

# МЕТОД ЯМР И СОВЕТСКИЙ АТОМНЫЙ ПРОЕКТ

**А.В.Кессених**, д.ф.-м.н.,

Институт истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН, Москва

kessen32@mail.ru

**А.А.Марколия**,

Сухумский физико-технический институт, Сухум, Республика Абхазия

almahushti@gmail.com

УДК 543.429.23; ВАК 02.00.02

В рамках реализации советского Атомного проекта работы по ЯМР с 1950 года проводились в Сухумском Физико-техническом институте (СФТИ), сначала по методу ЯМР в молекулярных пучках. Инициатором применения ЯМР растворов, по всей видимости, был В.В.Мигулин, возглавивший СФТИ в 1951 году. Наиболее заметной была работа Н.И.Леонтьева, ставшего впоследствии директором СФТИ (1969–1974). В 1952 году в СФТИ состоялось первое в СССР Всесоюзное совещание по радиоспектроскопии и измерению магнитных моментов ядер. Метод ЯМР в растворах применялся для измерения магнитных полей и определения содержания изотопов в соединениях. Важную роль в исследованиях по ЯМР играли немецкие специалисты, которые с 1945 по 1955 год принимали участие в работах по так называемой "урановой проблеме".

В прежней публикации [1] было упомянуто, что в 1951 году под руководством В.В.Мигулина в Тепло-технической лаборатории (ТТЛ) АН СССР (сегодня – Институт экспериментальной и теоретической физики им. А.И.Алиханова НИЦ "Курчатовский институт") была выполнена одна из первых в СССР дипломная работа студента Физико-технического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова Г.А.Гончарова, посвященная созданию автодинного датчика ЯМР и его применению для измерения гиромангнитных отношений некоторых ядер.

В статье [2] на основании архивных документов показано, что освоение метода ядерного магнитного резонанса в СССР было дополнительно стимулировано советским Атомным проектом (САП). Вслед за ТТЛ в этих работах принял участие Сухумский физико-технический институт. Метод ЯМР был признан полезным для изучения изотопного состава соединений водорода (т.е. измерения соотношения в образцах протия  $^1\text{H}$ , дейтерия  $^2\text{H}$  и трития  $^3\text{H}$ ), изотопов лития ( $^7\text{Li}$ ,  $^6\text{Li}$ ) и бора ( $^{11}\text{B}$ ,  $^{10}\text{B}$ ), а возможно, и каких-либо еще элементов, а также для точных измерений индукции магнитного поля.

Сухумский ФТИ в тот период носил название НИИ № 5 (а до этого – п/я 0908), который, в свою очередь, был образован в 1950 году на базе слияния двух секретных

учреждений Атомного проекта – Института "А" и Института "Г". В этих институтах еще с 1945 года трудились немецкие специалисты, привлеченные к работам по так называемой урановой проблеме. Руководили исследованиями знаменитые немецкие ученые – лауреат Нобелевской премии по физике Густав Герц (1887–1975) ("Г") и крупный изобретатель в области радиотехники и электроники Манфред фон Арденне (1907–1997) ("А"). Перед обоими институтами была поставлена основная научная задача – изучение и разработка промышленных методов разделения изотопов урана, таких как электромагнитный, газодиффузионный, центрифужный и др. Важным направлением стало создание приборов для измерения изотопных концентраций и вспомогательной аппаратуры для ядерных исследований. К концу 40-х – началу 50-х годов значительную часть результатов научной деятельности немецких специалистов передали в другие институты и КБ для последующего их внедрения в промышленность [3].

После перевода В.В.Мигулина на должность директора СФТИ методом ЯМР занималась группа немецкого ученого Вернера Гартмана (1912–1988), результаты были изложены в первом отчете по ЯМР, написанном В.Гартманом и Н.Л.Олиферчуком в 1952 году. Примерно в то же время (видимо несколько ранее) начал разработку измерителя магнитного поля с применением ЯМР (см.

## Выдержки из документов, размещенных в [4. Вып. 5]

### I Лаборатория, руководимая доктором В.Гартманом

з) измерение магнитных моментов ядер;  
и) разработка новых типов фотоумножителей;  
(Основные исполнители: доктор В.Гартман, кандидат физико-математических наук И.Ф.Кварцхава).

(Из Постановления СМ СССР № 2857–1145сс/оп "О работе научно-исследовательских институтов "А" и "Г" и Лабораторий "Б" и "В" Первого главного управления при СМ СССР" от 1 июля 1950 г. Подписи: Председатель СМ СССР И.В.Сталин, Управделами СМ СССР М.Помазнев [С. 230]).

### II

2. В лаборатории д-ра В.Гартмана закончена разработка аппаратуры и проведено измерение магнитного момента ядер цезия. Полученные результаты обладают высокой точностью и представляют существенный научный интерес. Развертываются работы по усовершенствованию метода для дальнейших исследований магнитных свойств ядер различных элементов.

(Справка о ходе основных работ в НИИ-5 от 28 августа 1951 г. Подписи: В.С.Емельянов, В.В.Мигулин, А.И.Кочлавашвили [С. 694]).

*Примечание: речь идет об оптическом методе определения магнитного момента ядер цезия по данным о сверхтонкой структуре спектра (доложено на совещании 1952 года).*

### III

е) Работы лаборатории доктора В.Гартмана

В 1951 году закончена разработка аппаратуры для измерения магнитных моментов ядер по методу молекулярных пучков. Начаты систематические измерения магнитных моментов ядер различных элементов, и проводится работа по совершенствованию методики эксперимента. Метод молекулярных пучков представляет значительный интерес для изучения ряда элементов, к которым неприменимы другие методы исследования.

(Докладная записка Б.Л.Ванникова, А.П.Завенягина, В.С.Емельянова Л.П.Берии о результатах работы немецких специалистов от 19 мая 1952 г. [С. 736]).

*Примечание: ЯМР в молекулярных пучках был первым реализованным И.Раби (США, 1937) экспериментом по наблюдению ядерного магнитного резонанса. Судя по программе Совещания 1952 года и другим архивным документам, методу молекулярных пучков уделялось даже больше внимания, чем ЯМР в растворах,*

*поскольку его можно использовать для разделения изотопов.*

### IV

Немецкие специалисты, переведенные в Научно-исследовательский институт № 5 Первого главного управления, будут проводить несекретные работы по следующим основным направлениям:

1. Разработка источников многозарядных ионов для ускорителей (под руководством т. Мигулина и М.Арденне).
2. Разработка и изготовление масс-спектрометрических приборов новых типов (под руководством М.Арденне и д-ра В.Шютце).
3. Создание аппаратуры и проведение измерений моментов ядер (под руководством д-ра В.Гартмана).
4. Разработка и усовершенствование методов разделения стабильных изотопов бора, углерода, кислорода и др. (под руководством д-ра Х.Барвиха и д-ра Ю.Мюлленпфорда).

(Письмо А.П.Завенягина, И.В.Курчатова, В.С.Емельянова, И.Новикова Л.П.Берии с представлением проекта распоряжения СМ СССР по плану научно-исследовательских работ, выполняемых немецкими специалистами в 1952–53 гг. 1 декабря 1952 г. (датировано по дате исходящего номера документа) [С. 774.]).

### V

#### Советские специалисты НИИ-5

Во всех работах НИИ-5, руководимых немецкими специалистами, принимает участие значительное количество молодых советских физиков. За последние два-три года советские специалисты хорошо освоились с разрабатываемыми институтом проблемами, изучили экспериментальную технику, работают уверенно и с инициативой.

В группе М.Арденне выделяются советские специалисты Чкаусели, Слесарев, Гусев.

В группе П.Тиссена – Ермин, Ермина, Митренин, Прибытков, Некрасова.

В группе М.Стенбека – Кирвалидзе, Бурдиашвили, Репин, Резикин.

В группе Г.Герца – Гвердцители, О.Ф.Порошина, Попов.

В группе В.Шютце – Леонтьев, Орджоникидзе, Болотников.

(Докладная записка А.П.Завенягина Л.П.Берии от 21 августа 1950 г. "О результатах проверки состояния научно-исследовательских работ в НИИ-5" [С. 620]).



**Мигулин Владимир Васильевич** (1911–2002) – советский радиофизик, член-корреспондент АН СССР (1970), академик РАН (1992). Окончил Ленинградский политехнический институт (1932). В 1934–1941 годах работал в Физическом институте АН СССР, в 1946–1951 годах – в Теплотехнической лаборатории АН СССР (Институт теоретической

и экспериментальной физики АН СССР). В 1951–1954 годах директор Физико-технического института в Сухуми. С 1957 по 1959 год – заместитель генерального директора МАГАТЭ. С 1969 по 1989 год – директор ИЗМИРАН. С 1935 года преподавал в МГУ (с 1948 года профессор МГУ). Вице-президент Международного радиосоюза (1972–1978). Основные труды по теории колебаний, распространению радиоволн и др. проблемам радиофизики.



**Леонтьев Николай Иванович** (1921–не изв.) закончил Горьковский индустриальный институт (1947, инженер-радиотехник). На совещании в 1952 году был единственным от СФТИ докладчиком по применению метода ЯМР в растворе (измеритель магнитного поля на базе датчика ЯМР). После 1956 года занимался совместно

с Ю.К.Удовиченко созданием измерителя низких по напряженности и относительно неоднородных магнитных полей методом циклотронного резонанса. С 1959 года – кандидат технических наук. В СФТИ работал до 1983 года. В 1966–1969 годах – заместитель директора по научной части, в 1969–1974 годах – директор СФТИ. Единственный сотрудник СФТИ, опубликовавший работу по ЯМР в открытой печати.

[2] об этих и других исследованиях СФТИ в области ЯМР вплоть до 1960-х годов) Н.И.Леонтьев. Тогда он работал в институте "Г" под руководством Г.Герца в группе В.Шютце. В статье [2] также приведены краткие биографические данные о ранее неизвестных героях САП – ученых СФТИ, занимавшихся методом ЯМР.

Изучение архивных документов привело авторов к обнаружению ранее неизвестного историкам фактически первого всесоюзного совещания по радиоспектроскопии и использованию ЯМР и других методов исследования ядерных моментов, которое состоялось в 1952 году. В нем, как оказалось, принимали участие и будущие нобелевские лауреаты А.М.Прохоров и Н.Г.Басов (ранее первым по проблемам магнитного резонанса считалось совещание в Казани в 1955 году).

Вот программа совещания 1952 года, сохранившаяся в архиве СФТИ (цитируется по [2]):

- Я.А.Сморodinский. Магнитные моменты легких ядер и ядерные оболочки.
- В.Гартман. Определение спина ядра цезия методом нулевых моментов.
- А.Г.Кучеряев. О детекторе молекулярных пучков, основанном на разрушении пространственного заряда в цилиндрическом диоде.
- Ю.К.Сженев. О новом детекторе молекулярных пучков.

- К.В.Владимирский. Измерение магнитных моментов ядер методом ядерного парамагнитного резонанса\*.
- Н.И.Леонтьев. Измеритель напряженности магнитного поля, использующий магнитный момент протонов\*.
- А.М.Прохоров и Н.Г.Басов. Определение спина и квадрупольной связи ядра <sup>127</sup>I методом микроволновой спектроскопии.
- А.И.Барчуков. Измерение частоты и абсолютной интенсивности линий в радиоспектроскопии.
- Прохоров А.М. О перспективах микроволнового метода.
- О применении молекулярных пучков в микроволновой спектроскопии.

По совету К.А.Томилина, нашего коллеги по Институту истории естествознания и техники, считаем нужным дополнить статьи [1, 2] прямым цитированием "энциклопедии" советского Атомного проекта – сборника "Атомный проект СССР" [4]. В частности, из опубликованных в нем документов следует, что группа В.Гартмана первоначально занималась созданием метода определения степени обогащения урана по измерению

\* Доклады, посвященные непосредственно ЯМР.

α-частиц и достигла 1% точности ([4. вып.4, с. 616]), а затем в 1950 году была переориентирована постановлением СМ СССР на измерение магнитных моментов ядер. Параллельно методом ЯМР занимался Н.И.Леонтьев из группы В.Шютце института "Г". На совещании в 1952 году он выступил с докладом о разработанном им измерителе магнитного поля на базе датчика ЯМР (см. [2]). Именно Н.И.Леонтьев оказался наиболее успешным разработчиком аппаратов на методе ЯМР [5], а впоследствии также на принципе циклотронного резонанса [6].

Использование метода ЯМР в СФТИ, скорее всего, было инициировано В.В.Мигулиным. Результаты и планы работ нашли отражение в отчетных и директивных документах.

Непосредственно в программе исследований СФТИ освоение ЯМР в растворах не значилось, однако как способ измерения магнитных полей и изотопного состава соединений, особенно легких элементов, этот метод представлял значительный интерес. Немецкие ученые, привлеченные к работе в СФТИ, были знакомы с более ранним методом ЯМР в молекулярных пучках и осваивали его применение для масс-спектрометрического анализа изотопного состава. Среди них был упомянутый выше В.Гартман. С ним сотрудничали А.Г.Кучеряев и др. [2].

По сохранившимся в архиве СФТИ документам непосредственно занимался ЯМР в растворах тот же В.Гартман. В последующих работах с применением ЯМР приняли участие Н.Л.Олиферчук, В.А.Ксенофонтов и В.М.Лачинов, отдельные попытки получить новые результаты в области ЯМР растворов в более поздний период (1957) предпринимали и А.Г.Кучеряев с молодыми коллегами. В 1955 году он же совместно с В.М.Лачиновым сконструировал стабилизатор магнитного поля, видимо, также опираясь на метод ЯМР.

Конечно, ЯМР был в программе исследований и научно-технических разработок СФТИ сугубо вспомогательным методом. Поскольку развитие методов ЯМР высокого разрешения для нужд химии не интересовало сотрудников СФТИ, занятых в программах Атомного проекта СССР, прочных научных связей между СФТИ и другими центрами исследования ЯМР в Советском Союзе не возникло. К русскому переводу своей монографии по ЯМР немецкий (ГДР) профессор А.Лёше специально составил список литературы русских авторов. В переведенной на русский язык монографии упоминается работа Н.И.Леонтьева в ЖЭТФ [7, С. 612]. Там же ошибочно приведена ссылка на его статью 1960 года в журнале "Приборы и техника эксперимента" (ПТЭ), в которой описан отнюдь не метод ЯМР, а циклотронный резонанс (омегатрон) для измерения слабых магнитных полей.

Авторы благодарят К.А.Томилину за помощь в знакомстве с документами по истории советского Атомного проекта.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Кессених А.В.** Как у нас в СССР покоряли ЯМР. Развитие аналитических методов в СССР и России. Часть 1. // Аналитика. 2016. №1 (26). С. 80–89.  
**Kessenikh A.V.** How we explored NMR in the USSR. Progress of analytical methodology in the USSR and Russia. Part 1 // Analitika [Analytics]. 2016. No 1. (26). P. 80–89.
2. **Кессених А.В., Марколия А.А.** Метод ядерного магнитного резонанса в Сухумском физико-техническом институте (1949–1959) // ВИЕТ 2018. №1. С. 27–37.  
**Kessenikh A.V. Markolia A.A.** Method of Nuclear Magnetic Resonance in the Sukhumi Physico-Technical Institute (1949 - 1959) // Voprosy istorii estestvoznaniya i tekhniki [Questions of the history of science and technology]. 2018. Vol.39, No 1. P. 27–37.
3. **Марколия А.А.** Немецкие специалисты в Атомном проекте СССР: развитие центрифужного метода разделения изотопов урана в Институте "А" 1945–1952 // История науки и техники. 2017. №1. С. 29–41.  
**Markoliya A.A.** German specialists in the USSR Atomic project: development of a centrifugal method for separation of uranium isotopes at the Institute "A" 1945-1952 // Istoriya nauki i tekhniki [History of Science and Technology]. 2017. No 1. P. 29–41.
4. Атомный проект СССР: документы и материалы / Отв. сост. Г.А.Гончаров. – М.: Физматлит, 2005. Т. 2 (Атомная бомба. 1945–1954).  
Atomic Project of the USSR: Documents and Materials / resp. orig. G.A.Goncharov. – M.: Fizmatlit Publ. 2005. Vol. 2 (Atomic Bomb, 1945–1954).
5. **Леонтьев Н.И.** Измеритель магнитного поля, использующий магнитный резонанс протонов // ЖЭТФ. 1955. Т. 28. С. 77–84.  
**Leontev N.I.** A magnetic field meter using magnetic resonance of protons // Zhurnal Teoreticheskoy i Eksperimentalnoy fiziki [JETP]. 1955. Vol. 28. С. 77–84.
6. **Леонтьев Н.И.** Прибор для измерения малых магнитных полей // ПТЭ. 1960. №1. С. 78–82.  
**Leontev N.I.** Instrument for measuring small magnetic fields // Pribory i tekhnika eksperimenta [Devices and Experimental Equipment]. 1960. No 1. P. 78–82.
7. **Лёше А.** Ядерная индукция (перевод с немецкого под ред. П.М.Бородина). – М.: ИИЛ, 1963. 684 с.  
**Lösche A.** Kerninduktion. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1957.