

УДК 372.854.544:94(47)

В.И. СЕРГИЕНКО, В.А. АВРАМЕНКО, И.Г. ТАНАНАЕВ

## В.И. Вернадский как основоположник отечественной радиохимии (к 70-летию ядерной отрасли России)

*Статья содержит информацию о развитии отечественной радиохимии и деятельности выдающегося советского и российского ученого академика В.И. Вернадского. Подчеркивается его крупный научный и организационный вклад в создание и реализацию атомного проекта в СССР, развитие отечественной школы радиохимии. Обсуждаются перспективы научно-прикладных исследований в атомной отрасли в свете реализации нового проекта ИХ ДВО РАН – организации в Дальневосточном федеральном университете совместной лаборатории ядерных технологий в сфере атомной энергетики, радиохимии и медицины.*

*Ключевые слова:* В.И. Вернадский, радиохимия, ядерная отрасль.

**V.I. Vernadsky as the founder of national radiochemistry (The 70th anniversary of the nuclear industry in Russia).** V.I. SERGIENKO (Institute of Chemistry, FEB RAS, Vladivostok), V.A. AVRAMENKO (Institute of Chemistry, FEB RAS, Vladivostok; Far Eastern Federal University, Vladivostok), I.G. TANANAEV (Far Eastern Federal University, Vladivostok; FSUE PA «Mayak», Ozyorsk).

*The article contains information on the development of national radiochemistry and the activity of the prominent Soviet and Russian scientist, academician V.I. Vernadsky. The article focuses on his major scientific and organizational contribution to the creation and implementation of the Soviet Atomic project, the establishment of the national school of radiochemistry. The prospects of applied scientific research in the nuclear industry in the light of creating and implementing the new project of IC FEB RAS in the jubilee year – the organization in the Far Eastern Federal University a joint laboratory of nuclear technologies in nuclear energy, radiochemistry and medicine are also discussed.*

*Key words:* V.I. Vernadsky, radiochemistry, nuclear industry.

Институт химии ДВО РАН – единственная научная организация в Приморском крае, которая на протяжении многих лет ведет систематическую работу в сфере развития атомной энергетики, радиоэкологии и подготовки кадров, поэтому 70-летний юбилей ядерной отрасли празднуют и сотрудники института.

Отдавая дань тем, кто стоял у истоков атомной отрасли, часто забывают о вкладе великого русского и советского ученого Владимира Ивановича Вернадского в развитие ядерных технологий. Известно, что в юности он интересовался законами эволюции в «трех царствах природы», в молодости – политикой и славянством, в зрелом возрасте – минералогией и почвоведением, а на завершающем этапе своего жизненного пути – философией ноосферы. Но был у Вернадского еще один профессиональный интерес – радиогеология. Из 416 опубликованных при жизни работ этого ученого более 20 непосредственно связа-

---

\*СЕРГИЕНКО Валентин Иванович – академик РАН, директор института (Институт химии ДВО РАН, Владивосток), АВРАМЕНКО Валентин Александрович – член-корреспондент РАН, заведующий отделом, профессор (Институт химии ДВО РАН, Владивосток; Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ТАНАНАЕВ Иван Гундарович – член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией, научный руководитель (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток; ФГУП «ПО «Маяк», Озёрск, Челябинская область). \*E-mail: chemi@ich.dvo.ru

ны с изучением явления радиоактивности, исследованием радиоактивных материалов и радиогеологией.

В настоящей статье рассматриваются основные творческие достижения академика В.И. Вернадского как радиохимика, его научный и организационный вклад в реализацию атомного проекта в СССР, предлагаются пути развития современных ядерных технологий в Приморском крае.

### **На заре радиохимических исследований**

Прежде всего несколько слов о том, в какую научную атмосферу был погружен В.И. Вернадский в конце XIX – начале XX в.

В марте 1896 г. Антуан Анри Беккерель на заседании Парижской академии наук доложил о результатах своих опытов с кристаллами двойного сульфата калия и уранила, положивших начало эре радиоактивности [3]. Впоследствии наблюдаемое Беккерелем излучение, испускаемое упомянутым веществом, по предложению Марии Кюри было названо радиоактивным, а само явление излучения – радиоактивностью [10]. Ею же был сделан важнейший вывод о том, что, в отличие от рентгеновского излучения, радиоактивный распад – эманация – сопровождается потерей массы распадающегося вещества.

Термин «радиохимия» впервые был введен английским ученым А. Камероном в 1910 г. Радиохимией он назвал раздел науки, изучающий природу и свойства радиоактивных элементов и продуктов их распада. Аналогичное определение радиохимии дал другой выдающийся английский радиохимик – Ф. Содди в 1911 г. Позднее немецкий ученый Ф. Панет определил эту науку как химию веществ, исследуемых по собственному излучению.

Исторические опыты А. Беккереля инициировали бурный интерес к исследованию радиоактивности. В 1898 г. М. Кюри сообщила об открытии новых радиоактивных элементов – полония (совместно с П. Кюри) [14] и радия (совместно с Г. Бемоном) [11]. Тогда же независимо друг от друга М. Кюри [13] и Г. Шмидт [18] установили радиоактивность соединений тория. Спустя год французский ученый А. Дебьёрн из урановой руды выделил актиний [15]. В 1900 г. последовали открытия Э. Резерфордом эманации тория [17], Ф. Дорном – радия [16], У. Круксом и А. Беккерелем – урана-Х [12], Г. Гофманом и Ф. Гизелем – радия-Д. В 1903 г. супругам Марии и Пьеру Кюри и Анри Беккерелю за радиохимические работы была присуждена Нобелевская премия. В том же году Э. Резерфорд и Ф. Содди пришли к заключению, что атомы радиоактивных элементов претерпевают самопроизвольные превращения: одни элементы по цепочке распадов превращаются в другие, и это превращение сопровождается радиоактивным излучением [8]. Ф. Содди ввел понятие «период полураспада» и сформулировал в 1911 г. правило смещения в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева: при альфа-распаде порядковый номер радионуклида смещается на два места влево, и при бета-распаде – на одно место вправо.

Существенный вклад в изучение радиоактивности внесли и русские ученые [4, 9]. Уже в 1896 г. Н.Г. Егоров и Л.А. Гертуни (Военно-медицинская академия) воспроизвели опыты А. Беккереля, а в 1897 г. И.И. Боргман (Санкт-Петербургский университет) обнаружил термолюминесценцию при воздействии радиоактивности и прямую зависимость интенсивности излучения урана от его содержания в изучаемых объектах. Одновременно А.П. Соколов (Московский университет) разработал метод определения радия по выделяющемуся радону, который находит практическое применение и в наше время. В 1897–1907 гг. П.Г. Меликов и Л.В. Писаржевский получают надурановую, С. Лордкипанидзе – фторнадурановую кислоту, Л.А. Чугаев и Н.А. Орлов – галогениды, сульфаты и оксалаты четырехвалентного урана, А.М. Васильев синтезирует гидрат нитрата уранила. Л.С. Колловрат-Червинский во время пребывания в лаборатории Кюри (Франция) в 1906–1911 гг. изучил условия выделения эманации из различных радийсодержащих солей и составил сводную таблицу констант радиоактивных веществ, включающую все известные к тому

времени радиоактивные элементы. Этими таблицами, неоднократно переиздававшимися, пользовались ученые многих стран, поскольку они содержали исчерпывающие данные о периодах полураспада элементов, характере излучения, величинах пробега частиц и коэффициентах их поглощения. В.А. Бородовский опубликовал монографию «Поглощение бета-лучей радия» (1910 г.). Г.Н. Антонову принадлежит честь открытия урана-У ( $^{231}\text{Th}$ ) в ряду актиноурана, выделение и исследование RaD ( $^{210}\text{Pb}$ ) и RaE ( $^{210}\text{Bi}$ ) в ряду урана-238 (1911 г.). В.И. Спицын применил метод радиоактивных индикаторов для определения растворимости малорастворимых соединений тория, используя в качестве индикатора изотопа тория – уран- $X_1$  (1917 г.).

Петербургская академия наук высоко оценила открытие явления радиоактивности, избрав М. Кюри своим членом-корреспондентом. Следует отметить, что членом Французской академии наук этот выдающийся радиохимик, Нобелевский лауреат стала на 15 лет позже, лишь в 1922 г.

Явление радиоактивности требовало новых гипотез строения атомов. И такие гипотезы были выдвинуты крупнейшими русскими учеными – А.М. Бутлеровым, Н.А. Морозовым, Н.А. Умовым и др. Н.Н. Бекетов впервые высказал предположение, что жизнь внутреннего мира атома может открыть свойства и законы, отличные от тех, которые составляют содержание старой физики. Можно сказать, что на заре развития радиохимии в каждом новом открытии было больше вызовов, чем ответов, и В.И. Вернадский принял эти вызовы.

## **В.И. Вернадский как основоположник отечественной радиохимии**

В.И. Вернадский долгие годы являлся профессором кафедры кристаллографии и минералогии Московского университета, одновременно занимая должность хранителя минералогического кабинета. С 1904 г. его назначают по совместительству заведовать минералогическим отделением Геологического музея в Петербурге. К тому времени уже было открыто более 30 естественных радиоактивных элементов и изотопов, изучены их взаимные превращения, типы излучения и свойства.

Поскольку все исследуемые радиоактивные элементы были получены из минералогического сырья, геохимия, минералогия и кристаллохимия становились своего рода ключом к открытию новых радиоактивных эмиттеров. В России интенсивно проводились исследования радиоактивности минералов, минеральных вод, грязей и атмосферы силами И.А. Антипова, Е.С. Бурскера, А.П. Грузинцева, П.П. Орлова, А.П. Соколова, Н.А. Умова и др. В.И. Вернадский активно интересовался результатами этих исследований и вопросами получения энергии за счет внутренней радиоактивности.

Открытый в урансодержащих минералах радий к тому времени уже нашел широкое коммерческое применение в медицине, военном деле, других областях науки и техники. В 1902–1903 гг. были созданы установки и заводы по производству этого элемента во Франции, Германии, Австро-Венгрии, Великобритании, а с 1914 г. центр производства радия переместился в США. Цена на радий стремительно росла, и к середине 1910-х годов 1 г этого вещества стоил до 180 тыс. долл., что было равноценно 160 кг золота. В 1903 г. австрийское правительство наложило эмбарго на вывоз урановой руды из Иоахимстала (располагается на территории современной Чехии). Это стимулировало поиск новых урановых руд и их добычу на всех континентах.

В 1908 г., побывав на Дублинском съезде Британской ассоциации наук и детально ознакомившись с трудами минерологов, поняв геологическое значение открытия радиоактивности, В.И. Вернадский обратился к правительству с настойчивой просьбой выделить средства на поиск радиоактивных минералов на территории Российской империи и их изучение. По его настоянию в 1910 г. при Петербургской академии наук была организована Радиевая комиссия, в которую вошли В.И. Вернадский, А.П. Карпинский,

Ф.Н. Чернышев, Н.Н. Бекетов, Б.Б. Голицин, П.И. Вальден и другие видные ученые. Полученные средства позволили организовать в 1911 г. радиевые экспедиции в Закавказье, Забайкалье и Фергану, где В.И. Вернадский с коллегами собрали и изучили образцы тьюмунита, из которого в дальнейшем был выделен первый советский радий. Особое значение имели геохимические работы на Урале, которые проводились учениками В.И. Вернадского – А.Е. Ферсманом и К.А. Ненадкевичем.

После посещения радиевых институтов в Париже и Вене В.И. Вернадский совместно с К.А. Ненадкевичем организовал в Петербурге, в бывших мастерских художников А.И. Куинджи и Н.А. Крамского на Биржевой линии Васильевского острова, минералогическую (радиогеохимическую) лабораторию для изучения минералов, найденных на территории России. Силами лаборатории под руководством В.Г. Хлопина в 1915 г. началось строительство Опытного радиевого завода в пос. Бондюжский (ныне г. Менделеевск) в Татарстане. В 1921 г. на этом заводе были получены первые отечественные препараты радия (В.Г. Хлопин, И.Я. Башилов, М.А. Пасвик), а позднее создан Государственный фонд радия.

При участии В.И. Вернадского в 1912 г. была организована постоянно действующая Радиевая экспедиция Академии наук, в 1917 г. – радиевый отдел в Комиссии по изучению естественных производительных сил, а в 1918 г. – Государственный рентгенологический и радиологический институт (ГРРИ) в составе физико-технического, медико-биологического и радиевого отделений. Через три года решением Наркомпроса ГРРИ был реорганизован, в результате чего медико-биологическое отделение (руководитель М.И. Немёнов) осталось в составе института, другие же отделения были преобразованы в самостоятельные Государственный физико-технический рентгеновский институт, возглавляемый А.Ф. Иоффе, и Радиевую лабораторию, руководимую В.Г. Хлопиным. В 1922 г. В.И. Вернадский на заседании Академии наук СССР подал «Записку об организации при Российской академии наук Государственного Радиевого института» для объединения в Петрограде всех учреждений, выполняющих радиохимические исследования. Предложения Вернадского были приняты и воплощены в жизнь [9]. Так был создан Радиевый институт в Санкт-Петербурге. Его первым директором стал сам В.И. Вернадский (до 1939 г.), а заместителем директора и руководителем химического отдела – В.Г. Хлопин. Спустя некоторое время в институте будет трудиться более 20 членов Академии наук СССР и его достижения будут отмечены орденами Трудового Красного Знамени и «Знак Почета».

В 1924 г. на базе Ленинградского государственного университета по инициативе и активном участии академика В.Г. Хлопина началась систематическая подготовка специалистов в области радиохимии. Из учеников В.Г. Хлопина (Б.А. Никитин, А.Е. Полещицкий, И.Е. Старик, А.П. Ратнер, В.М. Вдовенко) и его соратников (Б.П. Никольский и А.А. Гринберг) формировалась первая отечественная школа радиохимиков.

В 1932 г. в Ленинграде состоялась первая Всесоюзная конференция по радиоактивности, организованная Радиевым институтом. На конференции с докладами выступили известные ученые В.И. Вернадский, А.Е. Ферсман, В.Г. Хлопин, А. Гамов, Д.В. Скобельцин, Л.В. Мысовский, В.И. Баранов, И.Я. Башилов. Были подведены итоги исследований по радиохимии в СССР, В.Г. Хлопин предложил новую программу исследований, включающую изучение распределения радиоактивных элементов (I<sub>o</sub>, As, RaD, Po), образующихся в процессе переработки урановых руд.

Основные достижения Радиевого института по соосаждению, адсорбции и экстракции радионуклидов, полученные на первом этапе его становления (до начала Великой Отечественной войны), сыграли огромную роль в выполнении государственных задач атомного проекта в СССР, в рамках которого была создана База № 10 (Комбинат 817, ФГУП «ПО «Маяк») и установлены тесные взаимосвязи с институтом [2, 5–7].

В 1946 г. в Радиевом институте под руководством В.Г. Хлопина были сформулированы основные требования к будущему производству по переработке облученных стандартных урановых блоков (ОСУБ) и разработана ацетатно-фторидная схема применительно

к заводу «Б», где в 1949 г. была получена первая партия плутония. Недостатки осадительной технологии (высокая засоленность отходов, недостаточный выход плутония) потребовали перевода радиохимических производств на экстракционную технологию. В 1956–1958 гг. сотрудниками Радиевого института М.Ф. Пушленковым, В.Г. Шумковым и В.Г. Воденом была разработана и испытана на опытной установке ФГУП «ПО «Маяк»» технологическая схема переработки ОСУБ с трибутилфосфатом в тяжелом разбавителе, которую использовали более 30 лет. В дальнейшем ученики В.И. Вернадского «второго круга» В.В. Ревякин, Б.Я. Зильберман и В.А. Старченко предложили создать на базе Производственного объединения «Маяк» третий комплекс регенерации топлива для переработки отработавшего ядерного топлива на основе одноциклической схемы с сорбционной доочисткой урана. Запуск этого комплекса состоялся в 1976 г.

Можно с уверенностью утверждать, что силами В.И. Вернадского в СССР к середине XX в., к моменту старта атомного проекта, были созданы научно-технологическая основа и подготовлена когорта высококвалифицированных специалистов, имеющих опыт работы с радиоактивными препаратами. Это способствовало быстрому и успешному решению важнейшей задачи атомного проекта в СССР, направленной на получение делящихся материалов для ядерного оружия.

Несмотря на то что первый этап деятельности ФГУП «ПО «Маяк» – наработка делящихся компонентов для производства ядерного оружия – к началу XXI в. был завершен, современные задачи предприятия (создание новых безопасных технологий производства гражданской продукции, обращение с радиоактивными отходами, реабилитация промышленной площадки предприятия, развитие радиоэкологии) по-прежнему созвучны идеям Вернадского.

В работе «Задача дня в области радия» В.И. Вернадский (1910 г.) писал о том, что «лучистая энергия» станет силой для защиты и борьбы с поражающими человечество несчастьями. ПО «Маяк», воплощая идеи ученого, нарабатывает целевые радионуклиды для медицины, тем самым способствуя улучшению качества жизни россиян. Сегодня предприятие выпускает до 60 % общего объема изотопной продукции в Российской Федерации, а доля экспорта источников ионизирующих излучений и радиоактивных препаратов составляет более 90 % [1]. Продукция ПО «Маяк» широко используется практически во всех развитых и во многих развивающихся странах мира – Японии, США, Австралии, Скандинавии, ЮАР и др.

На одном из заседаний общего собрания Академии наук СССР В.И. Вернадский произнес пророческие слова: «Перед нами открываются в явлениях радиоактивности источники атомной энергии, в миллионы раз превышающие все те источники сил, какие рисовались человеческому воображению».

В рамках энергетической стратегии современной России ставится задача преодолеть доминирование природного газа и других видов топлива на внутреннем энергетическом рынке. Академическая, вузовская наука и производственный комплекс объединяют сегодня научно-технологические исследования и кадровый потенциал с целью создать новые топливные композиции для ядерных реакторов, решить проблему обращения с высокоактивными «накопленными» отходами, найти новые перспективные материалы, подготовить специалистов, способных работать на более высоком уровне [1].

В.И. Вернадский считал, что безопасность планеты и торжество «царства разума» – это дело всех и каждого. Поэтому сегодня мы активно участвуем в обеспечении экологической безопасности, поддержании и развитии комплексной системы радиоэкологического мониторинга на промышленных площадках. Реальным вкладом Дальневосточного отделения РАН в решение радиоэкологических проблем Приморья стал вывоз отработанных сборок для атомных подводных лодок (АПЛ), которые будут переработаны на ФГУП «ПО «Маяк». Сотрудниками Института химии ДВО РАН созданы новые сорбционные материалы, которые широко применяются для переработки жидких радиоактивных отходов, образующихся при выводе из эксплуатации АПЛ или ремонтных работах.

В ответ на вопрос В.И. Вернадского, сумеет ли человек воспользоваться силой, которую дает атом, направить ее на добро, а не на самоуничтожение, дорос ли он до умения использовать эту силу, мы запускаем новый совместный проект по созданию лаборатории ядерных технологий при Школе естественных наук ДВФУ с участием Института химии ДВО РАН. Лаборатория будет иметь три направления: атомная энергетика, радиоэкология и ядерная медицина (<http://www.ras.ru/shownews.aspx?id=613a16a3-b49e-4d99-9e76-72eae7163bce&print=1>). Основная задача проекта – обмен ресурсами и кадрами, создание совместных научно-образовательных проектов в области мониторинга окружающей среды, реабилитации загрязненных радионуклидами территорий, поиск подходов к наработке перспективных радиофармпрепаратов, создание новых источников энергии, подготовка специалистов атомной отрасли для России и зарубежных стран.

В завершение хочется отметить, что на начальных этапах развития атомной отрасли ученые – радиохимики, экологи, технологи – много полезного почерпнули из трудов В.И. Вернадского. Но мы уверены, что в сочинениях великого ученого есть еще важные для человечества идеи, научные выводы и философские суждения, которые пока не до конца поняты, но могут быть восприняты и реализованы обществом в будущем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов С.В. ФГУП «ПО «Маяк» – 65 лет на боевом посту и во благо гражданскому обществу России // *Вопр. радиационной безопасности*. 2013. № 2. С. 3–9.
2. Баргнев С.А., Абрамова Н.А., Романовский В.Н. Вклад Радиевого института в атомный проект СССР. Пуск первого советского плутониевого завода // *История науки и техники*. 2012. № 2. С. 26–33.
3. Вернадский В.И. Очерки и речи. Пг.: Науч. химико-техн. изд-во, 1922. Вып. 2.
4. Зайцев Л.Л., Фигуровский Н.А. Исследование явления радиоактивности в дореволюционной России. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 223 с.
5. Зильберман Б.Я. Вклад Радиевого института в атомный проект СССР. Разработка и внедрение экстракционно-сорбционной технологии облученных стандартных урановых блоков на радиохимических заводах // *История науки и техники*. 2012. № 2. С. 34–46.
6. Романовский В.Н., Шашуков Е.А. Государственный радиевый институт – многопрофильный научный центр. Начальный период работы Радиевого института (1922–1945 гг.) // *История науки и техники*. 2012. № 2. С. 9–25.
7. Романовский В.Н., Шашуков Е.А. Научно-исторические предпосылки и история основания Радиевого института // *История науки и техники*. 2012. № 2. С. 4–8.
8. Содди Ф. История атомной энергии. М.: Атомиздат, 1979. 288 с.
9. Хлопин В.Г. Краткий очерк истории развития радиевого дела в России // 35 лет Радиевого института им. В.Г. Хлопина. Л.: Изд-во АН СССР, 1957.
10. Becquerel H. Sur les radiations émises par phosphorescence // *C. R. Acad. Sci.* 1896. Vol. 122. P. 420–421.
11. Bémont G., Curie P., Curie M. // *C. R. Acad. Sci.* 1898. Vol. 127. P. 1215.
12. Crookes W. // *Chem. News*. 1900. Vol. 81. P. 253–265.
13. Curie M. // *C. R. Acad. Sci.* 1898. Vol. 126. P. 1101.
14. Curie P., Curie M. // *C. R. Acad. Sci.* 1898. Vol. 127. P. 34.
15. Debierne A. // *C. R. Acad. Sci.* 1899. Vol. 129. P. 593.
16. Dorn F.E. Elektrostatische Ablenkung der Radiumstrahlen // *Abhandl. Naturforsch. Ges. Halle*. 1900. Vol. 22. P. 1.
17. Rutherford E. A Radio-active Substance Emitted from Thorium Compounds // *Phil. Mag.* 1900. Vol. 49. P. 1–14.
18. Schmidt G.C. // *Wiedemann's Annalen*. 1898. Vol. 65. P. 678.