическая доктрина — прародительница современной идеологии информационно-финансового глобализма, отцом которой считают советника президента США Вильсона Эдуарда Хауза.

Вот как описывает бывший государственный секретарь США Д. Ачесон встречу между Р. Оппенгеймером, возглавлявшим в 1939-1945 гг. работы по созданию атомной бомбы, и президентом США Г. Трумэнном, которая состоялась после атомной бомбардировки городов Японии. «Как-то раз, — вспоминает Д. Ачесон, — я сопровождал Оппи (Оппенгеймера) к Трумэну. Оппи ломал себе пальцы, говоря: *«У меня руки в крови»*. Позднее Трумэн сказал мне: *«Больше не приводите ко мне этого дурака. Бомбу сбросил не он. Я сбросил бомбу. Меня тошнит от такой слезливости»*. Тем не менее, спустя 10 лет корифеи науки заставили правительства ведущих держав услышать их голос.

Эмоциональное отношение к острым проблемам, затрагивающим интересы большого числа людей, да ещё подкреплённое авторитетами учёных, способно найти мощные общественные отклики. И, конечно, опора на общественные движения стала одним из факторов, способствующих развитию радиоэкологии. Однако для самих учёных ещё со времён Древней Греции наука понималась как сознательное, целенаправленное исследование природы с ярко выраженным обоснованием гипотезы или полученного эмпирического знания. Коротко говоря, современная наука — это особый вид знания, это знание с его обоснованием. Обоснованность лежит зачастую вне озарения, почти всегда это длительная и тяжёлая работа, для выполнения которой необходимо создание вполне определённых условий. Понимание и желание найти опору в естественнонаучной обоснованности выводов — важнейший стимул для исследователя.

Гуманитарный аспект проблемы был весьма значителен и какое-то время господствовал. В июне 1961 года Полинг и его жена созвали конференцию в Осло (Норвегия) против распространения ядерного оружия. В сентябре того же года, несмотря на обращения к Н.С. Хрущёву, СССР возобновил испытания ядерного оружия в атмосфере, а на следующий год, в марте, это сделали США. Полинг также составил проект предлагаемого договора о запрещении таких испытаний. В июле 1963 года США, СССР и Великобритания подписали договор о запрещении ядерных испытаний, в основе которого лежал этот проект. Позднее Полингу была присуждена Международная Ленинская премии «За укрепление мира между народами» (1970). Стоит напомнить, что это имя было все же не очень популярно в СССР — ещё в июне 1951 года на Всесоюзной конференции по состоянию теории химического состава органической химии резонансная теория Полинга и теория мезомерии Ингольда были объявлены буржуазными и лженаучными и «хвост» такого отношения к учёному протянулся на годы вперёд.

СССР также стремился к запрету ядерных испытаний, во многом потому, что ядерная гонка не позволяла решать вопросы экономического соревнования двух систем. Достаточно вспомнить достаточно политизированную статью А.Д. Сахарова «Радиоактивный углерод ядерных взрывов и непороговые биологические эффекты» [46]. По мнению зарубежных авторов Сахаров неоднократно сообщал Н.С. Хрущёву своё мнение о необходимости прекращения ядерных испытаний, но, согласно его воспоминаниям, Хрущёв резко отвечал ему, что учёные должны заниматься разработкой оружия, а руководство будет решать, что с ним делать [47]. Этот ответ убедил А.Д. Сахарова в том, что действовать через официальные каналы бесполезно.

Ядерные испытания, а затем две крупные радиационные аварии, произошедшие почти одновременно в СССР и западном мире, словно подталкивали разные слои общества все больше обращать внимание на относительно новый и уж точно малопонятный фактор воздействия и на человека и на всю окружающую среду. В этих условиях формирование негативного, в чем-то даже мистически ужасного образа радиации становилось все более привлекательным и для средств массовой информации. Такое представление находило поддержку и у части политических кругов, которые были заинтересованы в наращивании вооружений и сохранении режима напряжённости в мире.

Широкое международное обсуждение вопросов радиобиологии на Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии дало начало новому, современному этапу развития радиобиологии и в значительной степени радиоэкологии. При Организации Объединённых Наций были созданы специальные комитеты по сбору и обсуждению всей научной информации о действии ионизирующей радиации на организм человека, о путях противолучевой защиты и одновременно по загрязнению объектов окружающей среды, путях миграции радионуклидов по биологическим цепочкам. Первым представителем СССР в ООН по вопросам радиобиологии был академик АМН СССР А.В. Лебединский (1955-1958).

МАГАТЭ было создано 29 июля 1957 г. как независимая международная организация в рамках ООН. Первым постоянным представителем от СССР в МАГАТЭ был начальник Главного управления по

использованию атомной энергии при Совете Министров СССР, профессор, член-корреспондент АН СССР Василий Семёнович Емельянов.

В 1962 г. в Советском Союзе был учрежден специальный Научный Совет АН СССР по проблемам радиобиологии, координировавший фундаментальные исследования, направленные на решение практических задач, в том числе медицинских. Первым председателем Научного Совета был А.В. Лебединский¹⁴, а с 1964 г. Советом руководил А.М. Кузин¹⁵. Создание и деятельность Научного Совета сыграли большую роль в развитии отечественной радиобиологии и объединении сил, так как к участию в нем были привлечены ведущие радиобиологи страны, работающие не только в системе АН СССР, но и из других ведомств.

2 Роль аварий на формирование радиозэкологических школ

Зарождение радиозэкологических школ, как было показано выше, произошло в США и СССР с небольшим интервалом, и было связано с разработкой атомного оружия и началом гонки вооружений, наработкой плутония, образованием большого количества радиоактивных отходов, часть из которых (пока не были отработаны технологии их утилизации) попадала в окружающую среду и распространялась далеко за пределы атомных комплексов. В этот период перед учеными стояло две задачи: одна из них, которую выполняли вместе с государственными службами, состояла в том, чтобы не допустить утечки информации о новых атомных технологиях. Вторая задача, хотя и тесно связанная с первой, была чисто радиозэкологической — изучение миграции новых радиоактивных веществ в окружающей среде, их накопление в различных организмах, возможные радиозэкологические последствия для биоты и человека. В первую очередь предстояло разработать новый инструментарий для измерений и проведения исследований с новыми веществами, попадающими в окружающую среду. Последующая организация радиационного мониторинга также была делом абсолютно новым, требующим приложения немалых исследовательских сил.

Помимо того, что многие промышленные реакторы были прямоточными, и радиоактивные вещества лишь с небольшой выдержкой попадали непосредственно в объекты окружающей среды, освоение новых сложнейших технологий в тяжелейших условиях политического давления неминуемо приводило к большим и маленьким авариям. Аварии не только увеличивали количество образующихся радиоактивных отходов, но и создавали дополнительные угрозы загрязнения окружающей среды вне контролируемых зон. Такое положение дел заставляло правительства уделять внимание проблемам загрязнения окружающей среды. Первые аварийные ситуации были связаны в большей мере с переоблучением персонала и загрязнениями в пределах размещения атомных предприятий и фактически не касались вопросов защиты населения. Две аварии 1957 года, последствия которых распространялись существенно шире территорий, занимаемых предприятиями, в значительной степени способствовали развитию радиозэкологических исследований. Вопросы радиационной безопасности и охраны окружающей среды по-новому зазвучали после этих двух во многом разных по своим последствиям радиационных инцидентов. Общее у них было одно: правительства обеих стран делало все возможное, чтобы информация об авариях осталась известна лишь узкому кругу специалистов. Получилось это далеко не одинаково в Великобритании и Советском Союзе.

2.1 Авария на ядерном комплексе «Уиндскейл»

Авария на ядерном комплексе «Уиндскейл» (Windscale), позже мотивированно переименованным в «Селлафилд» (Sellafield) произошла 10-11 октября 1957 г.

¹⁴ Лебединский Андрей Владимирович (1902-1965) — физиолог и биофизик, академик АМН СССР (1960), генерал-майор медицинской службы (1949).

¹⁵ Александр Михайлович Кузин (1906-1999) — советский биофизик и радиобиолог. Член-корреспондент АН СССР (1960).



Комплекс заводов Селлафилда (фото с сайта: <https://www.google.ru>)

Комплекс реакторов и радиохимических заводов Уинскейла, расположенный на северо-западном побережье Англии, на берегу Ирландского моря, был нацелен на производство и выделение плутония из ОЯТ. Он начал свою производственную деятельность в 1951 г. В этот период сбросы и выбросы официально не публиковались. Характерно отношение тогдашнего премьер-министра Клемента Ричарда Этли (Klement Richard Attly): он настаивал на том, чтобы было как можно меньше информации о деятельности комплекса, в том числе о выбросах и сбросах в море [48]. Тем не менее, физик Джон Данстер (John Dunster¹⁶, 1922-2006) из Британского агентства по атомной энергии (УКАЕА), назначенный ответственным за радиационную безопасность, руководил экспериментами по оценке рассеяния радионуклидов в сбросах и выбросах предприятия [49]. При этом проводились измерения по загрязнённости почвы, растительности и водной биоты различными радионуклидами.

Возгорание одного из реакторов привело к двум мощным выбросам радиоактивности в атмосферу. Первый произошёл из-за воспламенения природного урана в активной зоне реактора, а второй — при попытке потушить пламя водой. Через день после пожара власти приостановили поставку молока с 17 ферм округа, в тот же день британский Совет медицинских исследований (MRC) установил допустимую концентрация ¹³¹I в молоке на уровне 3700 Бк/л. Предполагалось, что запрет на потребление молока затронет территорию примерно в 500 км².

Интегрированные во времени концентрации ¹³¹I в воздухе по территории Англии были приведены в работе [50]. Максимальные концентрации зарегистрированы вокруг реактора и составляли 29,6 Бк·сут·м⁻³, а на юге Англии (удаление около 400 км от реактора) максимальные концентрации изменялись от 10 до 15,7 Бк·сут·м⁻³. Максимально измеренная концентрация ¹³¹I в пробе молока взятой 13 октября 1957 на ферме в 16 км от Уиндскейла, расположенной непосредственно на пути следования

¹⁶ Данстер почти всю свою профессиональную жизнь занимался вопросами радиологической защиты. Публичное боевое крещение его состоялось при аварии на Уиндскейле в октябре 1957 года, когда в результате выбросов йода-131 потребовалось создание широкомасштабной программы мониторинга молока и разработка радиологических критериев для защиты населения. Он являлся долгие годы заместителем директора в Национальном совете по радиологической защите Великобритании (NRPB), а затем заместителем генерального директора по здравоохранению и безопасности. Джон вернулся в NRPB в качестве директора с 1982 по 1987 гг. Тогда он снова очутился в центре принятия решений по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году. Он впервые стал членом МКРЗ Комитет в 1959 году. Джон вошёл в состав Главной комиссия в 1977 году и вместе со своими друзьями и единомышленниками (Bo Lindell и Dan Beninson) стал доминировать в развитие философии радиологической защиты. Он был основным автором Публикации 60 МКРЗ. В 1997 году он был избран почётным членом МКРЗ.

радиоактивного облака, составила 51800 Бк/л [51]. Около 3 миллионов литров молока было вылито в океан. В результате таких защитных мер максимальные дозы на ЩЖ ребёнка (по данным прямых измерений содержания ^{131}I в критическом органе) оценены в 0,16 Гр, а на ЩЖ взрослого человека из населения — 0,04 Гр.

Несмотря на все попытки правительства замолчать возможные последствия аварии, сведения о ней проникли в печать. И примерно через год английская делегация представила Программу послеварийного мониторинга и защитных мероприятий на вторую Международную конференцию Организации Объединённых Наций по мирному использованию атомной энергии, состоявшейся в Женеве в 1-13 сентября 1958 г. На этой конференции Д. Данстер совместно с коллегами из промышленной группы NRPB подготовил специальный доклад. Ротапринтное издание этого доклада было подготовлено через 50 лет при содействии Организации Объединённых Наций и миссис Роуз Данстер, вдовы г-на Х. Джона Данстера и опубликовано в Journal of Radiological Protection № 27 за 2007 год [52].

Доклад не затрагивал технических аспектов аварии, а касался лишь последствий вне ядерного комплекса, которые к тому времени из-за распада ^{131}I были полностью преодолены. Но эти последствия были представлены в докладе ярко и во всей полноте, став образцом для последующих исследований (рис. 2).



Figure 2. Portable milk monitor

а)

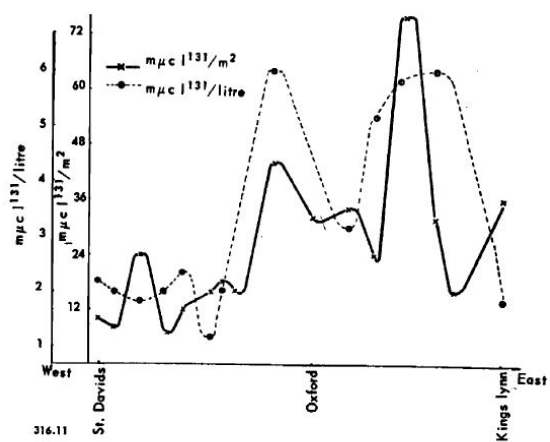


Figure 11. Grass and milk ^{131}I activities on arc 3

б)

Рисунок 2. Иллюстрации из доклада [52]: а) портативное измерение активности молока на фермах; б) концентрация ^{131}I в траве и молоке на расстоянии 200 миль от реактора по дуге: St. Davids-Oxford-Kings Lynn, на которой было отобрано 42 пробы

Несмотря на серьезность аварии и радиоактивное загрязнение территории ряда стран, серьезного всплеска радиэкологических исследований не последовало и говорить о том, что эта авария послужила созданию новой школы, было бы преждевременно. Можно лишь отметить, что при Комиссариате по атомной энергии и альтернативным источникам энергии (СЕА) во Франции создается экологическая группа [53].

2.2 Авария на ядерном комплексе ПО «Маяк»

За несколько дней до аварии на английском реакторе (29 сентября 1957 г.) произошла радиационная авария на производственном объединении «Маяк» с выбросом радиоактивных веществ в атмосферу. Непосредственной причиной радиационной аварии 1957 г. явился химический взрыв хранящихся высокоактивных жидких радиоактивных отходов радиохимического производства. В отличие от ядерных взрывов и аварий на реакторных установках в смеси выброшенных в атмосферу радионуклидов практически отсутствовали те, у которых период полураспада был менее 1 месяца. Это обстоятельство предопределило длительный характер радиационных последствий, которые оказались очень серьезными. И, хотя они не привели к человеческим жертвам непосредственно в момент взрыва и не обусловили позже появления доказанных радиационных поражений и повышения смертности у населения, тем не

менее, они потребовали осуществления крупномасштабных мер по их ликвидации и радиационной защите населения. Уже в первые дни потребовалась эвакуация жителей (примерно 600 человек [54]) из ряда населённых пунктов и введение существенных ограничительных мер на значительной территории [55, 56]. На обширной территории (около 23 000 км²) с уровнями загрязнения по ⁹⁰Sr более 3,7 кБк/м² оказалось 217 населённых пунктов с численностью населения примерно 270 тыс. человек.



Здание первого реактора Аннушка

Советскому правительству удалось обеспечить режим секретности относительно технических деталей аварии и ликвидации последствий от широкой общественности на долгие годы. Но одновременно пришлось пойти на создание новых, специальных

исследовательских лабораторий медицинского и радиоэкологического уклона. Факт самой аварии был строго засекречен вплоть до 1989 г., поэтому многие полученные материалы исследований увидели свет гораздо позже полученных в них выводов и без конкретных привязок

В 1958 г Минздрав РФ организует Челябинский филиал Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены МЗ РСФСР (ЧФ ЛНИИРГ), первым руководителем которого становится Игорь Климентьевич Дибобес (1930 г.р.).

В том же году Правительство приняло решение о создании Опытной научно-исследовательской биогеоэкологической станции при предприятии почтовый ящик 21 (приказ по Министерству среднего машиностроения СССР № 0261 от 28 апреля 1958 г.). Датой рождения ОНИС следует считать 27 мая 1958 г., когда появился соответствующий приказ № 150 по предприятию п/я 21 об организации Опытной станции (ОНИС). Первым директором ОНИС был назначен по совместительству начальник Центральной заводской



**Игорь Климентьевич Дибобес
(1930 г.р.)**



**Николай Андреевич Корнеев
(1923 г.р.)**

лаборатории ПО «МАЯК» Глеб Аркадьевич Середа (1916-1990), работавший в своё время в лаборатории «Б» на озере Сунгуль вместе с Тимофеевым-Ресовским, а впоследствии организовавший Институты экспериментальной метеорологии и атомной энергетики в г. Обнинске. Научным руководителем был назначен В.М. Клечковский [57]. Научное ядро станции сформировалось преимущественно из молодых выпускников сельскохозяйственных вузов, биолого-почвенного факультета МГУ, физтеха Уральского политехнического института, а также специалистов, перешедших на работу в ОНИС с предприятия. В мае 1959 директором ОНИС был назначен Николай Андреевич Корнеев (1923 г.р.), а его заместителем — Е. А. Фёдоров. Н.А. Корнеев в 1969 был переведён в Москву, и директором ОНИС стал Е.А. Федоров, который оставался на этой должности до своей смерти в 1987 г. Последним директором ОНИС был Геннадий Николаевич Романов. Просуществовав в качестве самостоятельной научной организации 40 лет, ОНИС в 1998 г. вошла в состав Центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) ФГУП «ПО «Маяк».

К концу 1958 года на станции было пять лабораторий: агрономическая, гидробиологическая, почвенно-биоценологическая, физико-дозиметрическая, химическая и большая полевая сельскохозяйственная группа. Всего в ОНИС трудилось 211 человек.

Опытную станцию разместили в посёлке Метлино, в 15 километрах от Озёрска, на бывшей территориально-производственной и жилой базе совхоза №2, ликвидированного к 1958 году из-за радиоактивного загрязнения его земель и повышенной радиационной опасности для населения посёлка.

Основными научными задачами, поставленными перед станцией, являлись [58]:

- изучение миграции радиоактивных веществ в условиях радиоактивного загрязнения территории;
- изучение накопления радиоактивных веществ в сельскохозяйственных продуктах;
- агротехнические приёмы снижения накопления радиоактивных веществ в растениях;
- разработка рекомендаций по сельскохозяйственному использованию загрязнённой территории;
- изучение генетических последствий воздействия повышенного фона радиации на животных и растениях в условиях радиоактивного загрязнения территории.

Эти задачи охватывали широкий спектр проблем, и поэтому в исследованиях, развёрнутых в 1958-59 годах на базе Опытной станции участвовало более 10 академических и ведомственных научно-исследовательских институтов. Большую роль в научном становлении станции сыграли исследовательские организации других ведомств: экспедиции Института прикладной геофизики, биофизической лаборатории Тимирязевской академии, биолого-почвенного факультета МГУ, специалисты Центральной заводской лаборатории предприятия.

Весной 1958 г. Министерство сельского хозяйства РСФСР командировало на Южный Урал сотрудников Республиканской ветеринарной лаборатории А.П. Поваляева (1930 г.р.) и И.Я. Панченко для оценки сложившейся в результате аварии ситуации. По их докладу в марте 1959 г. было принято решение об организации Комплексной научно-исследовательской сельскохозяйственной радиологической лаборатории, а А.П. Поваляев был назначен её директором [59].

Вспоминает Алексей Пантелеймонович Поваляев [60]:

Из деревни Большие Аллаки позвонил в Москву ветеринарный врач. Он просил прислать человека, который помог бы разобраться с животными, которые больны чем-то странным. Приехал сотрудник Всесоюзного Института экспериментальной ветеринарии по фамилии Серёда, вполне грамотный специалист-радиолог. Привёз прибор ИМА (индикатор медленных атомов), и обнаружил загрязнение. А доярки ему пожаловались, что бык на коров совсем не реагирует. Подойдёт — и отворачивается. Серёда, человек от ветеринарной практики далекий, сделал вывод: бык получил лучевую болезнь и стал импотентом. Когда слово «импотенция» было сказано, люди заволновались, особенно начальники. «Если у быка импотенция, что будет с нами?» Дело пошло в облздрав, и дальше в Минздрав и в Минсельхоз. В Минздраве была заместителем Министра Г.М. Николаева, а у неё работал инспектором врач И.К. Дибобес, с которым мы потом в Челябинске работали. Дибобес рассказывал, что было дальше. Звонит Николаева главному врачу комбината «Маяк» Бурназю:

- Аветик Игнатьвич, что там у вас произошло?

- Ничего не произошло. Галина Михайловна, не беспокойтесь.

- Но Вы отвечаете за территорию комбината, а я — за территорию России, я — врач РСФСР. Поэтому сообщите мне, что на моей территории произошло.

После некоторого сопротивления Бурназян вынужден был допустить на место событий работников Николаевой. Из Ленинградского Института радиационной гигиены поехала туда в конце февраля — в марте 1958 года экспедиция, и, конечно, обнаружила хорошо видимый след взрыва в хранилище жидких радиоактивных отходов. После того все и началось. Меня вытащили из



**Алексей
Пантелеймонович Поваляев
(1930 г.р.), фото 1978 г.**

Минсельхоза. Я тогда в радиологии абсолютно ничего не понимал. Единственное, в диссертации было у меня два случая с меченым кальцием, поскольку я занимался минеральным обменом. Но начальник сказал: езжайте, остальные и того не знают. А, кроме того, у меня был допуск первой категории, поскольку я работал в своё время в подсобном хозяйстве ЦК Партии.

Эти лаборатории и новые научные направления возникли не на пустом месте и во главе их встали, благодаря разным обстоятельствам не только крупные учёные, но и талантливые молодые исследователи, сумевшие дать развитие новым дисциплинам, и создавшим научные школы, развивающиеся до настоящего времени.

Опыт работы сотрудников БФЛ ТСХА оказался в этих условиях весьма востребованным. Среди первых печатных работ в области отечественной радиоэкологии заметным явлением стал выпуск в 1957 г. 3-го номера журнала «Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии», который кратко подводил итоги 10 летней работы БФЛ [61]. В обзорной статье к номеру В.М. Ключковский провидчески писал:

“В настоящее время перед агрономией встала серьёзная задача выяснить закономерности, определяющие судьбу радиоактивных продуктов деления тяжёлых ядер при их вовлечении в круговорот веществ в сельском хозяйстве. Изучение этих закономерностей необходимо для разработки и научного обоснования защитных мероприятий, которые могли бы предотвратить нежелательные последствия накопления радиоактивных веществ в сельскохозяйственных продуктах”.

Этот номер был подписан в сентябре 1957 г., за несколько дней до крупнейшей радиационной аварии на химкомбинате «Маяк».

Летом же 1957 г. к 10-летию юбилею БФЛ И.В. Курчатова приглашает к себе в Институт атомной энергии В.М. Ключковского и С.П. Целищева для обстоятельного обсуждения по программе исследований в сельскохозяйственной сфере в связи с подготовкой специального Постановления Совета Министров СССР о расширении работ по мирному использованию атомной энергии. В вышедшем вскоре Постановлении Совмина предусматривалось строительство лабораторных помещений на территориях научных учреждений разной ведомственной принадлежности: АН СССР, Минздрава, Минсельхоза СССР. Авария на «Маяке» и ряд других обстоятельств изменили эти планы.

В формировании отечественной школы радиоэкологов принимали участие сотрудники ещё одной организации, которая появилась до аварии. В 1955 году в Челябинске был организован Диспансер № 1 МЗ СССР для обследования и лечения людей, облучившихся на реке Теча. В 1962 г. на базе ЧФ ЛНИИРГ, диспансера № 1 и комплексной сельскохозяйственной радиологической лаборатории организован филиал № 4 Института биофизики МЗ СССР (ФИБ-4) для решения проблемы безопасного проживания населения в условиях радиоактивного загрязнения. С момента образования ФИБ-4 и до 1967 г. её возглавлял И.К. Дибобес. С 1967 по 1990 годы директором ФИБ-4 являлся профессор В.Л. Шведов. С 1990 г. директором ФИБ-4, а затем Уральского научно-практического центра радиационной медицины (УНПЦ РМ) по настоящее время является доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации А.В. Аклеев.

Вскоре после аварии в лаборатории животноводства Л.А. Булдаковым в ноябре — декабре 1958 г. были организованы длительные (от нескольких месяцев до 1,5 лет) опыты на овцах, которым перорально вводили ежедневно ^{90}Sr ^{137}Cs ^{144}Ce [36]. Целью этих экспериментов было “...установление эффективных периодов полувыведения и кратности накопления в отдельных критических органах” и влияние указанных радионуклидов “...на изменение клеточного состава крови у овец и ягнят, рождённых этими овцами в первом поколении” [62]. Впоследствии часть полученных материалов вошли в его монографию «Радиоактивные вещества и человек» [65]. Полученные в те годы результаты не потеряли своей актуальности до настоящего времени.

Непосредственное руководство по решению вопросов ведения животноводства на загрязнённых радионуклидами территориях было поручено Б.Н. Анненкову, чья лаборатория токсикологии вошла первоначально в состав Филиала № 1 при ИБФ МЗ СССР.

Несколько позже начались исследования и в дикой природе. Здесь следует отметить группу сотрудников из Института морфологии животных (ИМЖ) им. А.Н. Северцова АН СССР¹⁷, которые значительное время проводили в экспедициях, собирая уникальный материал. В силу секретности, которая хотя и немного ослабла после отстранения Н.С. Хрущева от власти и заката эры Т.Д. Лысенко в биологии, все еще сохранялась относительно этой аварии и ее последствий, многочисленные публикации по справедливому замечанию Ж. Медведева, отличались недосказанностью относительно принятых в науке стандартов, а порою содержали, возможно, и вынужденную фальсификацию [66]. Результаты этих экспериментальных работ будут нами рассмотрены в другом месте, здесь же упомянем наиболее видных исследователей, внесших значительный вклад в развитие отечественной радиоэкологической школы.



**Андрей Иванович Ильенко
(1925-1999)**

Среди них — Ильенко Андрей Иванович (1925-1999), окончивший кафедру зоологии позвоночных биолого-почвенного факультета МГУ и вскоре после защиты диссертации ставший зав. лабораторий радиоэкологии ИЭМЭЖ им. А.Н. Северцова. А.И. Ильенко считается основоположником радиоэкологии пресноводных рыб, птиц и диких млекопитающих, им разработана теория о степени контакта популяций оседлых и мигрирующих животных с загрязненной территории. Труды доктора биологических наук А.И. Ильенко по праву можно считать «золотым фондом» отечественной экологии.

Большой вклад внес и Дмитрий Александрович Кривоуцкий (1939-2004) — российский зоолог и эколог, один из создателей новых направлений в биогеографии и радиоэкологии. Область научных интересов Д.А. Кривоуцкого: общая и радиационная экология, биология и биогеография почв, акарология. Он изучил экологические последствия радиоактивных загрязнений, их экологическое нормирование; биоиндикацию качества природной среды; биологию

и биогеографию почв. Начиная с 1960-х гг., он активно работал в области радиоэкологии в возглавляемой им лаборатории биоиндикации ИПЭЭ РАН.

Еще один ученик В.М. Клечковского — Евгений Алексеевич Федоров (1928-1987), выпускник Тимирязевской академии, агрохимик по образованию и призванию, кандидат биологических наук (с 1969 г. по 1987 г. — начальник ОНИС, лауреат Государственной премии СССР), деятельность которого, благодаря большой эрудиции, знаниям и инициативе, во многом определяла научный и практический курс станции, ее успехи и достижения.



**Евгений Алексеевич Федоров
(1928-1987)**

Еще о двух исследователях дикой природы, оказавшейся загрязненной аварийными радионуклидами, нельзя не сказать хотя бы несколько слов — это Рудольф Михайлович Алексахин (1936 г.р.) и Федор Анатольевич Тихомиров (1931-2003). Воспитанные на идеях В.М. Клечковского, В.Н. Сукачева и Н.В. Тимофеева-Ресовского, они своими исследовательскими работами, выполненными на заре своей научной деятельности, во многом определили становление радиоэкологии не только в нашей стране, но и во всем мире. Об этих исследованиях, начиная с 60-х годов, а также о других замечательных ученых будет более подробно рассказано во второй части, посвященной в большей степени полученным уникальным материалам и научным достижениям.

Можно с уверенностью сказать, что довольно большие коллективы составляли тот исследовательский котёл, из которого выросла радиоэкологическая школа В.М. Клечковского, имевшая, главным образом, практическую направленность. Эта школа создала тот научный базис, который позволял количественно оценивать величину опасности поступления естественных и искусственных радионуклидов в

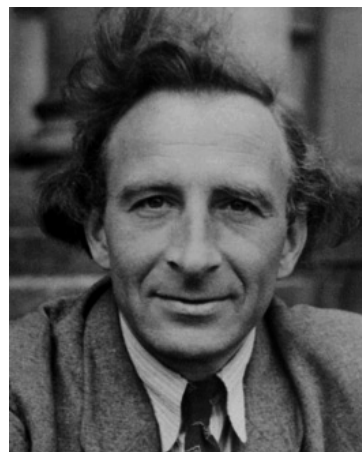
¹⁷ С 1967 г. Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова АН СССР. С 1994 г. — Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова РАН.

окружающую среду в результате деятельности человека, устанавливать практические пороги радиационного воздействия и вырабатывать различные меры защиты от этой опасности. В.М. Ключковский регулярно приезжал в ОНИС, ежегодно проводил выездные заседания 8-ой радиоэкологической секции научно-технического совета (НТС) Министерства среднего машиностроения СССР, которую он создал в 1963 г. и возглавлял до конца своей жизни. На этом посту его дело продолжил (с 1972 г.) ученик Всеволода Марковича академик РАСХН и УААН (а с 2014 академик РАН) Рудольф Михайлович Алексахин (1936 г.р.) [67].

ОНИС стала научно-производственной базой для целого ряда научных учреждений. Организационно эта школа выросла из недр государственных структур и под контролем государства, что определялось, прежде всего, политическим строем СССР. Ведущие сотрудники БФЛ В.М. Ключковский, Александр Григорьевич Шестаков, Сергей Петрович Целищев, Иван Васильевич Гулякин были в 1952 г. удостоены Сталинской премии¹⁸ (2-ой степени) за цикл работ по изучению процессов питания растений с помощью метода меченых атомов. В 1974 г. группа учёных ОНИС была удостоена Государственной премии СССР за цикл работ в области охраны окружающей среды. Школа Ключковского выпестовала целую плеяду специалистов высокого класса, на долю которых в самый расцвет творческих сил легло бремя ликвидации последствий самой крупной в атомной промышленности аварии — взрыв IV энергоблока Чернобыльской АЭС. Но это было после, и в соответствующем месте мы вспомним тех, кто встал тогда в первых рядах защищать Родину.

Авария на комбинате «Маяк» 1957 г., получившая впоследствии наименование «Кыштымская», стала своеобразным катализатором и для развития другой школы, во главе которой стоял наш выдающийся русский биолог, один из основоположников радиационной генетики и основоположник радиационной биогеоценологии Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский (1900-1981).

Жизненный путь Н.В. Тимофеева-Ресовского в послевоенные годы во многом полярен успешной карьере В.М. Ключковского. Весной 1945 г. Тимофеев-Ресовский отказался от предложения перевести свой отдел генетики и биофизики в Институте исследований мозга в пригороде Берлина Бухе на запад Германии и сохранил весь коллектив и оборудование до прихода советских войск. В апреле 1945 г. советская военная администрация назначила его директором Института исследований мозга в Бухе (после бегства весной 1945 г. прежнего директора профессора Шпатца). А 13 сентября 1945 г. Тимофеев-Ресовский был задержан опергруппой НКВД города Берлина, этапирован в Москву и помещен во внутреннюю тюрьму НКГБ.



**Николай Владимирович
Тимофеев-Ресовский
(1900-1981)**

4 июля 1946 г. Военная коллегия Верховного суда РСФСР приговорила его к 10 годам лишения свободы по обвинению в измене Родине. Он отбывал срок в одном из уральских лагерей ГУЛага (Карагандинский лагерь — известный своими жестокостями Карлаг). Но в 1947 г. в связи с советскими работами по созданию атомной бомбы как специалиста по радиационной генетике Тимофеев-Ресовский был разыскан А.П. Завенягиным¹⁹, отправлен на излечение от пеллагры (большие дозы сильных лекарств привели к отслойке сетчатки — тогда он потерял центральное зрение) и переведен на «Объект 0211» в Челябинской области (теперь — город Снежинск) для выполнения работ, связанных с обеспечением радиационной безопасности. К этому времени он был при смерти от голода. С 1947 г. Тимофеев-Ресовский заведовал биофизическим отделом «Объекта 0211», в 1951 г. был освобождён из заключения, а в 1955 г. с него была снята судимость. В том же 1955 году он подписал «Письмо трёхсот», содержащее оценку состояния биологии в СССР к середине 1950-х годов, критику научных взглядов и практической деятельности Т.Д. Лысенко («лысенковщина»), являвшегося в то время одним из руководителей биологической науки в стране.

¹⁸ Сталинская премия 1-ой степени — 200 000 руб.; 2-ой степени — 100 000 руб.; 3-ей степени — 50 000 руб.

¹⁹ Заместитель Л. П. Берии в советском атомном проекте.

В 1955-1964 гг. Н.В. Тимофеев-Ресовский заведовал отделом биофизики в Институте биологии УФАИ СССР в Свердловске. Одновременно он читал несколько циклов лекций по влиянию радиации на организмы и по радиобиологии на физическом факультете Уральского университета, и работал на биостанции, основанной им в 1956 г. на озере Большое Миассово в Ильменском заповеднике). В этот период им были заложены практические основы радиационной биогеоценологии, как составной части биогеоценологии, о судьбе радиоизотопов в биосфере. Еще в 30-ые годы начались работы по радиоэкологическим исследованиям. 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»* [63].

Говоря о судьбе радиоизотопов в различных биогеоценозах, Тимофеев-Ресовский первостепенную роль отводит живым организмам, обеспечивающим биологический путь миграции радионуклидов [13]: *«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»* [64].

В связи с кыштымской аварией Ильменский заповедник оказался в зоне радиоактивного загрязнения, и Министр Среднего машиностроения Е.П. Славский (по его инициативе был создан ОНИС) предложил Н.В. Тимофееву-Ресовскому создать институт для изучения судьбы радиоизотопов в пострадавшем районе. Тимофеев-Ресовский охотно взялся за дело, и выдвинул требование комплексности изучения проблемы и полной открытости исследований.

Вспоминает радиобиолог В.И. Корогодина (1929-2005): *“Николай Владимирович должен был быть научным руководителем этого института, а меня он приглашал в качестве административного директора. Моя мечта о совместной работе казалась близкой к осуществлению, и я не раздумывая согласился. Тотчас принялись за работу: писали проспект института, его задачи, структуру, перечень необходимых помещений, оборудования, список предполагаемых сотрудников и т.д. Николай Владимирович быстро ходил по комнате и диктовал, затем я перечитывал вслух написанное, следовали поправки, шлифовка фраз, уточнения деталей — официальный документ отработывался как научная статья, доводился до предельной ясности и лаконичности. За день-два все было готово и отвезено в Главк. Вскоре меня пригласили оформлять бронь на московскую прописку и получать назначение. И вот тут-то я узнаю, что сам Николай Владимирович в этом институте работать не будет и даже не будет “допущен” к нему как консультант...”* [68].

В жесткой конкурентной борьбе был, несомненно, использован и тот факт, что Тимофеев-Ресовский, полагая, что одобрение Славским его комплексного и открытого проекта уже сделало дело, однажды публично обсуждал возможности исследований на радиоактивном следе. А учитывая тот факт, что правительство не собиралось афишировать информацию об аварии, такой «научный демократизм» никак не мог приветствоваться властями и заставлял их осторожничать.

Вместо проекта открытых комплексных исследований Тимофеева-Ресовского был принят проект проведения фрагментарных секретных работ, в котором ключевую роль играл генетик Николай Петрович Дубинин (1907-1998), который, по словам другого генетика Владимира Павловича Эфроимсона (1908-1989), стал в нашей стране «Лысенко № 2» [69]. Отсутствие систематической, по единой программе, комплексной разработки проблемы радиоактивных загрязнений привело к тому, что к катастрофе на Чернобыльской АЭС государство и научные силы не были (да и не могли быть) полностью готовы. Но ликвидация последствий кыштымской аварии прошла в целом для общества гораздо безболезненней, чем схожая (редкие явления, как известно, имеют «свое лицо») по своим радиологическим последствиям (но не по социально-политическим) авария на чернобыльской АЭС в 1986 г.

Тем не менее, широта мышления Н.В. Тимофеева-Ресовского, направленность его мысли на решение самых сложных проблем эволюции и одновременно рационального сохранения природных ресурсов создавали вокруг него особый творческий климат, внутри которого только и могут взрасти

первооткрыватели. Будучи активным проповедником и замечательным популяризатором самых передовых научных идей Н.В. Тимофеев-Ресовский и сам много нового внес в развитие ряда дисциплин. По сути, он впервые сформулировал во всей полноте задачи и цели, стоящие перед радиационной биогеоценологией (как существенной части радиоэкологии).

Здесь полезно остановится на его статье, написанной в соавторстве с А.Н. Тюрюкановым «Биогеоценология и почвоведение» [70], которая развивает идеи В.В. Докучаева, В.И. Вернадского, Г.Ф. Морозова, В.Н. Сукачева, Л.А. Зенкевича и других русских естествоиспытателей.

“Биогеоценология — та естественноисторическая дисциплина, которая изучает генетическую, вековечную и всегда закономерную связь, существующую между силами, телами и явлениями, между мёртвой и живой природой, между растительным, животным и минеральными царствами, с одной стороны и человеком, с другой. Биогеоценология изучает основные механизмы и закономерности круговорота вещества и энергии в биогеоценозах. Биогеоценозы представляют собой участки земной поверхности, населённые определёнными сообществами микроорганизмов, растений и животных, развивающихся и функционирующих в условиях однородной почвенной, микроклиматической, гидрологической и геохимической обстановки. Биогеоценоз как комплексная целостная структурная единица биосферы включает в себя сообщества живых организмов, приземные слои тропосферы, почву, подпочву и почвенно-грунтовые воды.

Общие теоретические соображения, экспериментальные исследования и математическое моделирование процессов, происходящих в биогеоценозах, убеждают в том, что биогеоценоз (а не биоценоз и почва, рассматриваемые порознь) есть объективно существующая, логически объяснимая и далее неделимая комплексная, целостная элементарная структурная единица биосферы, находящаяся в длительном стационарном состоянии, условно определяемым как динамическое равновесие. Биогеоценозы — это элементарные ячейки биогеохимической деятельности в биосфере”.

В развитии биосферы, как и в общей эволюции вещества, можно наблюдать постоянное стремление к образованию стабильных структур на разных уровнях организации. Для раскрытия закономерностей эволюционных процессов широко используется метод выделения таких устойчивых в пространстве и времени состояний, когда возможно от качественного описания перейти к количественным оценкам. Н.В. Тимофеев-Ресовский неоднократно подчёркивал, что *“биогеоценология — это наука в равной степени естественноисторическая и математическая”*. Отсюда проистекают высокие требования, предъявляемые к классификации каждого отдельного звена на основе строго научной ревизии обширного фактического материала. Н.В. Тимофеев-Ресовский выступал против исследований, страдающих некомплектностью аналитических характеристик для конкретных биогеоценозов и почв, которое настолько затрудняет понимание вещественно-энергетического круговорота в биогеоценозе как целостной системе, что ведёт к ошибкам при экстраполяции результатов на природные и культурные ландшафты.

В качестве основных направлений Тимофеев-Ресовский выделяет следующие задачи радиационной биогеоценологии [38]:

- 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.

Одним из первых Н.В. Тимофеев-Ресовский отмечал глобальный характер влияния человека на биосферу Земли, начавшийся с эпохой технологического прогресса (когда биосфера оказалась под жёстким прессингом техногенной экспансии, вызывающие быстропотекающие изменения в биосфере), и необходимость в связи с этим постановки исследований по направлению и темпам изменения производительности биосферы Земли, разработке мер рационального использования, охраны, «ремонта»

и воспроизводства биологических ресурсов планеты. И все это задолго до "экологического бума", разразившегося во всем мире в семидесятые годы.

Огромна роль Николая Владимировича в формировании широкого общебиологического мировоззрения не только в кругах его ближайших сотрудников и учеников, но и среди самых широких слоёв естественников.

Коснувшись мировоззренческих взглядов Н.В. Тимофеева-Ресовского, имевших огромное значение для развития научной школы, вернёмся к формированию радиационной биогеоценологии, кристаллизация которой во многом была ускорена кыштымской аварией. Программой для нового научного направления стала работа, опубликованная в 1962 г. «О радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями» [71]. В этой сравнительно небольшой статье в самых общих чертах ставится проблема о воздействии человека и его промышленной деятельности на окружающую природу применительно к атомной сфере. Кратко она сводится к:

- “а) изучению судьбы радиоизотопов, попадающих в различные биогеоценозы;
- б) изучению действий ионизирующих излучений извне и инкорпорированных радиоизотопов на живые организмы, включая человека;
- в) разработке, пользуясь разумными прогнозами, основанными на изучении судьбы радиоизотопов в биосфере и их действий, различных мероприятий по борьбе с вредными радиоактивными загрязнениями”.

Раскрывая достаточно подробно, каждое из этих направлений, Н.В. Тимофеев-Ресовский заключает, что *“проблема влияния радиоактивных загрязнений на биосферу и методов борьбы с этими загрязнениями не является чем-то стоящим совершенно особняком; она тесно связана с общей проблемой защиты биосферы и охраны природы и здоровья людей от неразумных и вполне устранимых загрязнений, отравлений и разрушений, вызываемых всё более интенсивно развивающейся промышленностью”*.

В другой своей статье «О возможном действии повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека» [72], вышедшей в то же время, Тимофеев-Ресовский пишет: *“...совершенно необходимой представляется борьба с заметным повышением фона радиоактивных излучений на более или менее обширных территориях. При этом фон должен пониматься в самом широком смысле этого слова”*. И далее: *“При этом надо помнить, что неощутимые пока генетические эффекты возникают и при таких дозах, которые по праву могут считаться физиологически ещё толерантными; не следует, однако, забывать и того, что отдельные эффекты на индивидуум, главным образом злокачественные опухоли и злокачественные перерождения крови, ведут себя во многом сходно с генетическими эффектами, являясь частично соматическими мутациями (т. е. мутациями тканевых, а не зародышевых клеток”*. Не будем также забывать, что написано это был в разгар безудержной гонки вооружений, когда количество ядерных испытаний росло с каждым годом, вызывая обоснованную обеспокоенность не только у биологов, но и у всей мыслящей части человечества. Кроме того, Николай Владимирович не раз обсуждал эту тему с самыми крупными генетиками и радиобиологами, в том числе с Г. Мёллером, и вместе с ними придерживался беспороговой концепции.

Авторитет Тимофеева-Ресовского в научных кругах был очень велик, вместе с тем административно-командная система не могла способствовать развитию полноценной школы, в которой бы развивались направления не подконтрольные правительству.

Тем не менее, нельзя недооценивать влияние Н.В. Тимофеева-Ресовского на формирование мировоззрения практически всех радиоэкологов Советского Союза.

2.3 Морская радиоэкология

Влияние Н.В. Тимофеева-Ресовского на молодые умы давало свои плоды. Участие в летних работах молодого специалиста Геннадия Григорьевича Поликарпова (1929-2012)²⁰ в 1957-1958 гг. на биостанции Института экологии растений и животных УФАИ СССР "Большое Миассово" в Челябинской области, под руководством Н.В. Тимофеева-Ресовского и Е.А. Тимофеевой-Ресовской, определило направление его дальнейших исследований. Еще с 1956 г. им было начато формирование научного коллектива морских радиоэкологов и создание материальной базы — лаборатории биофизики-радиобиологии на Севастопольской биологической станции им. А.О. Ковалевского АН СССР (СБС), где директором был В.А. Водяницкий. Посещение биостанции "Большое Миассово" окончательно определило сферу его дальнейших интересов.

В 1956 году Г.Г. Поликарпов начал работать младшим научным сотрудником на СБС, позже стал старшим научным сотрудником (1962). В 1963 году был назначен заведующим отделом радиобиологии (позже — отдел радиационной и химической биологии), который возглавлял до 1991 года. В 1963 г. станция была преобразована в Институт биологии южных морей АН СССР, а возглавляемый Г.Г. Поликарповым отдел стал одним из крупнейших международно-признанных радиоэкологических центров. В 1964 г. из-под его пера вышла первая в мировой литературе монография "Радиоэкология морских организмов" [29]. В 1967 г. Геннадий Григорьевич был избран чл.-корр. АН УССР по специальности "гидробиология моря", а в 1969-1973 гг. — национальным корреспондентом СССР при ЮНЕСКО по биологии Средиземного моря, в 1990 г. он избран академиком НАН Украины.

В ходе своей научно-организационной работы Г.Г. Поликарпов в 1965 г. создал отдел радиоэкологии в Институте океанологии АН Кубы (Гавана). Он был членом океанографических комиссий АН СССР, АН УССР и Госкомитета по науке и технике СССР (1971-1975 гг.), экспертом Международной морской организации (ИМО, Лондон) и МАГАТЭ по Лондонской Конвенции по дампингу радиоактивных отходов (Вена, Австрия, 1973 г.), членом Советско-Американской рабочей группы по морской биологии АН СССР (Москва, 1974 г.), сотрудником и членом Секретариата Международного агентства по атомной энергии (Вена, Австрия), руководителем секции исследований окружающей среды Международной лаборатории морской радиоактивности МАГАТЭ (Монако-Вилле, Княжество Монако, 1978-1988 гг.), постоянным членом Международного союза радиоэкологии (МСР)²¹ и долгие годы ее вице-президентом (Брюссель, Бельгия, 1981-1996 гг.), постоянным членом Международного института экологии (секция морской экологии) (Ольдендорф/Луге, Германия) с 1985 г., вице-президентом Консультативного комитета по охране моря (АКОПС) (Лондон, Великобритания, 1989-1995 гг.), создателем в 1998 г. (совместно с проф. О. Кинне) Международного союза экоэтики (МСЭЭ) (президент проф. О. Кинне), вице-президентом МСЭЭ с 1998 г.; членом правления МСР (Брюссель, Бельгия, 2003-2006 гг.); почетным членом МСР (Кадараш, Франция) с



**Геннадий
Григорьевич Поликарпов
(1929-2012)**

²⁰ В 1957 г. Г.Г. Поликарпов в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова защитил кандидатскую диссертацию по специальности "Радиобиология" на тему "Особенности реакций радиационного последствия (исследования на гидрах)". Эту диссертационную работу он выполнил в 1954-1956 гг. под руководством московских радиобиологов Е.Б. Бурлаковой и Б.Н. Тарусова. В этот же период он изучил изотопные методы исследования на практикуме, организованном при Институте биофизики АН СССР под руководством И.Н. Верховской.

²¹ Международный союз радиоэкологии (МСР) — International Union of Radioecology (IUR) был основан в 1977 году, зарегистрирован как международная ассоциация в соответствии с законодательством Бельгии и объявлен как неполитическая и некоммерческая научная организация, занимающаяся всемирным развитием радиоэкологии. МСР объединяет 600 представителей из 40 стран мира. В 2005 г. МСР учреждена Золотая медаль В.И. Вернадского, которую вручают ученым по решению Генеральной ассамблеи МСР за вклад в радиоэкологию 1 раз в 3 года. Первая медаль была присуждена выдающемуся радиоэкологу, профессору Уорду Ф. Уикеру (Ward F. Whicker, 1938-), руководителю одного из отделов университета штата Колорадо. Вручение медали состоялось на XXVIII сессии Генеральной ассамблеи МСР, проходившей в Ницце 5 октября 2005 г. В 2008 г. медаль была присуждена Г.Г. Поликарпову, Украина; в 2011 — Dr. Yoichiro OMONO, Япония; в 2014 — Prof. Dr. Philos. Brit SALBU, Норвегия; в 2017 — проф. Р.М. Алексахину, Россия.

2006 г.; основателем Севастопольского отделения Научного общества им. проф. Н.В. Тимофеева-Ресовского "Биосфера и человечество" в 2000 г.

Новый этап развития радиоэкологии связан с появлением в разных странах атомных электростанций, с более глубоким осознанием того, что искусственные радиоактивные вещества, по-видимому, надолго вошли в жизнь земной биосферы.

Заключение

В небольшом историческом очерке рассмотрен ранний период становления новых естественнонаучных дисциплин, таких как радиобиология, экология и радиоэкология. Собственно основное внимание уделено лишь дочерней ветви двух первых — радиоэкологии, науке, которая во многом следовала за своими родителями. Исследователи, занимающиеся периодизацией научных дисциплин, расставляют на временной шкале вехи, обозначая промежутки между ними собственными именами. Так для материнских дисциплин: экологии и радиобиологии такую периодизацию можно встретить в трудах Г.С. Розенберга и Г.П. Краснощекова [73]. Радиоэкология заметно моложе своих родителей, но и для нее уже можно выделить некоторые характерные периоды становления. Предродовой период растянулся почти на сорок лет. Появились первые исследователи и первые инструменты исследования еще не совершенные, но позволяющие сформировать тот круг вопросов к природе, поиск ответов на которые и определит облик новой науки. «Детский» период формирования дисциплины, начавшись вместе с атомными проектами, был заметно короче и составил 10-15 лет. В этот период научная дисциплина выросла и получила «паспорт». Испытания ядерного оружия и авария на предприятии «Маяк» положили начало школьному периоду. Его рассмотрение мы продолжим в следующем очерке. Заметим только, что основной характер дисциплины, как это нередко бывает и у людей, уже в целом сформировался, определяя будущий взрослый облик этой науки.

Литература

1. Образовательный сайт: <http://lodo.ru/parts/part1.html>.
2. Большая Советская энциклопедия, 3-е издание, 1970-1977 .
3. Экологический словарь. Электронный ресурс: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog>.
4. <https://ru.wikipedia.org>.
5. Пель А.В. «Всемирное техническое обозрение», 1903, № 3 стр. 50.
6. Зайцева Л.Л. и Фигуровский Н.А. Исследования явлений радиоактивности в дореволюционной России. Изд-во Академии наук СССР, 1961. 224 с.
7. <http://en.wikipedia.org/wiki/Radioecology>.
8. Антипов И.А. Зап. С.-Петербургского минералогического общества, 1900. Т. XXXVIII, серия 2, сс. 38-41.
9. Орлова М.П. Материалы по истории отечественной химии. Второе Всесоюзное совещание. М.: 1953, стр. 159-162.
10. Боргман И.И. ЖРФХО, 1904, т. 36 (ч. физ.) сс.183-205.
11. Боргман И.И. ЖРФХО, 1905, т. 37 (ч. физ.) сс.63-74.
12. Карстенс Э.Э. «Зап. Русск. бальнеолог. об-ва в Пятигорске» 1907-1908, т. IX, № 5, сс.476-529.
13. Мануйлова Е.Г. Эколого-биологические аспекты становления радиоэкологии и радиоэкологического мониторинга в России, Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М.: 2016.
14. Вернадский В.И. О концентрации радия в биосфере живыми организмами // Докл. АН СССР – А, 1929. – №2, – С. 33-34., 1929
15. Stoklasa, Julius; Joseph Penkava "Biologie des Radiums und Uraniums - erster band. Berlin 1932 Parey. In German. Volume in series Biologie des Radiums und er Radioaktiven Elemente. Hardcover., 958 pp., 152 illustrations.
16. Tansley, A. G.: The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms, Ecology, 16, 284–307, 1935.
17. Lindeman, R. L.: The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology, Ecology, 23, 319–418, 1942.

18. Hagen, J. B.: *An Entangled Bank: The Origins of Ecosystem Ecology*, New Brunswick, NJ, Rutgers University Press, 1992.
19. Hutchinson, G. E.: *Bio-Ecology*, *Ecology*, 21, 267–268, 1940.
20. Hutchinson, G. E.: *Circular Causal Systems in Ecology*, *Ann. NY Acad. Sci.*, 40, 221–246, 1948.
21. Могилёвкин В.Б. Первые десять лет. В книге: XXXV радиоэкологические чтения, посвящённые действительному члену ВАСХНИЛ В.М. Ключковскому. М. 2007, — 118 с.
22. Могилёвкин В.Б. Становление сельскохозяйственной радиоэкологии и советской атомный проект. В кн.: XL Радиологические чтения В.М. Ключковского. Обнинск 2012, 85 с.
23. Morgan, K. Z. *Health Physics and Its Control of Radiation Exposures at Clinton Laboratories*. Oak Ridge, Tenn.: Technical Information Division, Oak Ridge Operations, 1947.
24. Parker, H. M. 1956. Radiation exposure from environmental hazards. In *Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy*, vol. 13, pp. 305-10. Held in Geneva, August 8-20, 1955, New York: United Nations.
25. Los Angeles Times, Mar.13, 1955, p.20
26. Miller R.L. 1991 (originally published in 1986) *Under the Cloud: The decades of nuclear Testing*, p. 198. The Woodlands, Tex.: Two Sixty Press.
27. Юнг Р. Ярче тысячи солнц. М. : Гос. изд-во лит. в обл. атом. науки и техники, 1960. 280 с.
28. <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0191:article>
29. Поликарпов Г.Г. Радиоэкология морских организмов. Накопление и биологическое действие радиоактивных веществ. Под редакцией проф. В.П. Шведова. М.: Атомиздат, 1964. — 296 с.
30. Foster, R. F. and J. J. Davis. 1956. The accumulation of radioactive substances in aquatic forms, pp. 364-367. In *Proceedings of the international conference on the peaceful uses of atomic energy*, vol. 13, pp. 364-67. (Held in Geneva, August 8-20, 1955.) New York: United Nations.
31. Stannard, J. N. 1988. *Radioactivity and Health: A History*. DOE/RL/01830-T59, 1963 pp. (Republished by Battelle Press, Columbus, OH, in 3 volumes).
32. Foster, R. F. 1972. The history of Hanford and its contribution of radionuclides to the Columbia River, pp. 3-18. In *The Columbia River Estuary and Adjacent Ocean Waters: Bioenvironmental Studies*. A. T. Pruter and D. L. Alverson (eds). University of Washington Press.
33. Herde K.E., 1946. *Studies in the Accumulation of Radioactive Elements in Oncorhynchus tshawytscha, Chinook Salmon, Exposed to a Medium of Pile Effluent*. HW 1-5064, Hanford Works, Richland, Washington.
34. Ключковский В.М., Д.Д. Иваненко, В.Б. Багаев и В.В. Рачинский. Распределение фосфора в органах растения в опытах с радиоактивным изотопом P^{32} . Доклады Академии Наук СССР, 1947. Том LVIII, №1. с.93-97.
35. О поведении радиоактивных продуктов деления в почвах, их поступления в растения и накопления в урожае. Ротапринт. //Под ред. В.М. Ключковского. М., изд. АН СССР, 1956.
36. Анненков Б.Н. К истории развития радиоэкологии и радиобиологии сельскохозяйственных животных. В сб.: XXXV радиоэкологические чтения В.М. Ключковского. Обнинск, 2007, сс. 44-61.
37. Смиранный Л.Н. Предтеча Чернобыля // Журнал «Наука и жизнь», 2003. – № 10.
38. Тимофеев-Ресовский Н.В. Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии: доклад по опубликованным работам, представленный для защиты ученой степени доктора биологических наук. — Свердловск, 1962.
39. Odum E. P. Title: *Fundamentals Of Ecology*. Publisher: WB Saunders Company. Book. Pages: 560. Issue Date: 1959.
40. Miller R.L. *Under the Cloud: The Decades of Nuclear Testing*, 1986.
41. United States Department of Energy (USDOE) (2000), *United States Nuclear Tests: July 1945 through September 1992*, United States Department of Energy, Nevada Operations Office, Las Vegas, NV, DOE/NV-209-REV.
42. UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and Effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly vol.1,2.* – New York, 2000.
43. Nuclear Weapons Archive — <http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Castle.html> (последнее обновление 17 мая 2006)
44. Нойрыш А. И., И. Д. Морохов, С. К. Иванов. *А-бомба.* — М.: «Наука», 1980.
45. The Russel-Einstein Manifesto. Issued in London, 9 July 1955. См. также Манифест Рассела — Эйнштейна в кн.: Rotblat I. *Pugwash*. Изд-во АН СССР, 1967, с. 77.
46. Сахаров А.Д. Радиоактивный углерод ядерных взрывов и непороговые биологические эффекты. «Атомная энергия», т. 4, № 6, июнь 1958 года.
47. Harrison E. *Salisbury*, ed., *Sakharov Speaks*, New York, Alfred A. Knopf, 1974, pp. 32-34.

48. Berkhaut F., 1991: Radioactive Waste. Politics and Technology. Routledge, London and New York, 1991.
49. Доклад объединения «Беллона», 2004.
50. Stewart N.G. Crooks R.N. Long range travel of the radioactive cloud from the accident at Windscale. 1958. Nature, 182(4636) - 627-628.
51. Booker D.V. UKAEA Report AERE HP/R 2607, 1958.
52. Dunster H J, Howells H and Templeton W L 1958 District surveys following the Windscale incident, October 1957 Proceedings of the Second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy (Geneva, 1 September–13 September 1958). Volume 18: Waste Treatment and Environmental Aspects of Atomic Energy (Geneva: United Nations) pp. 296–308.
53. IPSN booklets, Radioecology, 2001 Электронный ресурс: www.irsn.fr/EN/publications/thematic/Documents/booklet_radioecology.pdf.
54. Ретроспективная оценка доз облучения населения на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа. Отчет о НИР. Научн. рук. Романов Г.Н. ОНИС ПО «Маяк», 1996.
55. Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территории продуктами деления урана. Под ред. А.И.Бурназяна. М. Энергоатомиздат, 1990. 144 с.
56. Medvedev Z.A. Nuclear Disaster in the Urals. NY, 1979, p.214.
57. Смагин А.И., Лагунов А.В. Роль опытной научно-исследовательской станции ПО «Маяк» в развитии отечественной сельскохозяйственной радиозологии (к 55-летию создания опытной научно-исследовательской станции ПО «Маяк» в сб.: «Естественные и математические науки в современном мире»: сборник статей по материалам XII международной научно-практической конференции. (Новосибирск, 11 ноября 2013 г.)
58. Голова Л. У истоков радиозологии //ПрО Маяк. — 2000. — № 9. — С. 6.
59. Корнеев Н.А. Поваляев Алексей Пантелеймонович (к 80-летию со дня рождения). В сб.: XXXVIII радиозологические чтения В.М. Ключковского. Обнинск, 2010, сс.122-126.
60. Поваляев А.П. Ни в коем случае не отступать! Радиационная защита. Выпуск 1, ИБРАЭ, М.: 2004, 19 с.
61. Известия ТСХА № 3 (16), 1957.
62. Биологическое действие радиации и вопросы распределения радиоактивных изотопов.// Под ред. А.В. Лебединского и Ю.И. Москалева. – М.: Госатомиздат, 1961. – 191 с.
63. Тимофеев-Ресовский Н.В. Автобиографическая записка из статьи «Я прожил счастливую жизнь». К 90-летию со дня рождения Н. В. Тимофеева-Ресовского // Природа. – 1990. – № 9. – С. 68 – 104.
64. Тимофеев-Ресовский Н. В. Некоторые проблемы радиационной биогеоценологии // Доклад по опубликованным работам, представленный для защиты учен. степени доктора биол. наук / Акад. наук СССР. Уральский филиал. Ин-т биологии. – Свердловск : [б. и.], 1962. – 53 с.
65. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. М.: Энергоиздат, 1990. -160 с.
66. Медведев Ж.А. Атомная катастрофа на Урале // Медведев Жорес Александрович. — М.: Время, 2017 — 304 с. (Собрание сочинений Жореса и Роя Медведевых).
67. Пристер Б.С. Реализация и развитие идей В.М. Ключковского в современной радиозологии. В сб.: XXXV радиозологические чтения В.М. Ключковского. Обнинск, 2007, сс.62-88.
68. Корогодин В.И. Школа Н.В. Тимофеева-Ресовского. — Н.В. Тимофеев-Ресовский, 1993, сс. 257-258.
69. Кешман Е.А. Интервью с Владимиром Павловичем Эфроимсоном. Октябрь 1988 года. Интервью было частично опубликовано в журнале «Огонек». № 11. март 1989 г. Полный текст на сайте: http://bio.1september.ru/view_article.php?ID=200002606.
70. Биогеоценология и почвоведение. Бюллетень Моск. Общества испыт. Природы. Отд. Биологии. Т. LXXII (2), 1967, сс. 106-117.
71. Тимофеев-Ресовский Н.В. О возможном действии повышенного фона ионизирующих излучений на генетический состав популяции человека. Труды Института биологии Уральск. Филиала АН СССР. Вып. 22, 1962.
72. Тимофеев-Ресовский Н.В. О радиоактивных загрязнениях биосферы и о мерах борьбы с этими загрязнениями. Труды Института биологии Уральск. Филиала АН СССР. Вып. 22, 1962.
73. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Всё врут календари! (экологические хронологии). – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. – 177 с.