НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ
ПАПАЛЕКСИ

1947 г. Апрель *Т. XXXI, вып. 4*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ ПАПАЛЕКСИ

С. М. Рытов

В ночь на 3 февраля 1947 г. внезапно скончался академик Николай Дмитриевич Папалекси. Не только советская, но и мировая наука лишилась одного из самых выдающихся своих представителей, учёного большого масштаба, одного из пионеров радио и основоположников отечественной радиофизики и радиотехники, человека, который был беззаветно предан науке, проникнут чувством ответственности перед своей страной и сознанием долга, который был примером настойчивости, трудолюбия и принципиальности. Те, кто ближе знал Н. Д., кто знал, какая исключительная отзывчивость и какая доброта таились под его обычной внешней сдержанностью, пережили в связи с его кончиной и большое личное горе.

Н. Д. Папалекси родился 2 декабря (н. ст.) 1880 г. в Симферополе. Отец его, командир батальона 51-го Литовского полка, умер, когда Н. Д. было четыре года. Учился Н. Д. сначала в Симферопольской, а затем в Полтавской гимназии и уже в эти годы проявил интерес к точному естествознанию. Ещё будучи гимназистом, он выписывал себе книги по физике, математике, астрономии, выписывал учебники даже из-за границы, вступил в Полтавский кружок любителей физико-математических наук и долгое время (до 1907 г.) состоял его действительным членом. Первую свою научную работу «О гармонических свойствах полного четырёхугольника и некоторых его применениях», опубликованную уже после отъезда за границу, Н. Д. напечатал в отчёте Полтавского кружка.

В 1899 г., окончив с золотой медалью гимназию, Н. Д. уехал для продолжения образования за границу. В течение одного года он учился в Берлинском университете, а потом перешёл в Страсбургский университет, в котором физико-математические науки были в то время представлены целым рядом выдающихся людей. Кафедру экспериментальной физики и Физический институт университета возглавлял широко известный учёный, проф. Фердинанд Браун, научное и личное влияние которого сыграло столь большую роль в жизни и Николая Дмитриевича,

и Л. И. Мандельштама. Именно там, в Страсбургском университете, Н. Д. познакомился с Л. И. Мандельштамом.

Знакомство их произошло случайно: Л. И. увидел, что Н. Д. читает русскую газету, и благодаря этому выяснилось, что они соотечественники. Однако сблизились они не сразу.

Лишь некоторые курсы лекций они посещали совместно. Интересы их иной раз совсем не совпадали. Н. Д. любил, например, астрономию и был одним из двоих или даже единственным слушателем страсбургского астронома. Он интересовался также метеорологией, над чем Л. И. обычно лишь подтрунивал. Постепенно, в значительной мере благодаря огромному обаянию и открытому характеру Л. И., замкнутость, свойственная Н. Д. в те годы, была преодолена, и между ними возникла близость и научное содружество, которые связывали их потом всю жизнь.

Начало научной деятельности и Н. Д., и Л. И. Мандельштама определилось теми вопросами, которые больше всего занимали тогда проф. Брауна — вопросами электрических колебаний и их приложений в радиотелеграфии. Диссертация Н. Д. на степень доктора физики (phil. nat.) Страсбургского университета, которую он представил в 1904 г., сдав все экзамены с высшим отличием (summa cum laude), была посвящена теории и экспериментальному исследованию динамометра, предназначенного для токов высокой частоты. Динамометрический принцип лёг потом в основу целого ряда измерительных приборов Папалекси и Мандельштама.

В течение последующих десяти лет научная деятельность Н. Д. протекала в Страсбургском университете и его Физическом институте — до 1911 г. в качестве лаборанта института и ассистента проф. Брауна, а затем — в качестве приват-доцента по кафедре физики. Из воспоминаний самого Н. Д. о Л. И. Мандельштаме мы знаем, в какой исключительно благоприятной и научно насыщенной атмосфере проходили эти годы роста и совершенствования *).

Очень скоро, ещё в пору студенчества Н. Д., началась его научная работа с Л. И. Мандельштамом. Первая их совместная статья появилась, однако, лишь в 1906 г. Это было исследование метода получения колебаний, имеющих заданный фазовый сдвиг. Целью этого метода было создание направленного радиоизлучения, трудности же, с которыми была связана разработка метода, проистекали из того, что речь шла о затухающих колебаниях, возбуждаемых искрой.

В течение всего своего пребывания в Страсбурге Н. Д. больше всего занимался электрическими колебаниями. Конечно, можно указать ряд его исследований, относящихся и к другим областям физики. 1907 г. он провёл в Кембридже, где в лаборатории Дж. Дж. Томсона

*) См. Н. Д. Папалекси, Краткий очерк жизни и научной деятельности Леонида Исааковича Мандельштама, Успехи физич. наук, **27**, 143 (1945) и «Из научных воспоминаний о Леониде Исааковиче Мандельштаме», Изв. АН СССР (серия физ.) **10**, № 2, 127 (1946).

изучал время возбуждения флуоресценции. В Страсбурге он ставил вместе с Мандельштамом опыты над инерцией электронов в металле, опередившие на четыре года известные опыты Толмена и Стьюарта. Следует упомянуть также о работах по газовому разряду (ртутная дуга высокого давления) и о сопоставлении яркостей электрической искры и солнечного диска. Однако основными были исследования в области электрических колебаний и радиотелеграфии, исследования по методам измерений высокочастотных токов и параметров колебательных контуров, по направленному излучению, по пеленгации с помощью рамочной антенны, по теории выпрямителя и др.

Много сил и времени Н. Д. уделял при этом той части работы, которая, по мнению многих, наименее привлекательна. Физические идеи из области радиоизмерений, рождавшиеся в результате коллективных исследований в Страсбургском институте, доводились Н. Д. до полной законченности, до технических разработок. С этой целью он ездил в Берлин, где общество «Телефункен», консультантом которого состоял Браун (а потом и Л. И. Мандельштам), предоставляло соответствующие возможности и средства. Особенно частыми эти поездки сделались во второй половине страсбургского периода. В работу, которую мы называем теперь «внедрением», Н. Д. естественным образом втягивали интересы общего дела. Однако в том, что именно он взял на себя наибольшую долю забот, связанных с технической разработкой и с патентными вопросами, существенную роль сыграли иные обстоятельства или, вернее, особенности самого Н. Д.

Он органически не мог оставлять работу незаконченной; он чувствовал себя обязанным довести её до завершения. Ощущение же завершённости возникало у Н. Д. лишь тогда, когда плодом теории и эксперимента являлось не только выяснение вопроса, но и практическое применение, соответствующий метод или прибор, непосредственный выход в технику. Эту черту научного склада Н. Д. легко проследить потом на протяжении всей его жизни, и, безусловно, благодаря именно этой черте научное сотрудничество Н. Д. с Л. И. Мандельштамом привело впоследствии к таким выдающимся практическим результатам в области радио.

Однако в те ранние годы, о которых сейчас идёт речь и которые в значительной мере были ещё годами ученья, вряд ли можно искать в этом стремлении к технической завершённости исчерпывающее объяснение. Ведь «внедрение» и патентные дела, несомненно, наносили ущерб научным занятиям Н. Д., отрывали его от научно-исследовательской работы и зачастую сами по себе доставляли не слишком много удовольствия. Из года в год об этом говорят многочисленные письма Николая Дмитриевича.

Таким образом, на вопрос о том, почему Н. Д. взял на себя все эти тяготы, нельзя ответить одной лишь ссылкой на его склонность, на его настойчивость или на чувство долга, хотя это чувство и держало его железной рукой в течение всей жизни. Несомненно, здесь сыграло

большую роль и другое. Н. Д. видел, что эта практическая сторона дела совершенно непосильна для Л. И. Мандельштама; он видел, что Мандельштам буквально становится больным от берлинских экскурсов в технику, что при всём своём уважении к практическому применению, Мандельштам, по существу, утрачивает интерес к вопросу, как только в этом вопросе достигается полная физическая ясность, что его одолевают сомнения в успехе «внедрения» (в силу чего Мандельштам, по словам самого Н. Д., выступал обычно в роли «адвоката дьявола»). И вот, глубоко, по-настоящему любя Л. И., Н. Д. щадил его и всеми силами — как в те времена, так и до последнего дня жизни Л. И. — старался разгружать его от дел, которые были ему в тягость. Он всегда успокаивал Мандельштама, заверяя его, что «мы всё это сделаем», и Л. И. действительно успокаивался, зная, что дело находится в надёжных руках. Эта трогательная заботливость, эта глубокая привязанность, не останавливавшаяся перед тем, чтобы поступиться своими собственными научными интересами, есть та вторая черта Н. Д., о которой надо помнить, говоря, в частности, о его деятельности в Страсбурге, черта, которая ещё более облагораживает его образ.

В 1911 г. Н. Д. представил диссертацию для получения права чтения лекций (venia legendi) и занял должность приват-доцента Страсбургского университета. На диссертации Н. Д. следует остановиться несколько подробней. В ней анализируются явления, происходящие в цепи переменного тока, содержащей самоиндукцию и нелинейный элемент — выпрямитель или электрический вентиль, проводимость которого различна для прямого и обратного направлений тока. Н. Д. получил ряд существенных результатов, относящихся к работе такого выпрямительного устройства, но основное заключается не в этом. Во-первых, диссертация Н. Д. была одним из наиболее ранних исследований по нелинейным колебаниям. Во-вторых, в ней впервые был применён к нелинейным колебаниям так называемый метод припасовывания. Этот метод состоит в замене реальной нелинейной характеристики устройства ломаной, состоящей из прямолинейных отрезков, что приводит к замене нелинейного дифференциального уравнения системой линейных уравнений, решения которых смыкаются (припасовываются) в точках перехода от одного отрезка характеристики к другому. В последнее время этот метод, которому Мандельштам и Папалекси всегда придавали большое значение, получил дальнейшее блестящее развитие в работах А. А. Андронова по теории автоматического регулирования.

К 1911 г. относится и поездка Н. Д. в Петербург, где он принял участие в работе Второго Менделеевского съезда по общей и прикладной химии и физике. На заседании подотдела радиотелеграфии (23 декабря) Н. Д. был выбран почётным председателем собрания и затем сделал доклад, как сказано в протоколе, «о новых методах измерений в области токов большой частоты, разработанных докладчиком совместно с Л. И. Мандельштамом в Страсбургском физическом

институте. Докладчик изложил теорию и конструкцию разных разработанных ими приборов для измерения длины волны, декрементов затуханий и сил токов. По окончании доклада докладчиком были продемонстрированы в действии описанные им динамометрические декрементометр и амперметр».

1914 год застал Н. Д. в разгаре работы. После удачных опытов радиоприёма Парижа в Страсбурге на рамочную антенну Брауна, опытов по пеленгации и компарированию напряжённости поля радиоволн, Н. Д. и Л. И. Мандельштам собирались вновь заняться исследованием инерции электронов. Но надвигалась первая мировая война, был предъявлен ультиматум Сербии, и в июле Н. Д. и Л. И. вернулись на родину. Они вместе проехали Галле, но границу пересекли уже в разных местах: Л. И. поехал в Одессу, а Н. Д., навестив в Полтаве свою мать, направился в Петроград. С тех пор вся деятельность Н. Д. неразрывно связана с развитием отечественной радиофизики и радиотехники, в которых он сразу же занял выдающееся место. Н. Д. был приглашён консультантом по физическим вопросам и заведующим опытной лабораторией завода в Русское общество беспроволочных телеграфов и телефонов (РОБТиТ) в Петрограде и целиком посвятил себя решению тех важнейших практических задач, которые ставила перед радиопромышленностью война.

Одной из таких задач было немедленное обеспечение непосредственной радиосвязи с Францией и Англией. Для этого потребовалась коренная модернизация находившейся на заводе экспериментальной 100-киловаттной искровой станции и такое улучшение приёмной аппаратуры, которое позволило бы производить приём не только на слух, но и записывать на фонограф или ленту. Без создания ламповых усилителей и гетеродинов эта задача была неразрешима, а электронных ламп в России не было. Сроки были чрезвычайно жёсткими. И вот, уже к концу 1914 г. появились первые русские усилительные и генераторные лампы или, как их называли тогда, «катодные реле». Всей исследовательской работой и всей технической разработкой этих ламп непосредственно руководил Н. Д. Эти лампы, получившие у потребителей наименование «ламп Папалекси», оказали огромное влияние на развитие отечественной радиотехники в первую мировую войну.

Н. Д. внёс существенное усовершенствование и в технологию изготовления ламп, впервые применив для прокаливания их электродов при откачке высокочастотный индукционный нагрев. Мало кто знает сейчас о том, что это первое применение высокочастотного нагрева принадлежит именно Николаю Дмитриевичу. В его архиве хранится с тех дней кусочек железа, впервые в мире выплавленный в вакууме высокой частотой.

Создание электронных ламп позволило немедленно разработать усилители низкой частоты и гетеродины, а с их помощью сделать пеленгаторные установки, работающие на большом расстоянии от фронта. Всей этой работой также руководил Н. Д. Затем им были

разработаны специальные ламповые приёмники, предназначенные для армейской и морской авиации. Н. Д. сам проводил испытания этих приёмников на борту самолёта. С помощью мощных (киловаттных) «ламп Папалекси», при непосредственном участии Н. Д., в 1915 г. впервые в России была осуществлена радиотелефонная связь — между Царским Селом и Петроградом. В 1916 г. под руководством Н. Д. было разработано оборудование для подводного телеграфирования и проведены исследования радиосвязи между береговой станцией и погружённой подводной лодкой. В этих опытах была установлена зависимость силы сигнала от глубины погружения и длины волны. Одновременно производилось также пеленгование с подводной лодки, так как антенна, разработанная для неё Н. Д., представляла собой по сути дела рамку. Н. Д. сам плавал на подводной лодке и сам проводил испытания. В 1917 г. Н. Д. проводил опыты по телеграфированию незатухающими колебаниями между Петроградом и находившейся в Гельсингфорсе подводной лодкой, опыты по управлению подводными лодками на расстоянии и руководил разработкой мощных усилителей для телеуправления самолётами.

Наряду с этой кипучей научно-технической деятельностью, Н. Д. занимался и вопросами теории. Именно в этот период он выполнил обширное исследование по теории возбуждения колебаний с помощью электронных ламп, однако опубликовано оно было позднее, а вторая его часть, в которой вновь был успешно применён метод припасовывания, вообще осталась неопубликованной.

В начале 1918 г. Н. Д. переехал вместе с лабораторией в Москву. Здесь он принял участие в организации лаборатории на новом месте — при Шаболовской радиостанции, но вскоре уехал в Полтаву. Там он получил от Л. И. Мандельштама приглашение приехать в Одессу, которому и последовал осенью того же года.

В Одессе Н. Д. самым деятельным образом занялся вместе с Л. И. организацией, — как это сам он охарактеризовал, на пустом месте — Одесского Политехнического института. Первоначально Н. Д. был доцентом по кафедре физики в этом Институте и заведующим физическим практикумом, а с 1920 г. — профессором по теоретической электротехнике. Кроме курса теоретической электротехники Н. Д. читал лекции по метеорологии и по теории колебаний. Здесь он привёл в порядок и опубликовал первую часть своего петроградского исследования по теории лампового генератора.

Наряду с большой педагогической и научной работой Н. Д. не оставлял и научно-технической деятельности. Он состоял (с лета 1920 г.) научным консультантом Одесского государственного радиозавода. Кроме того, он организовал в Политехническом институте вакуумную лабораторию и, несмотря на тяжёлые условия, наладил в ней производство приёмных радиоламп. Кадры для этого производства составила группа энтузиастов-студентов, материальные же ресурсы исчерпывались водочными бутылками и обыкновенными лампоч-

ками накаливания. И всё-таки производство было налажено, прежде всего — благодаря технической изобретательности и остроумию Н. Д.

Вся эта обширная и разносторонняя деятельность представляется совершенно поразительной, если учесть, что здоровье Н. Д. находилось тогда в чрезвычайно тяжёлом состоянии. В результате лишений и плохого питания у него развился туберкулёз желез, и врач предрекал ему только месяц жизни. Забота студентов, которые выхлопотали для Н. Д. дополнительные пайки и поездку в санаторий, а также спортивная закалка самого Н. Д. позволили ему справиться с этим недугом. Н. Д. был прекрасным спортсменом — альпинистом, конькобежцем, велосипедистом и любителем лыж с первых же дней их вхождения в моду.

Любовь к спорту сочеталась у Н. Д. с глубокой любовью к природе, в особенности к горам и морю. Попадая в красивые места, он весь преображался. Самым большим удовольствием для него и самым лучшим отдыхом были экскурсии и прежде всего экскурсии в горы. Ещё в Страсбурге он при всякой возможности уезжал хотя бы на день-два в горы и впоследствии, вплоть до 1939 г., каждое лето бывал в горах, совершая восхождения и поражая молодёжь своей выносливостью и уменьем ходить.

Все годы пребывания в Одессе Н. Д. и Л. И. Мандельштам провели вместе, вместе же в 1922 г. они переехали — в качестве научных консультантов радиолаборатории Треста заводов слабого тока — в Москву, а затем в 1924 г. — в Ленинград, так как туда перешло Правление треста. Лаборатория была преобразована при этом в широко известную у нас Центральную радиолабораторию (ЦРЛ).

ЦРЛ-овский период совместной научной работы Н. Д. и Л. И. Мандельштама сам Н. Д. характеризует как период, принесший наиболее значительные результаты в области радиофизики и радиотехники. В течение первой половины этого периода Н. Д. почти ежегодно (в 1923, 1926, 1927, 1928 гг.) бывал по командировкам треста за границей — в Германии и во Франции. Ввиду тех возможностей личного общения, которыми Н. Д. располагал благодаря своей широкой известности в иностранных научных кругах, эти поездки сыграли, с точки зрения научной и технической информации, очень большую роль. Помимо старых связей со страсбургскими учёными и представителями «Телефункен», Н. Д. был лично знаком с такими лидерами радиотехники и теории колебаний, как Баркгаузен, ван дер Поль, Мени, Ле-Корбейе. Несмотря на многократные отлучки Н. Д. в эту первую половину ЦРЛ-овского периода, уже был выполнен целый ряд важных разработок, в числе которых можно назвать новые способы радиотелеграфной и радиотелефонной модуляции, новые способы высокочастотных измерений, в частности — измерений глубины модуляции и измерений действующих величин параметров электрических цепей, устройство для кварцевой стабилизации частоты, высокоселективный приёмник с кварцевым фильтром, новый способ регенерации и ряд других. Для иллюстра-

ции того, в какой степени новыми и порой даже неожиданными были эти разработки, стоит, быть может, коротко остановиться хотя бы на одной из них, например, на разработанном ещё в 1924 г. радиотелеграфном манипуляторе.

Мощные станции того времени представляли собой однокаскадный генератор с самовозбуждением, к которому подводились мощности, например, в 45 *квт*, причём мощность в антенне доходила до 20—25 *квт*. При телеграфной манипуляции эта большая мощность управлялась контакторами, включёнными в сетку лампы, которые работали с невероятным шумом и треском, с возникновением дуги из-за высокочастотных высоких напряжений и, соответственно, с применением вентиляторов. По чертежам, полученным из Франции, трест разрабатывал тогда мощный передатчик для Тегеранской радиостанции, и телеграфная манипуляция оказалась слабым местом всего устройства. Н. Д. предложил магнитный манипулятор, основанный на насыщении железа. Вместо механических контакторов он поставил маленький ящичек, внутри которого находился в масле небольшой дроссель. Чётко и безотказно, без всякого шума и каких-либо движущихся частей этот манипулятор управлял мощностью в 25 *квт*, работая от шестивольтового аккумулятора и потребляя всего 50 *вт*. Впечатление, произведённое этим новшеством на радиотехников, было огромным. В дальнейшем Е. Я. Щёголев применил магнитный манипулятор на двух больших кораблях военного флота и только, примерно, с 1928 г. это устройство утратило своё значение, так как были изобретены многокаскадные передатчики, имеющие маломощный задающий генератор.

Е. Я. Щёголев привёл этот эпизод в своих воспоминаниях о Л. И. Мандельштаме. Кто же был автором этого изобретения? Лучшим ответом на все такого рода вопросы могут служить слова самого Л. И. Мандельштама, написанные им в 1938 г. в характеристике Н. Д.: «Наше сотрудничество в области электромагнитных колебаний продолжается свыше 30 лет. За это долгое время в нашей совместной работе в этой области установился столь тесный контакт как в отношении инициативы, так и разработки проблем (теоретической и экспериментальной), что в большинстве случаев трудно указать, что сделано одним или другим. Что же касается технического оформления полученных в этих работах результатов, то Н. Д. принадлежит главная роль».

Особенно плодотворной и значительной по своим результатам была вторая половина ЦРЛ-овского периода, т. е. годы с 1929 по 1935. Кроме ЦРЛ, Н. Д. работал в это время также в Ленинградском электрофизическом институте (ЛЭФИ), заведуя в нём с 1926 по 1935 г. отделом научной радиотехники. К этому периоду относится интенсивное общее развитие теории нелинейных колебаний, открытие резонанса второго рода и асинхронного возбуждения, развитие теории параметрического возбуждения колебаний и создание интерференци-

онных методов исследования распространения радиоволн. В эти же годы или начиная с них развиваются практические применения этих фундаментальных научных результатов: создаётся приёмное устройство с так называемым параметрическим фильтром, создаются первые макеты параметрических машин — принципиально новых генераторов переменного тока, закладываются основы новой области приложения радио — интерференционной радиодальнометрии, открывающей широкие перспективы перед геодезией, гидрографией и навигацией.

В отношении всех этих замечательных результатов Л. И. Мандельштам всегда особенно подчёркивал роль Н. Д. И действительно, едва ли можно сомневаться в том, что без Н. Д. все перечисленные новые идеи — если бы они и возникли — скорей всего остались бы блестящими идеями, не обросли бы плотью и кровью, не получили бы той обстоятельнейшей теоретической и экспериментальной разработки и того практического развития, какие фактически им были даны.

Вторая половина ЦРЛ-овского периода в основном совпадает и с новым крупным этапом педагогической деятельности Н. Д. С 1926 по 1935 г. он преподавал в Ленинградском Политехническом (впоследствии Индустриальном) институте, первоначально в качестве доцента, а затем — профессора. Он читал курсы лекций по физике вакуума, по термоионным приборам и вёл семинары по специальным вопросам радиотехники (генерация и модуляция, распространение радиоволн), привлекавшие и профессорско-преподавательский состав. Позднее Н. Д. вёл в ЛЭФИ семинар по нелинейным колебаниям и параметрическому резонансу. Его преподавание было таким образом тесно связано с самыми животрепещущими вопросами текущей научно-исследовательской работы. Преданность делу и чувство ответственности не покидали Н. Д. и в его педагогической работе. Пунктуальность его была образцовой. Нередко случавшиеся неисправности трамвайного сообщения остановить его не могли. С Петроградской стороны, через невский лёд, он пешком приходил в Лесное, в Политехнический институт, но лекций и занятий не пропускал никогда.

Кроме научной и педагогической работы, Н. Д. нёс и научно-общественные обязанности, к которым он всегда относился с величайшим вниманием и серьёзностью. В 1929 г. он был избран товарищем председателя Физико-химического общества при Ленинградском университете, а через год — председателем Физического отделения и президентом этого общества. Имя его к этому времени пользовалось уже самой широкой известностью и вошло в учебники как у нас, так и за границей. В 1931 г. Н. Д. был избран членом-корреспондентом Академии Наук СССР и в скором времени эта непосредственная связь с Академией сыграла весьма положительную роль.

В 1932 г. Н. Д. в последний раз ездил за границу, по командировке Всесоюзного электрослаботочного объединения. Он выступил с двумя докладами о советских исследованиях в области нелинейных колебаний на так называемой «узкой» Первой международной

конференции по нелинейным колебаниям, состоявшейся в Париже. По приглашению ван дер Поля Н. Д. посетил тогда и Голландию. Следует отметить, что благодаря достижениям, главным образом, нелинейной школы Мандельштама и Папалекси центр исследований по теории нелинейных колебаний уже находился тогда в Советском Союзе.

В ЦРЛ велись в это время исследования по недавно открытому резонансу второго рода, по авто- и гетеро-параметрическому возбуждению колебаний и по радиоинтерференционному методу. Генерация же переменных токов посредством механического изменения параметров (первоначально машины с переменной самоиндукцией, а затем — с переменной ёмкостью) разрабатывалась в лаборатории Н. Д. в ЛЭФИ. К 1935 г. во всех этих направлениях уже имелись самые многообещающие результаты. Параметрический принцип генерации перерос лабораторную стадию, и встал вопрос о постройке технических образцов машин. Основные узлы радиоинтерференционной аппаратуры были разработаны, и весь метод прошёл первые практические испытания. Помимо непрерывной работы на экспериментальной базе в гор. Луге под Ленинградом, уже были проведены под руководством Н. Д. и совместно с геодезистами (ЦНИИГАиК) две экспедиции — в 1934 г. в район Пятигорья на Кавказе и весной в 1935 г. в Одессу. В этих экспедициях подтвердилась реальная практическая ценность интерференционного метода и были выполнены первые измерения скорости распространения радиоволн, а также измерения расстояний (от берега до корабля).

Нельзя не пожалеть, что в такой горячий момент начались организационные перестройки. В апреле 1935 г. Лаборатория высокочастотной физики ЦРЛ, которой руководили Н. Д. и Л. И. Мандельштам, в связи с реорганизацией ЦРЛ была переведена в ЛЭФИ и вошла в состав сектора нелинейных проблем ЛЭФИ. Для нелинейных и радиоинтерференционных исследований это означало потерю обширной производственной базы и исключительно богатых ресурсов измерительной аппаратуры. Ещё через четыре месяца, в связи с реорганизацией ЛЭФИ, лаборатория Н. Д. перешла в научно-исследовательский сектор ЛИИ, в котором Н. Д. был профессором кафедры радиофизики. Возможности практической разработки суживались ещё больше. Н. Д. стойко переносил эти превратности судьбы и энергично искал пути к сохранению и дальнейшему развитию научных направлений, значимость которых была ясна, повидимому, немногим. В отношении радиоинтерференционных исследований выходом явился перенос всей работы в Лабораторию колебаний Физического института Академии Наук, которую Н. Д. возглавил в 1935 г. Позднее, в 1938 г., параметрические машины нашли себе пристанище в Энергетическом институте Академии Наук, где была создана для их разработки лаборатория Н. Д., состоявшая сначала из одного, а потом из двух сотрудников. С 1935 г. начинается последний период жизни и деятельности Н. Д., период работы в Академии Наук.

С настойчивостью и энергией, с неизменной выдержкой, под которой попрежнему горел подлинный научный энтузиазм, Н. Д. вновь принялся за дело.

Как и всегда, он не ограничился научной работой в руководимых им лабораториях. В 1935 г. Н. Д. был назначен председателем группы технической физики ОТН, в 1937 г.—председателем Особой комиссии АН СССР по изучению прохождения радиоволн в Арктике и оказанию помощи экспедиции на Северный полюс. С 1938 г., окончательно переехав в Москву, он занял пост заместителя председателя, а впоследствии — после смерти Л. И. Мандельштама — председателя Всесоюзного научного совета по радиофизике и радиотехнике, организованного при АН СССР благодаря его и Л. И. инициативе и усилиям.

В 1939 г. Н. Д. был избран в действительные члены АН СССР.

Память о последних годах жизни Н. Д. ещё так свежа, они так насыщены событиями и его собственной неустанной и многосторонней деятельностью, что их освещение представляется особенно нелёгким. Говорить о них, как о прошлом, трудно и потому, что работа и интересы Н. Д., наполнявшие их, ещё множеством нитей связаны не только с сегодняшним, но и с завтрашним днём.

Конец ЦРЛ-овского периода совпал с подведением известного итога тому, что было сделано по нелинейным колебаниям. По предложению ван дер Поля, Н. Д. и Л. И. Мандельштам составили вместе с рядом соавторов обзор результатов, полученных в этой области, и представили его в виде доклада Конгрессу Международного научного радиотехнического союза (URSI), который состоялся в Лондоне в сентябре 1934 г. *). В значительно расширенном виде этот обзор был издан затем в 1936 г. под названием «Новые исследования нелинейных колебаний» **). В том же году за работы по нелинейным колебаниям и по распространению радиоволн Академия Наук СССР присудила Н. Д. и Л. И. Мандельштаму первую премию им. Д. И. Менделеева. Дальнейшие нелинейные исследования проводились преимущественно в Научно-исследовательском институте физики Московского университета (НИИФ МГУ) у Л. И. Мандельштама и в Горьковском исследовательском физико-техническом институте (ГИФТИ) у А. А. Андронова. Основными же проблемами, которым посвятил себя Н. Д., были — параметрическая генерация переменных токов и распространение радиоволн. Во время Отечественной войны к ним прибавился ряд задач более специального характера, а после войны — вопросы, связанные с распространением радиоволн в ионосфере и с радиоастрономией. Уже одно это перечисление показывает, насколько

---

*) L. Mandelstam, N. Papalexi, A. Andronov, S. Chaikin et A. Witt, Exposé des recherches récentes sur les oscillations non linéaires. Techn. Phys. USSR, 2, No 2—3, 1 (1935).

**) Л. И. Мандельштам, Н. Д. Папалекси, А. А. Андронов, А. А. Витт, Г. С. Горелик, С. Э. Хайкин, Новые исследования нелинейных колебаний. Гос. Изд-во по вопросам радио (1936).

обширен был диапазон чисто научных интересов Н. Д., а ведь ими отнюдь не исчерпывалось всё, чему он отдавал свои силы.

С 1935 г. и до начала войны разработка параметрического принципа генерации переменных токов существенно продвинулась вперёд. В ЛИИ, а затем в ЭНИН было построено несколько моделей параметрических альтернаторов на мощности от 300 *вт* до 2—3 *квт*; с большим успехом было испробовано усиление изоляции при работе под повышенным давлением (до 12,5 *ат*), было получено параметрическое возбуждение на комбинационных частотах, осуществлено обращение параметрического альтернатора, т. е. работа его в качестве электромотора. Н. Д. дал теорию такого мотора и, в согласии с опытом, показал, что мотор может вращаться с угловой частотой, равной разности частоты питающего тока и собственной частоты колебательного контура, в силу чего скорость вращения может плавно меняться с изменением настройки контура. Н. Д. настойчиво стремился создать и промышленные образцы параметрических машин, в частности—мощную (25-киловаттную) машину, предназначавшуюся для электротермии. Однако заводское изготовление этой машины год за годом оттягивалось, проект её успел устареть, а потом всё было нарушено войной.

Лабораторные разработки и исследования продолжались и во время эвакуации Академии Наук. Подробнейшим образом были изучены рабочие характеристики однофазного генератора и развиты методы его технического расчёта. Опыты подтвердили большие преимущества параметрической машины в качестве источника питания для радиостанций. Небольшая машина с ручным приводом, питающая кварцевую лампу, была отправлена на фронт.

В последние годы по указаниям Н. Д. был изготовлен и испытан ещё ряд лабораторных образцов, получена бо́льшая глубина модуляции (в одной из машин — до 76%), получено возбуждение второго параметрического резонанса, а совсем недавно — резонансов более высоких порядков, построен трёхфазный параметрический альтернатор, исследована работа параметрического и обычного синхронного моторов, питаемых параметрическим генератором, и ещё многое другое.

Результаты этой обширной научной и технической исследовательской работы, в которую Н. Д. вкладывал всё своё теоретическое мастерство и экспериментальное искусство, говорят сами за себя. Из оригинальной физической идеи параметрическая генерация превратилась в технически зрелый принцип, способный вырасти в большую ветвь электротехники. Параметрические машины не имеют коллектора и роторных обмоток и по простоте своей конструкции превосходят даже асинхронный мотор. Они особенно выгодны в диапазоне повышенных частот, обладают замечательными рабочими характеристиками, не боятся короткого замыкания, могут давать одновременно набор напряжений, как бы совмещая в себе альтернатор и секционированный трансформатор. Эти особенности открывают перед ними дорогу в самые разнообразные области применения. Устройства, требующие повышенной частоты тока,

питание радиостанций и рентгеновских установок, закалка, контактная и дуговая электросварка — это первое, что можно назвать уже сейчас, опираясь не только на теоретические соображения, но и на прямую экспериментальную проверку.

Однако в деле внедрения параметрических машин до сего времени ещё не удалось достигнуть такого успеха, который соответствовал бы громадным усилиям, затраченным Н. Д. на то, чтобы придать всей работе должный масштаб. С кончиной Н. Д. дальнейшая судьба этого крупного вклада в нашу электротехнику требует особого внимания и действенных мер в отношении производственной базы и организации дела.

В Лаборатории колебаний ФИАН Н. Д. сразу же развернул исследования по распространению радиоволн. В этих исследованиях ставились две задачи. Во-первых, измерить скорость распространения радиоволн в действительных условиях и изучить те детали фазовой структуры поля, которые только с помощью радиоинтерференции и могут быть выявлены. Во-вторых, в тех случаях, когда скорость распространения можно считать известной, применить интерференционный метод к определению расстояний между разнесёнными пунктами — задача, имеющая уже непосредственное практическое значение. Наряду с большой теоретической, экспериментальной и конструкторской работой в лаборатории, решение этих задач требовало систематических опытов в действительных условиях. Н. Д. был организатором всех экспедиций, которые ежегодно проводились вплоть до 1941 г. Вот районы этих экспедиций, начиная с осени 1935 г.: озеро Ильмень, Новороссийск, Белое море и Карские ворота, Истра и Павлов Посад под Москвой, степной район Северного Крыма, гор. Пугачёв в Заволжьи. Первые экспедиции проводились совместно с ЛИИ, в большинстве экспедиций участвовал ЦНИИГАиК, а в двух — Гидрографическое управление Главсевморпути, которое заинтересовалось радиодальнометрией с первых же её шагов. Нельзя не отметить, что Главсевморпуть оказался в результате этого первой морской организацией, которая уже много лет с успехом применяет интерференционные дальномеры в своей повседневной навигационной практике и имеет собственные опытные кадры. Другим живо заинтересованным «потребителем», активно участвующим в развитии всего дела с момента его зарождения, является ЦНИИГАиК, разрабатывающий и использующий интерференционный метод применительно к геодезическим и картографическим задачам.

Трудно преувеличить значение достигнутых научных результатов. С непревзойдённой до настоящего времени точностью (до $3 \cdot 10^{-4}$ над морем и до $6 \cdot 10^{-4}$ над ровной сушей) измерена скорость распространения радиоволн. Определена верхняя граница для возможной средней величины дисперсии (не более 0,01%). Создана отчётливая картина всего процесса распространения над земной поверхностью. Установлена правильная интерпретация классической теории Зоммерфельда и вскрыта

неадэкватность ценнековской концепции поверхностных волн, господствовавшей ранее в течение почти всей истории радио. Но и это ещё не всё. Научная плодотворность радиоинтерференционного метода, с одной стороны, и требования, выдвинутые радиодальнометрией, с другой, сделали актуальным решение ряда новых теоретических задач, причём постановка многих из них была стимулирована непосредственно Н. Д. Сюда относятся выполненные в последнее время замечательные работы акад. В. А. Фока, акад. М. А. Леонтовича, члена-корреспондента АН СССР Г. А. Гринберга и проф. Е. Л. Фейнберга. В этих работах решена задача о так называемой береговой рефракции, созданы новые методы трактовки распространения радиоволн, сочетающие практически достаточную точность с физической наглядностью и математической простотой, решена задача о дифракции радиоволн вокруг сферической земли. В совокупности экспериментальные и теоретические работы по распространению радиоволн, как проводившиеся под непосредственным руководством Н. Д. и Л. И. Мандельштама, так и возникшие на основе этих исследований или связанные с ними, являются крупнейшим вкладом в радиофизику и пользуются заслуженным признанием за границей *).

В 1942 г. Н. Д. (совместно с Л. И. Мандельштамом) за работы в области теории колебаний и распространения радиоволн была присуждена Сталинская премия первой степени по физике.

Во время Отечественной войны, на станции Обсерватория (под Казанью) Н. Д. создал экспериментальную базу, на которой, в числе других предпринятых по его инициативе разработок, испытывался коротковолновый макет одного из вариантов интерференционных устройств — фазовый зонд. По возвращении в Москву Н. Д. охотно пошёл навстречу предложению Гидрографического управления ВМФ об обеспечении гидрографических работ интерференционным методом координации. Это было осуществлено ФИАН совместно с ЦНИИГАиК. Результатом явилось существенное ускорение работ и перевыполнение программы в течение двух навигаций. При ближайшем участии и консультации Н. Д. в одном из отраслевых институтов создан первый в Советском Союзе промышленный образец навигационного устройства, основанного на радиоинтерференции и — что, может быть, не менее важно — приобретён большой практический опыт группой квалифицированных радиоинженеров.

Благодаря смелому и в то же время глубоко обоснованному научному новаторству Н. Д. и Л. И. Мандельштама Советский Союз ока-

*) Работы довоенного периода подытожены в сборнике статей под ред. акад. Л. И. Мандельштама и акад. Н. Д. Папалекси, Новейшие исследования распространения радиоволн вдоль земной поверхности, Гос. Изд-во Техн.-Теор. Лит-ры, 1945. Дальнейшие теоретические работы войдут во второй специальный сборник, который в настоящее время готовится к печати. См. также Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси, О скорости распространения радиоволн, Изв. АН СССР (серия физ.), **7**, № 5, 145 (1943).

зался родиной радиоинтерференционной дальнометрии и намного опередил в этом деле зарубежные страны, в которых аналогичные идеи начали разрабатываться лишь в годы войны. Развитие интерференционных или фазовых методов координации за границей показывает, что их значение там в должной мере оценено. В этом свете непрерывные и дальновидные усилия Н. Д., направленные к дальнейшему широкому внедрению радиоинтерференции, приобретают особое значение. Благодаря его целеустремлённой деятельности наша техническая мысль в области фазовой дальнометрии находится сегодня на уровне того, что достигнуто во всём мире, но нельзя допустить никакого промедления в дальнейшем практическом развитии. Для Н. Д. это было совершенно очевидным даже тогда, когда многим казалось, что радиолокация решает все навигационные задачи без исключения, предвидение же путей технического прогресса никогда Н. Д. не обманывало.

Нашествие немецко-фашистских полчищ на нашу родину потрясло Н. Д., но глубокая уверенность в конечном торжестве Советской страны не покидала его ни на час. Он был истинным патриотом в самом высоком значении этого слова. В течение всей войны он работал с удвоенной энергией. Кроме руководства лабораториями в ФИАН и ЭНИН, Н. Д. деятельно участвовал в общем планировании научно-оборонной тематики, провёл реорганизацию Радиосовета, созвал научную сессию Радиосовета, предпринял осенью 1942 г. поездку в далёкое Боровое, чтобы навестить Л. И. Мандельштама и обсудить с ним вопросы текущей работы и планы на будущее, активно участвовал в проведении выборов в Академию Наук в 1943 г., выступил с рядом научных докладов и, сверх всего, написал книжку о радиопомехах, которая ещё за время войны вышла двумя изданиями *).

Нельзя не вспомнить о том, с каким живым интересом Н. Д. изучал международные и военные события, с какой удивительной эрудицией и знанием дела он говорил о военной обстановке.

Круг интересов Н. Д. вообще был удивительно широк. Он любил и хорошо знал литературу как русскую, так и западноевропейскую. Любил поэзию — в особенности стихи Лермонтова — и сам писал стихи. Его привлекали описания природы и путешествий, он в совершенстве знал географию. Наряду с этим Н. Д. увлекался детективными романами, в которых его занимал анализ запутанных ситуаций. Еще с пятого класса гимназии Н. Д. начал играть в шахматы, серьёзно изучал их теорию и решал задачи, выписывал множество литературы по шахматам. Он сохранил интерес к метеорологии, и всем его сотрудникам памятны замечательно верные предсказания погоды, которые Н. Д. делал не только на короткие сроки, но и на год вперёд.

Вряд ли нужно говорить о том, что для Н. Д. смерть Л. И. Мандельштама явилась особенно тяжким ударом, от которого он не смог

---

*) Н. Д. Папалекси, Радиопомехи и борьба с ними, 2-е изд., Гос. Изд-во Техн.-Теор. Лит-ры М.—Л., 1944.

оправиться до конца своих дней. И всё же его неослабное чувство долга, его безмерная преданность науке не дали его рукам опуститься. Победоносное окончание войны и переход к мирному труду означали для него возможность претворения в жизнь новых широких замыслов. Последние два года жизни Н. Д. так же наполнены непрерывным трудом и озарены научной инициативой, как и все предыдущие сорок лет его научной деятельности. В 1945 г. Правительство наградило Н. Д. за его выдающиеся заслуги орденом Ленина.

Н. Д. стремился к самому широкому развитию исследований по распространению радиоволн. Он неоднократно указывал, что любые радиометоды определения расстояний в конечном счёте упираются в недостаточно точное знание скорости распространения. Имея в виду обширную программу измерений этой скорости для разных длин волн и при различных природных условиях, Н. Д. предпринял организацию в Крыму экспериментальной базы. Он вникал во все детали этого дела и лично посетил строящуюся в Алупке лабораторию. Он предполагал использовать крымскую базу не только для изучения скоростм распространения радиоволн вдоль земной поверхности, но и для исследований ионосферы.

Н. Д. чрезвычайно увлекал вопрос об одновременной оптической локации и радиолокации Луны. Ещё в 1942 г., когда Н. Д. был в Боровом у Л. И. Мандельштама, они пришли к мысли, что при современных технических средствах оба способа локации Луны могут быть осуществлены. Н. Д. выполнил потом ряд детальных расчётов, касающихся отражения от Луны электромагнитного импульса, и прочитал об этом доклад на коллоквиуме лаборатории, собравшем чрезвычайно большое количество слушателей и прошедшем с особым оживлением. Как известно, радиолокация Луны была осуществлена в Америке в 1945 г. Но, даже учитывая возможный интервал между замыслом и проведением этого опыта у американцев, можно констатировать, что в отношении научной инициативы Н. Д. и Л. И. Мандельштам опередили американцев на три года.

Другая, совсем новая проблема, которая также особенно занимала Н. Д. в последние месяцы его жизни, это — радиоизлучение Солнца и космического пространства. Н. Д. видел в этих явлениях основу для новой науки — радиоастрономии. По его предложению были проведены интересные теоретические исследования по вопросу об излучении радиоволн Солнцем. По его же инициативе Лаборатория колебаний приняла участие в научной экспедиции в Бразилию, где 20 мая этого года произошло солнечное затмение с чрезвычайно длительной полной фазой. Наряду с ионосферными исследованиями участники экспедиции провели и наблюдения солнечного радиоизлучения, причём постепенное закрытие диска во время затмения должно, по мысли Н. Д., дать более детальные сведения о распределении «радиояркости». Н. Д. готовился лично встать во главе этой экспедиции и принимал самое деятельное и непосредственное участие в её организации.

Н. Д. постоянно подчёркивал, что центральной задачей в радиотехнике сверхвысоких частот является разработка методов измерений. Он проводил параллель с тем положением вещей, в каком находилась длинноволновая радиотехника в пору его молодости, и вспоминал, каким трудным было в то время решение метрических вопросов, над которыми теперь никто не задумывается. Разработку измерительных методов для сверхвысоких частот он считал одним из основных направлений Лаборатории колебаний.

Над осуществлением всех этих планов и идей Н. Д. работал с увлечением, настойчивостью и такой энергией, будто не лежало за его плечами шестьдесят пять лет жизни. Не думая о своих силах, он брал на себя множество обязанностей и дел и ценой большого внутреннего напряжения все их успевал выполнять. Вновь он возглавляет одну из комиссий во время выборов в Академию Наук, проводит в г. Горьком сессию Радиосовета, руководит физическими журналами, уделяя в особенности много внимания физической серии Известий АН СССР, и руководит коллоквиумом Лаборатории колебаний ФИАН, который собирает благодаря Н. Д. на своих заседаниях широкую аудиторию, состоящую не только из работников в области колебаний, но и радиоспециалистов, электриков, механиков и акустиков. Н. Д. возглавляет, кроме того, Комиссию по изданию трудов Л. И. Мандельштама, председательствует в Комиссии по премиям имени Мандельштама за работы в области радио и состоит членом Комиссии по премиям за работы по физике. Н. Д. никогда не считал для себя возможным просто «числиться» в той или иной комиссии, проявляя и здесь глубокое чувство ответственности и внимание к делу.

За последние два года своей жизни Н. Д. прочитал десять больших докладов. Три из них были посвящены памяти Л. И. Мандельштама, другие касались актуальных вопросов текущей работы (о радионаблюдениях во время затмения 1945 г., о повышении точности радиоинтерференционных методов), третьи носили характер больших обобщений, которые Н. Д. мог сделать, опираясь на десятилетия своего опыта (о научных проблемах современного радио, о развитии учения о нелинейных колебаниях). Кроме того, по предложению ван дер Поля, Н. Д. вновь составил с рядом соавторов обзор для URSI, явившийся продолжением предыдущего обзора и обрисовавший выполненную в Советском Союзе работу по нелинейным колебаниям в период с 1935 г. Он подготовил также для своей предполагавшейся поездки в Румынию интересный доклад, посвящённый эволюции понятия резонанса *).

В архиве Н. Д. сохранилось огромное количество расчётов и вычислений, проделанных им за это же время для большой монографии о параметрической генерации переменных токов, которую он и Л. И. Мандельштам задумали написать ещё при их свидании в Боровом.

---

*) См. этот выпуск УФН, стр. 447.

24 января с. г. Н. Д. закончил большую статью «О нелинейных колебаниях» для Юбилейного сборника, посвящённого 30-летию советской власти, и тут же приступил к дальнейшей работе над биографией Л. И. Мандельштама. Он не давал себе передышки, и до последнего дня слова «я должен сделать...» не сходили с его уст. Н. Д. так и не успел закончить биографию Мандельштама, как не успел закончить и сделать много начатых и задуманных им работ — их оборвала преждевременная смерть.

Человек исключительной скромности и доброты, по-настоящему хороший человек — таким останется Н. Д. в памяти всех знавших его.

Выдающийся разносторонний учёный, педагог, воспитывавший новые кадры и словом и личным примером, исследователь, проложивший новые пути в технике, — таким войдёт Н. Д. в историю науки, которой он отдал всю свою жизнь.