

А. В. КЕССЕНИХ

ИЗ ИСТОРИИ ХИМИЧЕСКОЙ РАДИОСПЕКТРОСКОПИИ ЯМР В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ

(воспоминания, документы, материалы)

Посвящается памяти А. М. Цукермана

В рамках более широкого исследования, основные итоги которого были подведены ранее ¹, автор настоящего материала провел беседы с химиками – пионерами в области разработки и применения для различных нужд метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР), использовавшими отечественные спектрометры ЯМР в 1950–1970 гг. Среди них был и Израиль Яковлевич Слоним (1920–2006). В настоящей статье приводится содержание беседы со Слонимом, сопровождаемое комментариями. Особенность разговора с ним заключалась в том, что это был разговор давних коллег, хорошо знавших друг друга и даже иногда непосредственно сотрудничавших друг с другом. В дополнение к этому публикуются также краткое телефонное интервью с другим первопроходцем применения ЯМР в химии, Вячеславом Владимировичем Ястребовым, выдержки из автореферата диссертации А. Н. Любимова, отзыв на эту диссертацию, подписанный директором ИОХ АН СССР членом-



Аризель Моисеевич Цукерман (1920–2002), участник Великой Отечественной войны, сотрудник ИИЕТ РАН и член правления Московского отделения Всероссийского менделеевского общества, по инициативе и при поддержке которого были проведены исследования истории освоения в СССР химической радиоспектроскопии ЯМР

¹ См.: Кесених А. В. «Как у нас в СССР покоряли ЯМР» (развитие аналитических методов ЯМР в СССР и России) // Исследования по истории физики и механики. 2007. М., 2008. С. 148–194.

корреспондентом АН СССР (впоследствии академиком) Н. К. Кочетковым, и краткая справка о применении спектрометров конструкции Любимова в научных и образовательных учреждениях СССР.

Беседа с И. Я. Слоником²

Александр Кессених: Израиль Яковлевич! Расскажите о своей биографии, семье, учебе, судьбе, о службе, о фронте.



*Израиль Яковлевич Слоним (1920–2006).
Фото предоставлено администрацией
ОАО «НИИПМ»
(Т. И. Андреева, Т. Н. Прудскова)*

Родился я в 1920 г. в Воронеже в семье беженцев с Украины (из Путивля). Отец работал жестянщиком, мать была домохозяйкой. Жили мы на окраине города, но школа, в которой я учился, оказалась очень удачной как по составу учителей, так и по составу учеников. Надо сказать, что почти весь наш выпускной класс 1937 года выпуска попал в вузы. Я, как имевший «золотой аттестат», имел право поступать в вуз без экзамена. Почему я выбрал химию, мне теперь трудно сказать, наукой, вообще говоря, я очень интересовался, но особого предпочтения химии как-то не выказывал.

Попал я в один из лучших химических вузов СССР – Московский институт тонкой химической технологии. Органику нам читал молодой блестящий Александр Николаевич Несмеянов, физическую химию – Яков Кивович Сыркин, математику – Ольга Николаевна Цубербиллер.

А. К.: Сказались ли на вас репрессии 1937 г.?

Отец погиб от тифа в 1922 г., что спасло его в последующем от репрессий. Ведь в его биографии была такая страница: он возглавлял местную ячейку Бунда. Арестованы были (в Воронеже) дядя и тетя, и я им носил передачи весной 1937 г. А в МИТХТ я оказался осенью 1937 г. Жили мы в общежитии, я попал в очень хорошую компанию. Мы увлекались не только наукой и учебой, но интересовались литературой, искусством, посещали театры, музеи. Учился практически исключительно на отлично. Научная работа студентов была тогда как-то не в моде. Война застала меня на практике после третьего курса на заводе «Акрихин». Мы там налаживали производство риванола, такого

² Состоялась 11 сентября 2000 г.

средства для промывки ран. Помню, прибежал товарищ и говорит: «Война! Сейчас Молотов будет выступать!» Я сказал, вот как сейчас помню: «Хорошо если с Турцией, плохо, если с Германией. Риванола не хватит никакого!»

Когда началась война, нас перевели в Военную академию химзащиты. Через три месяца ускоренного обучения нам выдали дипломы о высшем военном химическом образовании. Еще какое-то время держали при академии, а с 1943 г. и до конца войны я служил на фронте, большей частью в штабах: полковом, дивизионном. Загружали меня в основном переводческой работой. Во время учебы в школе мне удалось хорошо выучить немецкий язык (в значительной степени самоучкой), и я почти свободно говорил по-немецки. Помимо перевода допросов пленных я был часто занят на работе по обучению солдат обращению с трофейным оружием и оборудованием, а также на саперных работах (приходилось читать немецкие карты, наших было мало). Как только кончилась война, меня взяли в комиссию, которая занималась эвакуацией (т. е. репарационными поставками. – А. К.) немецких заводов в СССР. Я разбирался, что взять, что взорвать. В этом деле я отличился. Мне за это составили протекцию и пригласили в аспирантуру Академии химзащиты к [будущему] члену-корреспонденту Константину Васильевичу Чмутову³ (по коллоидной химии). Мне тут очень повезло. За два с половиной года я сделал кандидатскую диссертацию по диффузии полимеров. Сделал и защитил в военной академии и оставался военнослужащим. По окончании меня взяли на сверхзакрытые работы по средствам защиты (от химического и от атомного нападения) на Урале за тремя заборами.

А. К.: Это не было связано с атомным проектом?

Непосредственно нет. Это были общие средства защиты: убежища, накидки, костюмы. Но в недобром 1952 г., точнее, в самом начале 1953 г., после «Дела врачей», всех, как тогда говорили, «инвалидов пятой группы» собрали и отправили в Москву. Нас таких оказалось человек двадцать «инвалидов пятой группы», и только один не был «инвалидом», это был просто проворовавшийся начфин какой-то части. Нам тогда прямо говорили: «Вот закончат процесс, врачей повесят на Красной площади, а вас расстреляют».

А. К.: Вас что, держали в заключении?

Нет, это было не заключение, а что-то вроде домашнего, точнее, казарменного ареста. Выходить разрешалось, но следовало вовремя возвращаться, т. е. постоянное наблюдение за нами было.

Но после того как умер Иосиф Виссарионович, мне предоставили возможность работать, но уже на преподавательской работе, и я преподавал химию в радиолокационной академии. Уволиться из армии, как я хотел, мне тогда не разрешили. Ведь я защитил диссертацию в военной академии. И только

³ Константин Васильевич Чмутов (1902–1979) – доктор химических наук (1940), член-корреспондент АН СССР (1953). См., например: *Ларионов О. Г., Белякова Л. Д.* Константин Васильевич Чмутов // История науки и техники. 2009. № 11. С. 67–69.

в 1959 г., когда по хрущевской инициативе началась химизация, я уволился из армии и начал искать работу. Я нашел возможность поступить в Институт пластических масс, где тогда уже работала моя жена. Осенью 1959 г. в НИИПМ организовывалась новая лаборатория физико-химического профиля.

Ее создавал Моисей Борисович Нейман ⁴, крупнейший ученый, соратник Николая Николаевича Семенова. Он был автором многих глав в их совместной книге по цепным реакциям. Он был исключительно эрудирован в области деструкции и стабилизации полимеров. И тут глубокой осенью 1959 г. от него я впервые услышал слово ЯМР. До этого я занимался коллоидной химией, светорассеянием, полимерной химией. Нейман предложил мне создать группу ЯМР, он был первым, кто рассказал мне об ЯМР и не просто рассказал, но и разыскал в Москве человека, который уже два года (с 1957 г.) занимался ЯМР. Нейман нас познакомил. Это был Александр Николаевич Любимов ⁵, выдающийся человек исключительной культуры и высочайшей общей эрудиции, например, он по-немецки говорил на литературном языке и на диалекте, хорошо знал литературу и искусство. Его мать была первой женщиной – магистром искусств. Человек, который... с тяжелой судьбой. Происхождение затрудняло ему жизнь. Сидел, работал в «шарашке» вместе с Солженицыным (это известно мне от самого Любимова).

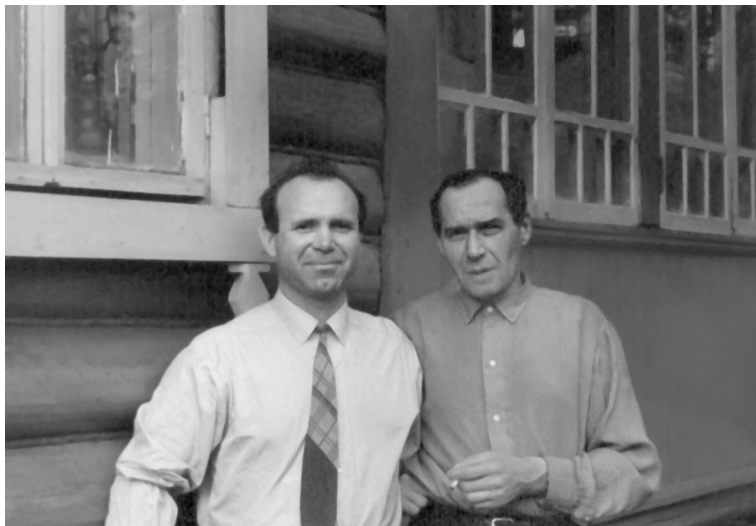
Арестован был якобы за шпионаж... Насколько они верили в его шпионскую деятельность видно из того, что ему в шарашке было поручено разрабатывать государственный шифр. Этот шифр в государстве три человека имеют право знать: глава государства, руководитель секретной службы и того, что теперь называют ФАПСИ.

После войны он сидел, но в 1957 г. ⁶ работал уже в Центральной лаборатории автоматики (Министерства черной металлургии) на Кировской, теперь Никольской (на самом деле Мясницкой. – А. К.). Ему удалось сделать спектрометр ядерного магнитного резонанса.

⁴ Моисей Борисович Нейман (1898–1967) родился в местечке Ветка под Гомелем. Окончил физико-математический факультет Ленинградского государственного университета одновременно по отделениям физики и химии в 1923 г. С 1929 г. – в Лаборатории электронных явлений Н. Н. Семенова (с 1931 г. – в ИХФ). С 1943 г. – также директор НИИ химии при Горьковском государственном университете. В 1946 г. возглавил также в ИХФ Лабораторию радиоактивных изотопов (в дальнейшем Лабораторию меченых атомов), в 1957 г. после вынужденного перерыва (1953–1957) Нейман стал вновь заведующим лабораторией, на этот раз Лабораторией структурных методов стабилизации полимеров. См. о нем: *Дубовицкий Ф. И.* Институт химической физики (очерки истории). М., 1996. С. 100–101, 352–356.

⁵ Александр Николаевич Любимов, согласно архиву ИОХ РАН, родился в г. Серпухове Московской области 15 августа 1915 г., умер в октябре 1980 г. Согласно тому же источнику, он окончил четыре курса Московского энергетического института, из которого ушел в 1939 г. Сопоставление дат рождения и учебы на четвертом курсе указывает на какие-то трудности в жизни Александра Николаевича. По воспоминаниям Федина (см.: *Федин Э. И.* Золотое клеймо неудачи (воспоминания о советском приборостроении ЯМР) // Научное сообщество физиков СССР. 1950–1960-е и другие гг. СПб., 2007. Вып. 2. С. 366–393) со слов Любимова в 1939 г. последний был мобилизован в армию в порядке так называемого «ворошиловского призыва», а затем воевал и был в плену. Арестован он был не сразу после конца войны, а через некоторое время и сразу попал в «шарашку». Данных о его биографии в период с 1939 по 1955 г., до той поры, когда ему выдали в Кучинском отделении милиции Московской области бессрочный гражданский паспорт, в личной карточке нет. Причины этого очевидны.

⁶ По архивным данным ИОХ им. Н. Д. Зелинского РАН – с 1955 г.



Слева направо: Анатолий Федосеевич Вареник (1926–1996) и Александр Николаевич Любимов (1915–1980). Фото 1970-х гг. из архива Э. И. Федина (ИНЭОС АН СССР)

А. К.: А кто заказывал Любимову ЯМР в 1957 г.? Или это была инициативная работа?

Насколько я знаю, это была инициативная работа. Его сотрудник, также товарищ по несчастью, по «шарашке», Анатолий Федосеевич Вареник ⁷ много ему помогал. Они сделали спектрометр ЯМР широких линий.

По чувствительности этот спектрометр вполне годился еще лет через десять после своего создания. Мы с ним тогда начали зимой 1960 г. работать. Меня зачислили в НИИПМ с января 1960 г. старшим научным сотрудником. Я начал создавать группу. Первым Любимов рекомендовал мне своего механика Алексея Григорьевича Коновалова, с которым он тоже сидел вместе в «шарашке». Потом к нам пришел дипломник Урман Яков Гецелевич, в конце шестидесятого года. Мы ходили



Центральная лаборатория автоматике Минчермета (конец 1950-х – начало 1960-х). У сконструированного ими спектрометра А. Н. Любимов (стоит) и А. Ф. Вареник. Фото из архива Э. И. Федина (ИНЭОС АН СССР)

⁷ По данным архива ИОХ им. Н. Д. Зелинского РАН Анатолий Федосеевич Вареник родился 14 октября 1926 г. в с. Калиново Головановского р-на Кировоградской обл. УССР, умер в 1996 г. в Москве. Согласно данным архива ИОХ, в ЦЛА он работал с 1960 г., что представляется ошибочным, поскольку в 1950-х гг. он уже работал с Любимовым. В 1961 г. он, по всей видимости, заочно окончил Московский электротехнический институт связи.

работать в Центральную лабораторию автоматики (ЦЛА) к Любимову по ночам, потому что прибор был крайне чувствителен к помехам, а по улице ходили тогда троллейбусы. И стоило пройти троллейбусу, на экране вместо сигнала какие-то зигзаги и надо начинать сканировать сначала. Очень быстро мы опубликовали первую работу, посвященную ЯМР в эпоксидных смолах. Затем в этой же лаборатории для нас был изготовлен спектрометр широких линий сначала на 10 МГц, потом на 20 МГц ⁸.

А. К.: Это был тот же (по конструкции) прибор?

Да это был тот же прибор. И это был неплохой прибор со стабилизацией резонансного поля.

Вообще, стабилизация поля всегда была в поле интересов, простите за неудачный каламбур, в области интересов Александра Николаевича. Именно он, кажется, первый в мире предложил для этой цели... спиновый генератор ⁹. Любимов регулярно приходил к нам, помогал нам. Мы искали различные приложения ЯМР.

А. К.: Тогда был такой поиск: искать все, для чего может пригодиться ЯМР.

Да. И для изучения кинетики различных процессов и для изучения структуры. И даже мы с помощью ЯМР широких линий и с помощью сидящего рядом со мной Александра Владимировича установили размеры полимерного домена при постполимеризации гамма-облученного монокристалла триоксана при последующем нагревании ¹⁰. Это работы в области полимеризации, потом работы в области влияния магнитных полей... ¹¹

⁸ Любимов А. Н., Вареник А. Ф., Слоним И. Я. Спектрометр ЯМР ЦЛА 5535 // Заводская лаборатория. 1962. Т. 8. С. 991.

⁹ Это ошибка. См.: Любимов А. Н., Вареник А. Ф. Устройство для стабилизации поляризуемого магнитного поля спектрометра ядерно-магнитного резонанса. Авторское свидетельство СССР № 153133. G 01 N 27/78. Заявление от 13 марта 1962 г., опубликовано 13 июня 1963 г., Бюллетень № 4. Свидетельство выдано Любимову и Варенику на устройство для стабилизации поля по сигналу дисперсии ЯМР. Аналогичные же устройства применялись и применяются теперь во всех спектрометрах ЯМР. Ведущей тогда в приборостроении ЯМР фирме «Вариан» (США) не пришлось покупать лицензию у Любимова. Она начала со спинового генератора на вспомогательном образце в своей модели А-60. Любимов же перешел на спиновый генератор позже (см. Любимов А. Н., Вареник А. Ф., Кессених А. В. Спектрометр ЯМР РС-60 // Журнал структурной химии. 1966. Т. 7. № 5. С. 694–699), шаг, который Федин считает неудачным (см. Федин. Золотое клеймо неудачи...). Вскоре «Вариан» отказался и от спинового генератора, и от вспомогательного образца.

¹⁰ См. Кессених А. В., Прутт Э. В., Слоним И. Я., Урман Я. Г. Ядерная магнитная релаксация в системе полимер в матрице мономера // Высокомолекулярные соединения. 1968. Т. 10 (А). С. 119–123.

¹¹ См. Слоним Я. И., Урман Я. Г., Коновалов А. Г. Влияние магнитного поля на динамическую поляризацию ядер при химической реакции // Доклады АН СССР. 1970. Т. 195. С. 153–154.

А. К.: Ну это было потом.

Да, это было позже. Александр Николаевич Любимов, хотя не был теоретиком, но глубоко понимал теорию ЯМР. Он прочитал нам курс лекций, глубокий по содержанию, но доступный для понимания. Уже к 1965 г. у нас накопилось довольно много собственных работ. Накопилась большая картотека опубликованных работ по полимерам, и мы решили написать совместно монографию по ядерному магнитному резонансу в полимерах, это была вообще первая монография по ЯМР в полимерах в мире¹². Наша книга была очень быстро написана и очень быстро опубликована. Тут помогла книжная ярмарка, к которой приурочили издание.

А. К.: У меня, конечно, такая есть.

Да... Издали в 1966 г., очень оригинально оформили, внешне оригинально оформили. Книга¹³ состоит из двух частей. Первая часть теория. Очень оригинально написанная книга, до сих пор не устаревшая. Во второй части рассмотрены различные приложения ЯМР в науке о полимерах. Первую часть написал Любимов, а вторую часть я написал, а Любимов просматривал, чтобы все было достаточно грамотно с точки зрения физики. Там было больше 800 ссылок, указатель работ по полимерам. Книгу скоро переиздали в США [еще до выхода монографии Бови].

А. К.: А какое образование было у Любимова?

Не помню точно. Незаконченное высшее. Кажется, МВТУ¹⁴.

А. К.: МВТУ? Почему не окончил? Война помешала? Хотя виноват, он ведь 1915 г. рождения...

Война прервала... По-моему, у него были уже до войны неприятности с органами. Он был из дворянской семьи...

А. К.: Это очень похоже.

... и никогда не скрывал своих взглядов.

¹² Ученый из США Фрэнк Бови издал свою монографию, конечно, очень ценную, в 1972 г. (Bovey F. A. High Resolution NMR of Macromolecules. New York; London, 1972. P. 462). В 1977 г. ее перевод вышел в СССР под редакцией Слонима (Бови Ф. А. ЯМР высокого разрешения макромолекул. М., 1977).

¹³ Слоним И. Я., Любимов А. Н. Ядерный магнитный резонанс в полимерах. М., 1966.

¹⁴ Мы уже указывали, что Александр Николаевич Любимов учился не в МВТУ, а окончил четыре курса Московского энергетического института.

А. К.: Да, кстати, а вы были когда-нибудь членом партии?

Нет, слава богу, никогда, бог миловал. Я всяческими способами на фронте выкручивался, чтоб не вступить. Ну не то чтобы я понимал, что все не так гладко, но не хотел. Хотя, когда умер Сталин, я очень переживал, думал, что все безобразия творит его окружение... Ну, впрочем, неважно.

А. К.: Понятно, понятно, понятно...

Итак, у нас вышла монография, и я решил написать и написал за три месяца всего докторскую диссертацию «ЯМР широких линий в полимерах». Это было осенью 66-го года. Один экземпляр я подарил Александру Николаевичу с такой надписью: «Если это предприятие окончится успешно, значит, у меня превосходный учитель. Если сорвется, значит, у вас туповатый ученик».

А. К.: Хорошо!

Целый год мурыжили мою диссертацию по разным советам, никто не отваживался взять такую новую тему...

А. К.: Надо было в Казани защищать.

Я тогда не знал про Казань, что там можно. Наконец, я защитился в своем родном институте МИТХТ. Тогда диссертацию горячо поддержал Сыркин Яков Кивович, он тогда работал еще и был в силе. После всех страданий зато диссертация быстро прошла в ВАКе. Меня утвердили через 42 дня после того как я отнес документы в ВАК.

А. К.: Это почти рекорд! Впрочем, я имел сведения о том, что одна из диссертаций, защищенных в МГУ, была утверждена ВАКом менее чем за неделю.

Это не рекорд, но просто она попала к людям, которые меня хорошо знали. Поэтому она быстро прошла.

Александр Николаевич через некоторое время под моим нажимом написал кандидатскую диссертацию. Ведь это абсурд! Я один из его учеников к тому времени защитил докторскую диссертацию, а у него не было даже кандидатской. Мы поехали вместе с ним в Казань. Защищать диссертацию¹⁵.

А. К.: И я там был!

Да, да.

¹⁵ У нас имеется автореферат диссертации А. Н. Любимова на соискание степени кандидата физико-математических наук «Некоторые вопросы теории и техники эксперимента в спектроскопии ядерного магнитного резонанса высокого разрешения», подписанный к печати 18 ноября 1968 г., см. соответствующее дополнение 3.

А. К.: И мы вместе обратно летели на левом самолете...

На грузовом. Парадоксально было. На том же заседании защищалась еще такая sereneкая ученическая диссертация о применении инфракрасной спектроскопии к изучению комплексообразования в органических соединениях. Я Александру Николаевичу рассказал содержание диссертации его партнерши по заседанию совета заранее, только прочитав название. Он потом ко мне приставал: как это мне удалось. Я говорю: так это же легко знать... (*дружный смех интервьюируемого и интервьюера*).

А что там еще другое могло быть? Берется несколько органических соединений, фенолов или еще каких-нибудь, построены спектры или какие-то еще зависимости. Так и было (мы ведь слушали доклад) точь-в-точь, хотя я никогда эту диссертацию не видел ни до, ни после. После этого он буквально сверкал на трибуне и умом, остроумием, эрудицией. И за это – кандидатскую.

Но он пошутил. И на экземпляре диссертации, который лежит у меня, написано: «Дорогому Израилю Яковлевичу, моему учителю, ученику и коллеге, с глубочайшей признательностью за все. 26.XII.1967».

А. К.: Это день защиты¹⁶.

Да. Ну говорить о том... учителю... Это просто перефразировка того, что я ему написал.

А. К.: Но ведь вы показали ему, к чему можно применить ЯМР, а он всегда интересовался этим. Проявлял любопытство.

Да, он участвовал и следил за работами нашей лаборатории очень. Ведь в его лаборатории был сделан для нас и первый прибор ЯМР высокого разрешения сначала на 20 МГц [для протонов]¹⁷, потом на 40 МГц¹⁸... А потом и на 60 МГц¹⁹.

А. К.: Ну это было, когда уже он работал в ИОХе.

Да, Александр Николаевич перешел тогда в Институт органической химии, там было конструкторское бюро аналитического приборостроения. К сожалению он рано умер... выпало из памяти.

А. К.: В восьмидесятом году.

Да, в восьмидесятом. Он был очень удручен, что как только ему исполнилось 60 лет, его уволили с работы (фактически в 1977 г., ему было 62 года. – А. К.).

¹⁶ Видимо, тут ошибка: судя по предыдущему примечанию о диссертации – защита состоялась 26 декабря 1968 г.

¹⁷ Любимов, Вареник, Слоним. Спектрометр ЯМР ЦЛА 5535...

¹⁸ Любимов А. Н., Вареник А. Ф., Федин Э. И. Спектрометр ЯМР РС-40 // Журнал структурной химии. 1963. Т. 4. № 6. С. 919–923.

¹⁹ Любимов, Вареник, Кессених. Спектрометр ЯМР РС-60...

Я уверен, что с подачи соответствующих органов. А за ним следили все время, я знаю. Не то чтобы за каждым его шагом, а за его работой²⁰. Уверен, что в лучших условиях он мог бы... ну, до нобелевского лауреата.

А. К.: *Ну, если бы он в Пало-Альто попал... Году так... в 1945-м (в 1945 г. в США был открыт ЯМР. – А. К.). По возрасту он уже тогда подходил.*

Да... То он был бы не слабее Эрнста²¹, потому что по силе мысли, по эрудиции, по научной потенции, а я соприкасался со многими, мне на это везло, он превосходил всех крупнейших ученых, с которыми я встречался²².

Он не использовал и десятой доли своего потенциала научного, творческого и человеческого. И Анатолий Федосеевич Вареник ему всегда помогал. Очень знающий, эрудированный человек.

А. К.: *Израиль Яковлевич, я бы хотел для полноты картины несколько слов о вашем институте, поскольку после 59-го года всю оставшуюся жизнь вы работали здесь, чтобы вы рассказали историю НИИПМ²³, его предысторию, как он возник, вообще, как он функционировал, историю его развития.*

Понятно. Институт возник во время войны, когда из осажденного Ленинграда перевели ученых... Бродского²⁴ и Петрова и других.

А. К.: *Петров? Как его имя отчество?*

Профессор Петров, крупнейший специалист по полимерам, создал один из первых заводов по производству полимеров «Карболит» в Орехове-Зуеве.

²⁰ Сам Любимов винил в своем преждевременном увольнении на пенсию не «органы», а дирекцию ИОХ. См. об этом: *Кессених А. В.* Физик на службе у химиков. Воспоминания о работе в ИОХ АН СССР (1965–1972) // Исследования по истории физики и механики. 2009–2010. М., 2010. С. 300–348. К тому времени академические институты перешли на оснащение импортным оборудованием. В специальном конструкторском бюро ИОХ был сделан еще один прибор, «среднего разрешения», для каталитических лабораторий. Вареник стал главным конструктором отдела, а потом и заместителем начальника СКБ ИОХ.

²¹ Рихард Эрнст – лауреат Нобелевской премии 1993 г. по химии за применения ЯМР. См. о нем, например, в статье: *Кессених А. В.* Имена и безымянные герои магнитного резонанса // ВИЕТ. 2009. № 2. С. 82–98.

²² Возможно, Израиль Яковлевич несколько преувеличивает, но, во всяком случае, Любимов в теории колебаний был на уровне представителей школ МГУ и ФИАН (Ю. С. Константинова и К. В. Владимирского). С Н. М. Померанцевым (учеником профессора С. Д. Гвоздовера, МГУ) у Любимова есть совместная работа в «Журнале технической физики» «К теории спинового генератора на боковой частоте». Вот таков был настоящий научный масштаб инженера Любимова. У интервьюера сохранились замечательные и грустные воспоминания о контактах Любимова с заводскими специалистами Сумского завода измерительных приборов. См. об этом: *Кессених.* Физик на службе у химиков...

²³ Научно-исследовательский институт пластических масс им. Г. С. Петрова был создан в апреле 1943 г. См.: http://instplast.ru/istoricheskaya_spravka.

²⁴ Гершон Шимонович Бродский – автор многочисленных патентов, лауреат Сталинской премии 1949 г. (вместе с Г. С. Петровым и др.).

Имя его до сих пор носит институт... Григорий Семенович Петров. Во время войны институт занимался прикладными проблемами, я не очень знаю, чем он занимался там во время войны и в сороковых. Активно участвовал в развитии полимерной промышленности в Советском Союзе после войны. Бурное развитие института наступило после решений о химизации во времена Хрущева.

А. К.: *А когда это было?*

Примерно в 1957–1958 гг., когда был объявлен лозунг, вы помните, «плюс химизация всей страны». Энергичный человек Акутин (имя и отчество вспомним), он тогда руководил, умело воспользовался конъюнктурой, добился новых площадей (а до этого институт размещался на старом заводе), построил новые здания, в несколько раз расширил штаты, создал новые лаборатории, в институт пришло много молодых и уже имевших опыт сотрудников.

А. К.: *Собственно, тогда и вы пришли в институт...*

Физико-химическое направление стало развиваться, вот в этом участвовал Моисей Борисович Нейман из Института химической физики. Была создана лаборатория. Берта Михайловна Коварская²⁵ руководила этой лабораторией, тоже хороший специалист и хороший организатор, вскоре после этого докторскую диссертацию защитила и до 1977 г. работала. Она и ныне здравствует в весьма почтенном возрасте. Ей удалось с помощью Моисея Борисовича Неймана и Модеста Сергеевича Акутина подобрать очень хороший коллектив физико-химической лаборатории. И физико-механическая лаборатория [была создана]...

А. К.: *А вот конец? Нынешнее состояние института как развивалось?*

Институт очень тяжело перенес переход к рынку. Нужно сказать, что вся советская промышленность, а особенно химическая промышленность, была ориентирована на 80–90% на военно-промышленный комплекс. Об этом можно судить по тому, что запуск первого спутника, станции «Мир», первый запуск «Бурана» отмечались в нашем институте большим количеством наград. Институт очень хорошо финансировался, а наша лаборатория финансировалась еще и за счет Государственного комитета по науке и технике, который по сути дела представлял собой научно-технический центр ВПК. Мы могли получать валюту и получали ее.

²⁵ Коварская Берта Михайловна (1912–2006, Москва) – дочь Михаила Осиповича Коварского. Физико-химик, доктор химических наук, профессор. Основные ее работы выполнены в области старения и стабилизации пластмасс. Коварская окончила МИТХТ им. М. В. Ломоносова в 1935 г., затем работала на кафедре физики и химии каучуков там же, а также в Институте физической химии АН СССР и других институтах. Принадлежала к научной школе академика П. А. Ребиндера.

А. К.: *Какие импортные спектрометры ЯМР вам удалось закупить для лаборатории и когда?*

В 1970 г. получили японский [спектрометр] на 60 МГц. Потом «Брукер WH-90». В 1981 г. закупили SPX-200 [фирмы «Брукер»] с приставкой для твердого тела, но его широко не использовали.

А. К.: *А историю вашей последней импортной закупки в 1990 г. расскажите.*

В 1990 г. институт (директором тогда был Владислав Павлович Коврига) продал за границу (насколько помнил Слоним – в Болгарию. – А. К.) лицензию на производство поликарбоната и на эти средства закупили много оборудования, в том числе для ФХЛ – *Gemini-300* фирмы *Varian*.

А. К.: *А каков был ваш вклад в эту лицензию?*

Наша работа в основном и была связана с химической технологией: от синтеза мономера до полимера на всех стадиях проверяли процессы методом ЯМР. Думаю, что для поликарбоната снято было не менее 1000 спектров. Но это относится и к другим работам. В некоторые акты военной приемки входили данные ЯМР, в основном высокого разрешения.

А. К.: *Расскажите о ваших сотрудниках.*

У нас были блестящие сотрудники, в особенности Аршава Борис Михайлович (он теперь в США работает). Булай Анна Хулиановна (она некоторое время работала в Испании, теперь вернулась и работает в одной очень процветающей фирме). Алексеева Светлана Гаевна работает в МИТХТ в физико-химической лаборатории по специальности. Яков Гецелевич Урман осваивал все приборы. В 1982 г. мы вместе с Я. Г. Урманом издали монографию «ЯМР спектроскопия гетероцепных полимеров»²⁶. Книга, вот смотрите, посвящена памяти А. Н. Любимова. Сейчас в НИИПМ на «Вариане» (спектрометре. – А. К.) работает один Я. Г. Урман. Его сын Лев Яковлевич пошел по стопам отца. Сейчас работает в Институте Вейцмана в Израиле, скоро переезжает в США. Я занимаюсь литературой. С помощью нашего сотрудника Валерия Николаевича Ключникова удалось создать хорошую базу данных по литературе по ЯМР в полимерах. Скажу, что численность лаборатории за последние десять лет уменьшилась в десять раз.

А. К.: *А как институт в целом?*

Другие лаборатории вообще превратились в АО и просто выпускают продукцию. Наш ФХО сохранился как научное подразделение. Наш институт был

²⁶ Слоним И. Я., Урман Я. Г. ЯМР-спектроскопия гетероцепных полимеров. М., 1982.

с начала реформ акционирован, а акции скупил банк «Менатеп», абсолютно не занимавшийся делами в институте. В 1994 г. НИИПМ перешел в муниципальную собственность, 90% акций принадлежит мэрии Москвы²⁷. Это привело к некоторому возрождению института. Иванов Петр Сергеевич стал директором. Его можно похвалить. Хорошо знает технологию, промышленность и организатор хороший. Конечно, половину площадей сдали в аренду, зато у нас через одного из арендаторов хороший стекловолоконный выход в Интернет.

Наша лаборатория сейчас проводит много заказных работ, в том числе по технологии и еще по экологии (состав очистных сред). Руководит Татьяна Николаевна Прудскова, тоже очень способная по науке и по организационной части. Для нас, например, закупили хороший хроматограф.

А. К.: Разрешите несколько частных дополнительных вопросов. Первый, вы серьезно увлекались сдвигающими реагентами, известен ваш обзор с А. Х. Булай²⁸. Это вы из-за экзотики?

Нет, в начале семидесятых, когда у нас не было приборов с сильным полем, нам серьезно этот метод казался заменой сильнополевой приборной техники. Трис-дипивалоилметанат европия нам синтезировали в Институте физической химии. А вы видели, как выглядит с реагентом спектр ПМР амилового спирта? Все группы разрешены на 60 МГц!²⁹

А. К.: Второй вопрос для самообразования, что такое поликарбонат, за который вы купили ваш прекрасный прибор, и какие такие у него (поликарбоната) замечательные свойства?

Это гетероцепной (с кислородом и, как правило, 1,4-фенильными кольцами в цепи) полиэфир угольной кислоты. Свойства его такие: высокая ударная прочность и прозрачность, выглядит как стекло, а молотком не разобьешь (такой трюк применялся на выставке в экспозиции германской фирмы *BASF*). Температуру выдерживает до 100 °С. Из него можно и небьющуюся посуду

²⁷ В 2004 году НИИПМ имени Г. С. Петрова реформирован в Открытое акционерное общество «Институт пластмасс имени Г. С. Петрова».

²⁸ Слоним И. Я., Булай А. Х. Парамагнитные сдвигающие реактивы в ЯМР спектроскопии // Успехи химии. 1973. Т. 42. № 11. С. 1976–2006.

²⁹ Каждому положению водородов в структуре амилового спирта, его формула $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$, соответствует отдельная линия в спектре протонного магнитного резонанса при добавлении в раствор так называемого «сдвигающего реагента», названного выше соединения европия, образующего комплекс со спиртом путем присоединения кислорода группы ОН. А в отсутствие реагента в спектре на 60 МГц три линии CH_2 из четырех слиты в одну сильно уширенную линию. Однако этот метод годится лишь для спиртов, кетонов, альдегидов, некоторых аминов и не подходит для углеводов и большинства макромолекул с небольшим числом кислород- или азотсодержащих групп. Переход на спектрометры ЯМР с более высокими частотами (сильными поляризуемыми магнитными полями) приводит к тому, что линии подобных и гораздо более сложных соединений разрешимы в спектре и безо всяких добавочных реагентов.

делать для «Аэрофлота». Но главное его предназначение – компьютерные диски.

А. К.: *Еще вопрос. Напомните ваш любимый анекдот про электронное реле и круглосуточный пост. Это вы были тогда полковником? (Я помню фразу: «Устава не знаете, товарищ полковник! Мы поставим круглосуточный пост!»)*

Это не анекдот, это быль. Я-то был тогда майором... нет еще капитаном, полковником был мой руководитель Чмутов³⁰.

А. К.: *В заключение скажите, сколько числится трудов в вашем списке?*

(Показывает список) 224 штуки, последний в 1995 г. Больше ничего³¹.

А. К.: *Кстати или некстати, хорошо ли вы знаете Вячеслава Владимировича Ястребова?*

Я его, конечно, знаю, трудно не заметить человека, который выше меня (Слоним был ростом более 180 см. – А. К.), но тесного знакомства у нас не было.

А. К.: *Я вспомнил про Ястребова потому, что он был вместе с вами одним из тех, кто первым начал применять ЯМР в химических институтах, конкретно в МИТХТ. И он подобно вам сотрудничал с Любимовым, работал на его приборах.*

Я это знаю, конечно, но о деталях не в курсе. Его телефон знает Светлана Гаевна Алексеева.

³⁰ Анекдот, он же быль, таков. В Военной академии химической защиты Слоним решил изучать какой-то процесс изотермической полимеризации. Вместе с руководителем они просили начхоза выписать электронное реле для схемы регулировки температуры. Начхоз сказал, что тратиться ни к чему, а надо поставить у установки солдата, создать пост. Пусть этот солдат по показаниям термометра включает и отключает обогрев. «Но ведь процесс идет много дней и круглосуточно», – возразил Константин Васильевич. «Устава не знаете, товарищ полковник, – парировал начхоз, – мы создадим круглосуточный пост!»

³¹ Под новый 1993 г. мы с Израилем Яковлевичем уже провели одно интервью для бюллетеня «Новости ЯМР в письмах». Он тогда ожидал намного худшего, чем получилось на самом деле. Предсказывал, что «накроется медным тазом весь советский ЯМР». На деле Израиль Яковлевич получил статус соросовского профессора, был в 1994 г. на Международной конференции по полимерам в Вальядолиде. До 1995 г. включительно ежегодно публиковал три-четыре работы в международных журналах.

Дополнение 1

Интервью с В. В. Ястребовым³²

Александр Кессених. Вячеслав Владимирович! Ваши координаты мне сообщила бывшая сотрудница Израйля Яковлевича Слонима Светлана Гаевна Алексеева. Беседа с вами меня интересует, поскольку вы, как и Израиль Яковлевич, одними из первых внедрили в химических институтах спектрометры ЯМР, и именно спектрометры конструкции А. Н. Любимова. Эффективность работ Любимова и их конкретный выход для химии – это то, что меня интересует. Хочется узнать о вашей биографии основные факты и особенно историю появления и развития ЯМР в МИТХТ.

Я буду очень рад вам помочь.

Основные факты такие. Родился я в 1923 г.

А. К.: Где?

В Москве.

А. К.: Где получали образование? В МИТХТ?

Нет, я университет кончал. В 1941 г. меня сначала почему-то не призвали, и я поступил на химический факультет. Потом в конце года нас перевели на ускоренный выпуск Академии химзащиты. Это были ускоренные курсы – сроком 9 месяцев. Халтура. После этого меня направили на химический полигон в Кузьминках. Три года я занимался с ОВ. Но в 1945 г. снова поступил на первый курс химфака и в 1950 г. его закончил. В 1953 г. по секретной теме (связанной с окислительными свойствами компонентов разных смесей) защитил кандидатскую. Потом работал на химфаке до 1958 г. Был замдекана химфака. После этого решил попробовать себя на практике в технологических исследованиях. Пошел в технологический институт п/я 4019



Вячеслав Владимирович Ястребов. Фото предоставлено А. Н. Зобниковой (каф. физической химии МИТХТ)

³² Взято по телефону в сентябре 2001 г.

(тогда ГНИИХТЭОС³³). Четыре года занимался там ракетными топливами. В 1962 г. – замдекана (на самом деле проректор. – А. К.) МИТХТ³⁴. Борис Васильевич Унковский (1922–1992. – А. К.) и [Игорь Александрович] Тугорский пригласили меня заниматься спектроскопией ЯМР. Вообще-то я еще в почтовом ящике интересовался применением ЯМР, но было неясно, где взять прибор. Первая лаборатория ЯМР, которую я посетил, была в Ленинграде, но там были приборы неподходящие, и они не собирались их внедрять в промышленное производство.

А. К.: Видимо, это было в ЛГУ?

Да. Я понял, что эта разработка неперспективная для нас. Но тут в 1962 г. к нам в МИТХТ попал любимовский проспект. Они рекламировали свой прибор, и у нас были деньги, мы сделали заявку. Но Любимов и Вареник сказали, что пока свободных приборов нет, пригласили походить к ним, поработать на одном из готовых приборов. Я там фактически стажировался. Любимов проводил в лаборатории коллоквиумы, учил меня работать. Потом уже (в 1964 г., как позже вспомнил Вячеслав Владимирович. – А. К.) нам поставили прибор 20 МГц.

А. К.: Марку его помните? Это ведь еще был не РС...

Какая-то четырехзначная цифра.

А. К.: По-моему, ЦЛА 5535.

Вот-вот, что-то вроде этого. Поставили у нас прибор, пришел первый студент, потом он у нас был аспирантом, Чернышев Алексей Михайлович.

У меня с Любимовым и Слонимом был еще один контакт. Я имел некоторый опыт редактирования, и они меня упросили быть редактором их книги «ЯМР в полимерах». Я вместе еще с кем-то (с Н. Ф. Цветковой. – А. К.) был редактором от издательства этой книги.

А. К.: Расскажите о тематике ваших работ, как использовали прибор и какие другие приборы получали.

Знаете, до 1968 г. у нас был только 20 МГц прибор, а потом мы с большим трудом получили с Сумского завода РС-60. У нас была (она и сейчас есть)

³³ 21 декабря 1945 г. было издано постановление Правительства СССР об организации этого института – Государственного НИИ химической технологии элементоорганических соединений. В его становлении активное участие принимали академики А. Н. Несмеянов, К. А. Андрианов, Г. А. Разуваев, К. А. Кочешков, О. С. Медведев, И. В. Петрянов-Соколов, А. Д. Петров. Институт разрабатывал технологии производства кремнийорганических, борорганических, металлорганических соединений в основном для оборонных целей. См.: <http://www.eos.su>.

³⁴ Московский институт тонкой химической технологии (основан в 1930 г.) – одно из старейших и авторитетнейших высших учебных заведений химического профиля в СССР, наследник Московских высших женских курсов и так называемого 2-го МГУ. См. также выше интервью со Слонимом.

кафедра физической химии. Мы понемногу снимали спектры для всех других кафедр, причем приходилось агитировать людей за применения ЯМР. Я сам больше всего интересовался работами с лабораторией кремнийорганических соединений. Там тогда был старый Андрианов Кузьма Андрианович³⁵. Позже и до 1984 г. мы работали на спектрометре РС-60. У нас было за это время пять аспирантов и стажер из Китая работал. Был такой Жаворонков Игорь Павлович, потом он работал в бывшем Институте синтетических спиртов³⁶ (теперь оргсинтеза).

А. К.: *Я вас попрошу вспомнить некоторые из ваших работ, выполненных на любимовских приборах.*

Я это вспомню и вам позвоню.

А. К.: *Ну, насколько я знаю от Светланы Гаевны, первый импортный прибор был куплен уже для кафедры биотехнологии.*

Да, это и было в 1984 г. Проректор [Виталий Иванович] Швец³⁷ (он и теперь проректор) приглашал меня быть на полставки на приборе для биотехнологии и полставки на нашей кафедре, но я отказался, потому что это несовместимо с преподавательской работой. А я ведь более двух десятков лет вел лабораторные работы и читал семестровый курс термодинамики студентам вторых курсов.

А. К.: *Как вы оцениваете сотрудничество с Любимовым?*

Любимов с Вареником приехали к нам сразу же после поставки прибора. Помогли его запустить. Долгое время после поставки приезжали к нам по нашей просьбе, сидели часами проверяли работу прибора, устраняли неисправности. Очень доброжелательные и компетентные специалисты. И Любимов, и Вареник тоже очень квалифицированный человек. Слонима Израила Яковлевича также помню. Вообще, очень хорошие люди...

(Мы продолжили разговор по телефону через несколько дней. – А. К.)

Первая моя работа по прикладному ЯМР, выполненная на любимовском приборе 20 МГц, была опубликована в 1967 г.³⁸

³⁵ Кузьма Андрианович Андрианов (15 (28) декабря 1904 г. – 13 марта 1978 г.) – советский химик, академик АН СССР (1964, член-корреспондент с 1953 г.). Герой Социалистического Труда (1969). Многократный лауреат Государственных (Сталинских) премий и лауреат Ленинской премии. С 1959 г. работал в МИТХТ. Ведущий специалист в области кремнийорганических полимеров.

³⁶ Основан в 1949 г. в подчинении Минхимпрома.

³⁷ Виталий Иванович Швец, академик РАМН, родился в 1936 г. в Никополе, длительное время возглавлял кафедру биотехнологии МИТХТ. См. на сайте кафедры: http://bt.mitht.net/pr_shvech.html.

³⁸ Ястребов В. В., Чернышев А. И. Образование связи олово – углерод при взаимодействии метилсилоксанов с хлористым оловом // Журнал общей химии. 1967. Т. 37. № 9. С. 2140–2141.

Первая работа с применением РС-60 вышла также через некоторое время после запуска прибора в 1972 г.³⁹ Работа посвящена изучению трехстадийного равновесия в сложной системе. Всего у меня около 100 работ по ЯМР.

А. К.: *Это очень солидно.*

Наша работа ценилась многими специалистами из других институтов. Так, несмотря на то что у Н. В. Алексеева⁴⁰ в ГНИИХТЭОСе была хорошая по тем временам импортная аппаратура (спектрометр «Брукер WH-360», т. е. на 360 МГц для протонов. – А. К.) он не возражал против того, чтобы институт платил деньги МИТХТ за ЯМР исследования кремнийорганических соединений⁴¹.

А. К.: *Когда вы защитили докторскую диссертацию?*

Я ее не защищал по причинам, о которых уже говорил ранее, это мало совместимо с преподавательской работой (Ястребов более двух десятков лет вел преподавательскую работу. – А. К.).

Дополнение 2

Выдержки из автореферата диссертации А. Н. Любимова⁴²

Первая глава работы представляет собой обзор развития экспериментальной техники ЯМР-спектроскопии высокого разрешения за период с 1952 по 1967 г. При этом основное внимание уделено проблемам коррекции неоднородности поляризующего поля спектрометров и методам стабилизации условий резонанса.

Вторая глава диссертации посвящена теоретическому исследованию работы спинового генератора на боковой частоте, используемого для стабилизации условий резонанса в ЯМР-спектрометре высокого разрешения.

³⁹ Ястребов В.В. Химическое равновесие с участием силоксипроизводных титана // Журнал физической химии. 1972. Т. 46. № 11. С. 2922–2924.

⁴⁰ Николай Викторович Алексеев – доктор химических наук, длительное время руководитель физико-химической лаборатории ГНИИХТЭОС. Сам он не был специалистом по ЯМР.

⁴¹ Нам причины такого выбора хорошо известны. Кремнийорганика и металлоорганика не вполне безобидны в химическом и биологическом смыслах. Кроме того, всякая тематика требует любителя и знатока соответствующего направления, а спектры протонного магнитного резонанса элементоорганических соединений достаточно информативны и в довольно низких поляризующих полях.

⁴² Любимов А. Н. «Некоторые вопросы теории и техники эксперимента в спектроскопии ядерного магнитного резонанса высокого разрешения». Дисс... кан. физ.-мат. наук. Казань, 1968. Математические формулы и отдельные непринципиальные для общей оценки вклада Любимова в практику ЯМР технические моменты мы оставили без комментариев. Тексты в квадратных скобках местами качественно характеризуют опущенные формулы.

В первом параграфе этой главы введено понятие статического коэффициента стабилизации спинового генератора, определяемого как отношение изменения частоты расстройки к разности между этим изменением и соответствующим изменением частоты генерации [...]

Во втором параграфе рассмотрены условия самовозбуждения спинового генератора на боковой частоте при самых общих условиях его работы, включая неоднородность поляризуемого поля.

Показано, что в общем случае задача исследования условий самовозбуждения сводится к анализу корней характеристического уравнения [известного] вида.

При широкополосной цепи обратной связи [...] условия самовозбуждения генератора в однородном поле имеют вид [выражаются через функции ядерной спиновой системы и параметры настройки прибора в том числе Ω -частоту у порога самовозбуждения].

Неоднородность поля существенно сказывается на величине порогового коэффициента усиления и ведет к некоторому уменьшению частоты самовозбуждения [...] (всего во второй главе шесть параграфов. – *А. К.*).

Третья глава содержит описание разработанного нами в 1965–66 гг. в СКБ Института органической химии АН СССР спектрометра высокого разрешения РС-60 с рабочей частотой 60 МГц. Спектрометр предназначен для регистрации спектров протонного магнитного резонанса в диапазоне температур от -80 до $+180$ °С.

Магнитной системой спектрометра является электромагнит. Вес магнита около 1000 кг, длина воздушного зазора – 22 мм, рабочий ток магнита около 1,1 А. В качестве приемного устройства для сигналов анализируемого образца используется схема Роллина (наиболее простая схема по изменению поглощения в колебательном контуре при возбуждении ЯМР. – *А. К.*).

Для стабилизации резонансных условий применен спиновый генератор на вспомогательном образце, генерирующий на частоте 2 КГц. Приемным устройством сигналов вспомогательного образца является радиочастотный мост. Колебания в цепи спинового генератора используются для модуляции поляризуемого поля основного образца.

Оба приемных устройства размещены в датчике сигналов ЯМР, который неподвижно установлен в зазоре магнита. Выходы обоих устройств согласованы с кабелями, связывающими эти устройства с усилителями высокой частоты.

На щеках (sic! – *А. К.*) датчика расположены катушки типа Андерсона (общепринятая в приборостроении ЯМР система коррекции. – *А. К.*) для коррекции однородности поляризуемого поля анализируемого образца и модулирующие катушки.

Расстояние между основным и вспомогательным образцами в датчике составляет около 15 мм, что ведет к существенному ухудшению однородности поляризуемого поля в точке расположения последнего. Ввиду этого на датчике расположено дополнительное устройство для компенсации градиента поля в направлении от основного образца к вспомогательному.

При конструировании цепи обратной связи спинового генератора были учтены соображения, изложенные во второй главе [...]

В четвертой главе собраны результаты экспериментальных исследований работы ряда узлов спектрометра РС-60 [...]

Измерение ширины центральной и наиболее интенсивной линии [триплета CH_3 обезгаженного этилбензола] позволяет оценить достигнутое разрешение величиной $5 \cdot 10^{-9}$, что соответствует разрешающей способности современных спектрометров с рабочей частотой 60 МГц. Для исследования чувствительности был записан спектр ацетонитрила CH_3CN . В спектре наблюдается дуплет протонного сигнала, обусловленный взаимодействием протонов с магнитными моментами изотопа C^{13} . Учитывая, что естественное содержание C^{13} составляет 1,1% и что отношение сигнал-шум для пиков дуплета получилось 45 : 1, следует считать, что чувствительность прибора при записи одиночной линии с отношением сигнал-шум 2 : 1 равна $5 \cdot 10^{18}$ протонов/см³, что также соответствует современным приборам.

Работа систем стабилизации условий резонанса характеризуется следующими данными. Нестабильность тока, измеренная по блужданиям частоты спинового генератора при отключенной вспомогательной цепи обратной связи, составляет около 10^{-6} . При включенной вспомогательной цепи изменения частоты генерации в течение многочасовых измерений не выходят за пределы 1 Гц. В параграфе 3 четвертой главы дан теоретический анализ погрешности интегрирования при наличии неустойчивости [погрешности] поляризующего поля. Относительная погрешность интегрирования более сложным образом зависит как от скорости развертки k и вида автокорреляционной функции $G(\tau)$, так и от формы $F(\nu)$ интегрируемого сигнала [...]. Из рассмотрения ряда частных случаев следует, что при очень большой скорости развертки отношение этих погрешностей стремится к единице, причем каждая из них стремится к нулю. Наличие внешних магнитных помех, особенно в городских условиях, может быть причиной серьезной неустойчивости условий резонанса в ЯМР-спектрометре. В параграфе 4 показано, что если вектор внешних помех случаен по величине, но имеет определенное или преимущественное направление, то возмущающее действие этих помех может быть уменьшено на несколько порядков при правильной ориентации магнита спектрометра относительно направления этого вектора. В параграфе 5 приведены результаты исследования характеристик электромагнита спектрометра РС-60. При частоте резонанса протонов магнит работает в режиме, близком к насыщению. В последнем шестом параграфе четвертой главы изложены результаты исследований системы автоматической подстройки разрешения.

Дополнение 3

Отзыв о научно-исследовательской и конструкторской деятельности А. Н. Любимова

Научно-исследовательская и конструкторская деятельность А. Н. Любимова настолько неразрывно связана с историей развития отечественной спектроскопии ядерного магнитного резонанса, что невозможно, говоря о его работах, не остановиться на характеристике общей ситуации, сложившейся в области радиоспектроскопии.

Указанная ситуация состояла в том, что к 1959–60 гг. отечественная радиоспектроскопия совершенно неоправданно и совершенно катастрофически отставала от зарубежных достижений в этой области. Между тем советские ученые-химики к этому времени вполне осознали необходимость применения спектроскопии ЯМР в аналитической практике и особенно в органической химии.

А. Н. Любимов был одним из немногих инженерных работников, откликнувшихся на это настоятельное требование химической науки. При этом задача, стоявшая перед ним, была весьма сложной. Ряд решений в зарубежных конструкциях ЯМР-спектрометров был нам неизвестен, ряд не удовлетворял со стороны технических возможностей. И главное, нужно работать так, чтобы не идти по пятам иностранных разработок, слепо копируя зарубежные приборы с неизбежно возрастающим отставанием, а быстро и экономно наверстать упущенное и выйти на передовой уровень науки и техники в этой области.

Поэтому с самого начала своей работы по ядерному резонансу А. Н. Любимов сочетал конструкторскую деятельность с научными исследованиями. Первым его достижением была разработка новой, чрезвычайно простой и удачной системы стабилизации резонансных условий и развертки магнитного поля. Отказавшись от дорогостоящих и ненадежных фотокомпенсационных усилителей и сложной системы потоковой стабилизации, коллектив конструкторов, сложившийся под руководством А. Н. Любимова к 1962 г., начал выпускать одну за другой все более совершенные и в то же время достаточно простые и удобные в эксплуатации модели ЯМР-спектрометров высокого разрешения, используя оригинальную систему спиновой стабилизации.

Цикл этих приборов завершился в 1965–66 гг. разработкой и передачей в серийное производство наиболее совершенного отечественного спектрометра протонного резонанса РС-60, созданного под руководством А. Н. Любимова в СКБ ИОХ АН СССР. Результаты этих работ освещены в ряде публикаций в периодической печати. Непрерывное стремление А. Н. Любимова к совершенствованию технических и эксплуатационных характеристик разрабатываемых им приборов нашло свое отражение как в последовавших авторских заявках на отдельные устройства для ЯМР-спектрометров, так и в его научно-исследовательской работе. В настоящее время А. Н. Любимов заканчивает цикл исследований, посвященных теории спинового генератора на боковой полосе, причем полученные им результаты весьма важны и вполне оригинальны.

Занимаясь вопросами радиотехники и теории колебаний, А. Н. Любимов тщательно выверяет полученные результаты на практической работе приборов и, что немаловажно, прилагает максимум усилий к усовершенствованию своих разработок дополнительными приставками применительно к конкретным задачам аналитических исследований. Именно результатом практической работы со своими приборами, тщательного их исследования и глубокого изучения физики ядерного магнитного резонанса являются написанные А. Н. Любимовым главы монографии И. Я. Слоним и А. Н. Любимов «Ядерный магнитный резонанс в высокополимерах» (Изд-во «Химия», 1967 г.). Можно считать, что в СКБ ИОХ АН СССР коллектив конструкторов под руководством А. Н. Любимова сделал решающий шаг в области преодоления отставания отечествен-

ной радиоспектроскопии от зарубежной. Это произошло благодаря удачному сочетанию эрудированности автора разработок с правильным научным подходом к конструкторским задачам и целеустремленностью в работе.

Работы по ЯМР в конструкторском отделе № 4 СКБ ИОХ продолжаются. В настоящее время закончена опытно-исследовательская работа и завершается изготовление и наладка новой конструкции ЯМР-спектрометра фтора и бора (РС-56), снова отличающейся от зарубежных рядом оригинальных решений. Ведутся подготовительные работы по созданию модернизированной модели спектрометра РС-60 с улучшенными дрейфовыми характеристиками, приставкой для двойного протон-протонного резонанса и т. п. Этими работами по-прежнему руководит А. Н. Любимов.

Нет никакого сомнения в том, что А. Н. Любимов, являясь специалистом высокой квалификации, способен вести серьезную научно-исследовательскую и конструкторскую работу и руководить деятельностью большого творческого коллектива, и уровень его квалификации соответствует ученой степени кандидата наук.

Директор ИОХ АН СССР, член-корр. АН СССР (Н. К. Кочетков)⁴³,
сентябрь 1968 г.

Дополнение 4

Краткая справка об использовании спектрометров конструкции А. Н. Любимова в научных и образовательных учреждениях СССР в 1960–1984 гг.

Данные о применении спектрометров ЯМР конструкции Любимова являются неполными и основаны на воспоминаниях публикатора и немногочисленных ссылках в открытой литературе.

1. Наиболее длительным по сроку было (насколько нам известно) применение двух моделей любимовской конструкции ЦЛА-5535 (20 Мгц для протонов, 1964–1968) и РС-60 (60 Мгц для протонов, 1968–1984) на кафедре физической химии МИТХТ им. М. В. Ломоносова (см. выше интервью с В. В. Ястребовым).

2. В ИОХ АН СССР им. Н. Д. Зелинского первый прибор конструкции Любимова (РС-60, опытный образец СКБ ИОХ) был запущен в 1966 г. и интенсивно эксплуатировался до 1968 г., и затем различные опытные образцы новых моделей (РС-56, РС-60М и др.) эксплуатировались в ИОХ до 1980 г., постепенно уступая место импортным спектрометрам ЯМР⁴⁴.

В 1966–1969 гг. некоторое время спектрометры РС-60 эксплуатировались на химическом факультете МГУ (Ю. А. Устынюк при технической поддержке

⁴³ Текст отзыва подготовлен публикатором настоящего материала Кессенихом в декабре 1968 г. См.: *Кессених*. Физик на службе у химиков... Николай Константинович Кочетков (1915–2005) – российский химик-органик, член-корреспондент АМН СССР, академик РАН. Известен своими работами в области химии углеводов. Директор ИОХ АН СССР в 1967–1988 гг.

⁴⁴ См. *Кессених*. Физик на службе у химиков...

Н. А. Шаталова и И. П. Амитона) и в ИНЭОС АН СССР (Э. И. Федин при технической поддержке И. П. Амитона), однако там они были быстро вытеснены импортной техникой.

3. В 1960–1970 гг. на спектрометрах конструкции Любимова работали И. Я. Слоним и его сотрудники (с 1962 г. спектрометры работали в НИИПМ⁴⁵).

4. По литературным данным⁴⁶ спектрометр РС-40 (40 МГц для протонов) производства Сумского завода успешно эксплуатировался, по крайней мере в 1970-х гг., в Пермском государственном университете. Заметим, что группой В. И. Прошутинского (ПГУ), как и группой Ястребова в МИТХТ, исследовались преимущественно элементоорганические соединения.

⁴⁵ См. Любимов, Вареник, Слоним. Спектрометр ЯМР ЦЛА 5535... и основную часть настоящей публикации.

⁴⁶ Прошутинский В. И., Лапкин И. И., Рогожникова И. С. Индукционный эффект в спектрах ПМР органосиланов // Радиоспектроскопия. Межвузовский сборник. Пермь, 1975. № 9. С. 123–126.