

К ИСТОРИИ КРИОГЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ УФТИ *

Б.Г. ЛАЗАРЕВ

Организация и развитие криогенной лаборатории в комплексе УФТИ, ее большая роль в создании современной физики в области исследований при низких температурах — практически всей области конденсированного состояния: фундаментальной и прикладной сверхпроводимости; электронных свойств металлов; многообразия свойств сверхтекучего гелия; диаграмм состояния изотопов гелия и водорода; магнитных, тепловых и механических свойств металлов и сплавов — представлены в достаточно подробных статьях и монографиях. Освещена также роль лаборатории в быстром создании в СССР криогенных лабораторий (Харьков, Киев, Донецк, Свердловск, Сухуми, Баку), институтов в стране и за рубежом (Китай, Чехословакия, Польша, Венгрия), в подготовке кадров (см., например, [1, 2]).

Представляется существенным и интересным немного рассказать о другой неотъемлемой стороне этой истории, определяемой событиями в жизни всего государства.

С лета 1934 по июнь 1936 года автор настоящей статьи работал в УФТИ, осваивая криогенную технику и эксперимент в связи с тем, что в Уральском физико-техническом институте (следующий “сын” ЛФТИ) создавалась криогенная лаборатория, руководителем которой был назначен автор этих строк.

По предложению Я.Г. Дорфмана, в реализацию его идеи [3] выполнялись поиски ядерного парамагнетизма. У твердого водорода ($n\text{H}_2$) при температурах 4,22—2,18—1,76 К непосредственным методом Гуи (магнитные весы) был найден и измерен ядерный парамагнетизм, определен магнитный момент протона ($\mu_p = 2,8 \pm 10\% \mu_{\text{яд}}$) с наибольшей по тому времени точностью (современное значение $\mu_p = 2,792363\mu_{\text{яд}}$) [4]. Был открыт ядерный магнетизм твердого тела и начато его изучение, показано малое время релаксации намагничивания (≤ 1 с) в неметалле, отмечена некорректность теории явлений, дававшей значение времени $\sim 10^6$ лет (ошибка в 10^{13} раз!); ее пересмотр (время $\sim 0,1$ с) стал общим признанием значимости результата, “одним из наиболее замечательных (beautiful) экспериментов в физике” [2, 5].

* По материалам книги “К истории физики низких температур” (ФНТ, том 26, Приложение, 2000 г.).



В 1937—1941 годах УФТИ, а вместе с ним и криогенная лаборатория (и вся страна) пережили трагические события — при несправедливости той эпохи был репрессирован ряд сотрудников: директор УФТИ академик АН УССР Александр Ильич Лейпунский (1938 г.), создатель УФТИ член-корреспондент АН СССР Иван Васильевич Обреимов (1938—1941 гг.), руководитель криогенной лаборатории Лев Васильевич Шубников (1937 г.). Александр Ильич и Иван Васильевич вернулись с “того света”, Лев Васильевич остался там...

В августе 1937 года я был вызван в Наркомтяжпром (УралФТИ и УФТИ подчинялись ему), и в секторе науки его начальник А.А. Арманд сказал, что мне выписано назначение в Харьков. На мое напоминание: “Вы ведь знаете, что я занимаюсь организацией криогенной лаборатории в Свердловске”, — был ответ: “В Свердловске Вы начинаете, а в Харькове созданное может развалиться...” С 1938 года я был назначен руководителем криогенной лаборатории УФТИ. В УралФТИ организация криогенной лаборатории, завершённая все же при помощи УФТИ, задержалась до 1957 г.

В криогенной лаборатории УФТИ работа продолжалась. Появились новые направления, новые имена, ставшие потом широко известными: А.А. Галкин, Б.Н. Есельсон и Н.М. Нахимович (с 1938 г. начавшие работать в лаборатории еще до окончания университета), Л.С. Кан (с 1938 г.). В 1940 г. в аспирантуру поступил Б.И. Веркин. Результаты быстро нарастали.

1938—1940 годы. Установлено наличие пленки смачивания He II, впервые измерена ее толщина [6] и обнаружено ее увеличение с ростом поверхностного натяжения материала подложки, в том же году объясненное теоретически Я.И. Френкелем. Результат получил интересное практическое применение (Б.Г. Лазарев, Б.Н. Есельсон [7]). Впоследствии В.Г. Манжель с сотрудниками показали [8], что на твердом водороде, с его очень малым значением поверхностного натяжения, эффективность переноса по пленке He II значительно меньше, чем на стекле и металле.

1938 год. Впервые в Союзе начаты исследования сверхпроводимости на высоких частотах, была предпринята попытка определить время релаксации явления (Б.Г. Лазарев, В.И. Хоткевич, А.А. Галкин).

1939—1941 годы. Найден эффект Шубникова—де Гааза у второго металла — цинка (ликвидирована девятилетняя “особенность” висмута); создана явная перспектива обнаружения эффекта де Гааза—ван Альфена, прежде всего, у цинка, т. е. установлена общеметалличность явления (Б.Г. Лазарев, Н.М. Нахимович, Е.А. Парфенова). Со ссылкой на эти работы в США в 1947 г. действительно обнаружили эффект де Гааза—ван Альфена в цинке. В плане на 1941 год уже стоит тема: сборка установки для исследования зависимости от магнитного поля магнитной восприимчивости цинка.

1939—1941 годы. Впервые разработан бескомпрессорный метод создания высоких давлений в автономном устройстве при сколь угодно низких температурах до $\sim 10\,000$ кг/см² (“ледовая бомба”), впервые количественно

измерено изменение (понижение) T_k и H_k олова и индия под давлением до ~ 2000 кг/см² (Л.С. Кан, Б.Г. Лазарев [9]). Рождается новая область исследований — физика низких температур при высоких давлениях.

В эти же годы в Москве академик Н.Д. Зелинский в Институте органической химии АН СССР развивал работы по химии сверхвысоких давлений и организовал для этих целей лабораторию. По его приглашению Л.Ф. Верещагин переехал в этот Институт, а для лаборатории высоких давлений УФТИ передал в качестве стартового все необходимое оборудование.

1939—1941 годы. В области температур 20,4—77—290 К изучены прочностные свойства широкого круга металлов (с разного типа кристаллическими решетками) и сплавов (В.И. Костенец, 1941).

Измерена теплопроводность сталей и цветных сплавов при температурах 18—77—290 К (И.В. Савельев, С.А. Злуницын, 1941). Результаты измерений по механическим свойствам и теплопроводности по просьбе П.Л. Капицы передавались ему для выбора материалов к его большим работам по низкотемпературному машиностроению.

К этому времени было защищено 9 кандидатских диссертаций: Г.Д. Шепелев, А.К. Кикоин, С.С. Шалыт, И.Е. Нахутин, Л.Ф. Верещагин, Н.М. Нахимович, И.В. Савельев, С.А. Злуницын.

27—30 января 1941 года в Москве в Институте физических проблем прошла конференция по физике низких температур, организованная физико-математическим отделением Академии наук СССР. Председательствует и делает первый доклад о своей известной работе “Свойства жидкого гелия” П.Л. Капица. Всего было 20 докладов: 9 — УФТИ, 7 — ИФП, 2 — ФИАН, 1 — УралФТИ, 1 — ИХФ (Ленинград). В наших докладах были изложены результаты работ 1938—1940 годов. Таким образом, наладилась и научная плодотворная деятельность, и формирование сообщества институтов с близкой тематикой. Эта конференция была вторым совещанием (первое состоялось в Харькове в 1937 году) по физике низких температур. После войны такие совещания стали систематическими и всесоюзными.

903 дня эвакуации

Последние записи в лабораторном журнале 1941 года, содержащие первые результаты исследований влияния высокого давления на сверхпроводимость, сделаны 17 и 19 июня (исследования на олове), 27 июня и 1 июля (на индии).

22 июня 1941 года гитлеровская армия вторглась в Советский Союз и через 4 месяца (21—22 октября) заняла Харьков. С начала августа Институт готовился к эвакуации далеко на восток. УФТИ было определено место назначения — столица Казахстана г. Алма-Ата. Упаковывались научные приборы, библиотека, машинное оборудование.



В криогенной лаборатории был разработан эффективный химический воспламенитель для бутылок с горючей жидкостью (Н.С. Руденко при консультации с профессором ХГУ Е.С. Хотинским). Как известно, варианты такого боеприпаса широко и успешно использовались в борьбе с танками. Были проработаны все операции изготовления БВ-УФТИ (бутылочный воспламенитель УФТИ), сформирована бригада сотрудников (Б.Г. Лазарев, Н.С. Руденко, В.И. Хоткевич, Л.С. Кан, Я.С. Кан, Б.И. Веркин и др.) и быстро налажено массовое производство боеприпаса. За годы войны были изготовлены сотни тысяч штук БВ-УФТИ.

По правительственному распоряжению УФТИ были предоставлены транспортные железнодорожные средства: 2 товарных вагона и платформа...

Криогенная на колесах. Город под непрерывной бомбежкой. Уезжали под аккомпанемент усиливающейся за Холодной Горой (на западе) артиллерийской канонады. Нас было девять человек: Б.Г. Лазарев, В.И. Хоткевич, Д. Улезко, Ю.Н. Винавер, В.И. Богатов, С.Н. Николашкин, Л.Ф. Бражников, Ф.С. Росинский с женой. В ночь на 19 октября уехали с пригородной станции Основа. Как и на всех направлениях, железные дороги уплотнены по максимуму. Ползем... Дни текут однообразно.

На полях пылают скирды необмолоченного хлеба. Со склада на станции идет раздача зерна населению. 4 ноября наконец оставили станцию Валуйки и двинулись в почти полуторамесячный (около 4500 км) сложный путь на восток.

В декабре прибыли в Алма-Ату. Наука УФТИ, его люди, широкий опыт и способность решать практически любые задачи даже в трудных условиях были сразу востребованы. На крупнейшем Балхашском медеплавильном заводе, одном из двух, обеспечивавших потребности войны, мы помогли в три раза снизить производственные потери меди. В Москве (в месяцы разгрома немцев в Сталинграде) по распоряжению Наркомата Обороны начато производство разработанного в Алма-Ате (на основе предвоенной работы В.И. Хоткевича) нового высококалорийного термита (В. Хоткевич, Б. Лазарев).

В “свободное время”, в 1943 году, с марта по декабрь, работал криогенный семинар с теоретиками, главным образом, с подробными докладами о подготовляемых к печати статьях (все лабораторные тетради были вывезены). В период с 30 декабря 1942 года по 3 января 1943 года в Уфе, где находился Президиум Академии наук, Институты физики и математики и часть сотрудников УФТИ, прошла сессия Академии наук, куда с докладами выезжала алма-атинская группа — И.М. Лифшиц, А.И. Ахиезер, Б.Г. Лазарев; из живших в Уфе докладывали А.Ф. Прихотько, Г.Д. Латышев. Академия составляла планы на 1943 год. В мае 1943 года в Алма-Ате прошла четырехдневная научная сессия Института. Было сделано 29 докладов по всем направлениям работы Института, как теоретическим (А.И. Ахиезер, И.М. Лифшиц), так и экспериментальным (К.Д. Синельни-

ков, А.К. Вальтер, А.А. Слуцкий, Б.Г. Лазарев, В.И. Хоткевич, Я.С. Кан, Л.С. Кан и еще ряд других). В том же году была написана и защищена на Объединенном совете Институтов физики и математики АН Украины в Уфе докторская диссертация Б.Г. Лазарева “Некоторые исследования по сверхпроводимости”. В 1942—1944 годах было опубликовано восемь работ сотрудников Института в ЖЭТФе и J. Phys.

Возвращение

Не могу не сказать о нашей общей вере, уверенности в Победе, уверенности, сохранявшейся во все дни, даже в тяжелейшие этапы войны. Теперь она проявлялась в государственной уверенности — реэвакуация началась более чем за год до дня Победы.

Переезд Академии наук в Украину начался весной 1944 года. Президиум Академии был в Москве уже в конце 1943 года. Все учреждения Академии наук, включая и те, которые находились до войны в Харькове и Днепрпетровске, сосредотачивались теперь в Киеве. Сделано это было для максимальной концентрации научных сил. Лишь три учреждения возвращались на места довоенного пребывания: Физико-технический институт — в Харьков, Полтавская гравиметрическая обсерватория — в Полтаву, Карадагская биологическая станция — в Крым. Для последних двух организаций это естественно — их невозможно (например, гору Карадаг) перенести в Киев. Отстоять же на заседаниях Президиума (весь декабрь 1943 года) возвращение УФТИ в Харьков было очень сложно — это была битва. Это было спасение Института, выигранное усилиями К.Д. Синельникова, А.И. Лейпунского, И.В. Обреимова, А.А. Слуцкина, А.К. Вальтера, Г.В. Курдюмова, которые были в это время в Москве.

К этому времени директором УФТИ был уже К.Д. Синельников, приехавший в Харьков еще в декабре 1943 года с небольшой (М.Ф. Федорова, Я.С. Кан, О.Л. Зеленберг, П. Майданов и др.) энергичной группой сотрудников, при помощи городского начальства подготовившей все к встрече возвращавшегося Института (от жилья до запаса продовольствия).

Изгоняемые из Харькова немцы в числе других объектов, как они это делали всюду, взорвали центральную 3-этажную часть Института. По расчетам стандартного аккуратного немецкого сапера взрывчатка, заложенная у основания опор под вестибюлем, должна была обрушить здание. Снаружи главный корпус остался цел, была выброшена взрывом метров на 50 дверь, вылетели стекла окон... Вместо вестибюля зиял провал, полы и частично потолок в коридорах, радиально расходящихся от вестибюля, в том числе в криогенную, на значительной их длине разрушены. В основном же здание устояло.

И.В. Обреимов вспоминал: “...Наша криогенная была сделана так: все ее 4 комнаты (основные залы) были покрыты легкой крышей, которая мог-



ла подняться вверх по рельсам. В случае взрыва сила взрыва должна была поднять крышу, и потом она должна была сесть на место. Испытать такую вещь нельзя. Но испытание сделали фашисты... Взрывная волна пробежала по коридору криогенной, крыша поднялась и опустилась на место”. Как предохранительные клапаны при взрыве вылетели стекла в громадных окнах. Крыша действительно сработала, как и предполагалось: у потолка образовались только незначительные щели. Во всех залах остались целы фундаменты установок.

Из дневника: “10.04. Приехали товарные вагоны и платформа и разгружены на станции Левада. 12.04. Привезли компрессоры к криогенной лаборатории (большой водородный, малый водородный, гелиевый). 13.04.—17.04. Компрессоры поставлены на их фундаменты! 22.05. На щитах в криогенной появилось напряжение!”

Возобновление криогенного семинара. Дневник документирует его, начиная с осени 1944 года: три доклада И.М. Лифшица о его работе по переходам второго рода, ряд семинаров с разбором планов 1945 года. Весь декабрь 1944 года и январь 1945 года длились лекции (14!) А.С. Компанейца по теории твердого тела, В.Л. Германа о работах Бриджмена при высоких давлениях, доклады по публикациям: о втором звуке в гелии П.В.П. Пешкова, о “парении” сверхпроводника над магнитом В.К. Аркадьева, о термомолекулярной разности давлений и др. Семинары закончились 26 мая 1945 года — и продолжились работы по восстановлению криогенной.

В августе 1944 года водородный зал был полностью восстановлен. 23 августа 1944 года, в годовщину освобождения Харькова, на налаживаемой к работе водородной установке “секретно” оживает воздух. Большим и приятным сюрпризом для всего Института на встрече коллектива по поводу этой годовщины был эпизод: В.И. Богатов, И.П. Королев и Л.С. Кан внесли на большом подносе трехлитровый стеклянный дьюар с жидким воздухом и маленькие стеклянные дьюарчики-рюмки. Подарку искренне радовался весь Институт. Всего через год — и уже первая криогенная жидкость!

Восстановление УФТИ шло в быстром темпе. Институт был привлечен к известной широкой урановой программе И.В. Курчатова, который был давно и близко знаком, еще по Ленинградскому физтеху, со всем старшим научным составом УФТИ и отлично знал и ценил его возможности. В 1945 году главный корпус УФТИ, и в нем криогенная, были восстановлены полностью.

Криогенная восстановлена!

К 1 ноября 1946 года были одна за другой запущены азотная, водородная, гелиевая установки! Восстановлены водородный и гелиевый трубопроводы от ожигателей и газгольдеров к измерительным устройствам в комнатах главного корпуса. Одновременно успешно решалась задача о возвращении сотрудников криогенной лаборатории из армии и из разных мест

эвакуации. Со всеми ними установилась еще во время войны переписка, все они мечтали об УФТИ, рвались в свой научный дом. Переписка с военным начальством быстро привела к возвращению А.А. Галкина (артиллерист), Н.С. Руденко (рядовой состав), Б.Н. Есельсона (артиллерист), который после контузии и госпиталя преподавал в военном училище. Труднее всего было с Б.И. Веркиным, который после войны служил заместителем начальника Суворовского училища по политчасти в Новочеркасске. Эта категория военнослужащих труднее всего отзывалась из военной службы. Помогла программа Курчатова.

Возвращены были также Е.С. Боровик с Н.М. Цин, работавшие с 1938 года в дочернем предприятии УФТИ — Опытной станции глубокого охлаждения, которая в эвакуацию попала в Кемерово (юго-восток Западной Сибири), влилась в Азотно-туковый комбинат и как целое в Харьков, к большому сожалению, не вернулась. Потерялось очень ценное звено в цепи криогенная наука—криогенная технология. Вернулся из Иркутского авиазавода А.И. Судовцов, несколько позже из Алма-Аты приехал В.И. Хоткевич.

Криогенная лаборатория вновь собралась мощным, вполне работоспособным составом: “старослужащие” — автор этих строк, В.И. Хоткевич, Л.С. Кан, Я.С. Кан, Е.С. Боровик, Н.М. Цин, М.Ф. Федорова, Н.С. Руденко, А.А. Галкин, Б.Н. Есельсон, В.И. Богатов, “новобранец” Б.И. Веркин. Работали все ожижительные машины, работала восстановленная криогенная мастерская.

Не вернулся с войны Н.М. Нахимович — талантливый физик, защитивший кандидатскую диссертацию, — на втором месяце войны лейтенант-связист погиб под Тернополем. В героической обороне Севастополя (1941—1942 гг.) погиб на мысе Херсонесском старший научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук, командир батареи Г.Д. Шепелев; погибли механики ожижительных установок Б. Бондарев, С. Озеров. Теперь на площади перед главным корпусом Института стоит стела в память погибшим сотрудникам УФТИ.

Очень быстрое восстановление Института и вместе с ним криогенной лаборатории было связано с тем обстоятельством, что УФТИ был, как сказано выше, максимально загружен большой курчатовской программой работ по урановой проблеме. С начала 1947 года эти работы уже шли.

По мере выполнения этой программы развивались исследования в направлениях, которые сложились уже к середине 1941 года, развивались в эвакуации, в обдумывании и обсуждениях на криогенных семинарах совместно с теоретиками, весь 1943 год, на институтских и академических (в Уфе) конференциях и, наконец, в переписке, например, с еще воевавшими, но уже обдумывавшими продолжение начатых работ А.А. Галкиным и Б.Н. Есельсоном.

Определились основные разработчики тем: А.А. Галкин — сверхпроводимость в нестационарных полях; Л.С. Лазарева — сверхпроводимость при высоких давлениях, создание физики высоких давлений при низких темпе-



ратурах; Б.Н. Есельсон — сверхтекучий гелий и его изотопия во всем многообразии; Е.С. Боровик — комплексные исследования гальваномангнитных свойств металлов (холл-эффект и магнитосопротивление); В.И. Костенец — механические свойства металлов с разным типом решетки и сплавов; В.И. Хоткевич — влияние неоднородного состояния кристаллической решетки на свойства металлов при низких температурах; Н.М. Нахимович должен был развивать полученные результаты по электронным явлениям (следствиям открытого эффекта Шубникова—де Гааза у цинка) — теперь работы выполнялись Б.И. Веркиным и Н.С. Руденко; Е.С. Боровик, М.Ф. Федорова, Н.М. Цин — криогенный вакуум (тема, возникшая в ходе работ по программе И.В. Курчатова); А.И. Судовцов — новые оживители водорода и гелия большей производительности, сверхпроводимость.

Громадную роль играл криогенный семинар, объединяя интересы как экспериментаторов, так и теоретиков. В семинарах участвовали не только сотрудники УФТИ — докладывались практически все “криогенные” диссертации из Института П.Л. Капицы, из УралФТИ, из Ленинграда, Новосибирска (в том числе работы Ю.В. Шарвина, Н.В. Заварицкого, А.А. Абрикосова, И.М. Халатникова, Н.В. Волькенштейна, Л.А. Боярского и др.).

Очень ярко описывает творческую атмосферу семинара его непреходящий участник М.И. Каганов в статье “К истории электронной теории металлов (УФТИ, 50-е годы)”. Он вспоминает, в частности: «...Обстановка на семинаре была свободная, веселая... Для харьковских теоретиков (во всяком случае, для меня) семинар, руководимый Б.Г. Лазаревым, был не только источником информации об экспериментальной ситуации, но и — главным образом — верховным судилищем, чему можно верить, а чему нельзя, что интересно, а что случайность; из неорганизованной, неупорядоченной массы работ формировалась линия развития определенных областей физики — в те годы физики металлов и физики сверхтекучести...

...В те годы экспериментальными исследованиями металлов занимались три группы в криогенной лаборатории: Евгения Станиславовича Боровика, Бориса Иеремиевича Веркина и Александра Александровича Галкина. Боровик занимался гальваномангнитными, Веркин — осцилляционными, а Галкин — высокочастотными явлениями. Уверен, что нет случайности в том, что первые, а по существу, и главные работы по электронной теории металлов были “уфтинскими”» [2].

1947—1963 годы

Это были действительно замечательные, творческие, результативные годы. Результаты стремительно развивались вместе с их талантливыми авторами и привели к созданию новых направлений, представлений физики конденсированного состояния. В 1943—1959 годы шел буквально поток защищенных в криогенной лаборатории диссертаций, в том числе 5 докторских: *В.И. Хоткевич*. Влияние неоднородного состояния кристаллической

решетки на свойства металлов при низких температурах. — 1953 г.; *Е.С. Боровик*. Гальваномагнитные явления и свойства электронов проводимости в металлах. — 1954 г.; *А.А. Галкин*. Исследование сверхпроводимости в нестационарных электромагнитных полях. — 1954 г.; *Б.Н. Есельсон*. Исследование свойств изотопов гелия и их смесей. — 1956 г.; *Б.И. Веркин*. Магнитные свойства металлов при низких температурах и проблемы энергетического спектра электронов в металлах. — 1958 г. И 11 кандидатских диссертаций: *И.М. Дмитренко, П.А. Безуглый, Я.С. Кан, Б.Н. Александров, Н.С. Руденко, Л.С. Кан, М.Ф. Федорова, А.И. Судовцов, В.И. Костенец, Н.Г. Березняк, О.Н. Овчаренко*.

Природа электронных явлений в металлах

В УФИ в 1949 году эффект Шубникова—де Гааза был найден у олова (*Е.С. Боровик*), а вскоре в нем обнаружено и явление де Гааза—ван Альфена.

Позднее, в 1949—1951 годах, явление де Гааза—ван Альфена было обнаружено у кадмия, бериллия, магния, индия, сурьмы (*Б.И. Веркин, Б.Г. Лазарев, Н.С. Руденко*).

Замечу, что *Д. Шенберг* (Кембридж), вероятно, подозревая о возможности эффекта де Гааза—ван Альфена кроме висмута и в других металлах, еще в 1936 году искал его у ближайшей к висмуту сурьмы. В 1949 году, уже при температурах до 1,4 К, он не обнаружил этого эффекта, вероятно, из-за недостаточной чистоты имевшейся у него сурьмы.

Харьковские результаты привели, буквально, к прорыву потока исследований эффекта де Гааза—ван Альфена. *Д. Шенберг* подтвердил наличие эффекта у “наших” металлов и дополнительно обнаружил его в монокристаллах алюминия, галлия, графита. Подробно выявилась анизотропия эффекта де Гааза—ван Альфена — тонкая структура, накладывающаяся на длинноволновые осцилляции (*Б.И. Веркин, И.М. Дмитренко, И.Ф. Михайлов, 1955*).

Открытие де Гаазом и ван Альфеном (в 1931 году) на монокристаллах висмута осциллирующей зависимости магнитного момента от магнитного поля оказалось не странностью висмута, вообще не очень похожего на другие металлы, а общеметаллическим свойством. Соревнуясь друг с другом, это продемонстрировали харьковские (*Б.И. Веркин, Б.Г. Лазарев*) и кембриджские (*Д. Шенберг*) физики-экспериментаторы. Накопление экспериментального материала явно опережало теорию, которая сводилась к работе *Л.Д. Ландау*, опубликованной в виде приложения к статье *Д. Шенберга* о висмуте. “Поскольку у большинства металлов осцилляции оказались весьма сложными (наряду с большими периодами обнаружались и малые), в рассмотрении появились группы электронов проводимости и среди них особое место занимали группы с аномально малым числом носителей” (из воспоминаний *М.И. Каганова, 1999*). Последнее подтверждалось сильным влиянием на осцилляции магнитной восприимчивости уже сравнительно



небольшого давления (~ 1500 кг/см²) (И.М. Дмитренко, Б.И. Веркин, Б.Г. Лазарев, А.М. Косевич, 1956—1958).

Таким образом, вместе с экспериментальным, ликвидировался также застойный период и теоретических работ по осцилляционным явлениям в свойствах металлов при низких температурах, длившийся с 1939 года (Л.Д. Ландау, А.И. Ахиезер). Последовал ряд работ уфтинских и других харьковских теоретиков, успешно решавших проблему энергетического спектра электронов в металле (И.М. Лифшиц, А.М. Косевич, А.В. Погорелов, М.Я. Азбель, М.И. Каганов, В.Г. Песчанский, 1953—1958), все более формирувавших количественное представление о топологии поверхности Ферми [2].

Параллельно с этим термодинамическим направлением электронных свойств металлов были проведены широкие исследования кинетических гальваномагнитных явлений и свойств электронов проводимости в металлах (Е.С. Боровик, 1954—1955).

Экспериментально и теоретически изучено поглощение ультразвука в металлах в магнитном поле (Sn, Zn, In) (А.А. Галкин, Э.А. Канер, А.П. Королюк, 1959—1960).

Впервые найдено и изучено новое явление, в дальнейшем существенное при изучении ряда электронных свойств металлов, — эффект формы — зависимость электросопротивления монокристалльной тонкой (0,1 мм) шириной 2,4 мм пластинки висмута от поперечного образцу (току) магнитного поля (Е.С. Боровик, Б.Г. Лазарев, 1948—1951).

Жидкий гелий, растворы изотопов

Первые работы по разделению изотопов гелия положили начало изучению свойств растворов и диаграмм состояния системы ³He—⁴He: влияние примеси гелия-3 на диаграмму λ -линии, диаграммы состояния жидкость—пар, жидкость—кристалл, поверхностного натяжения (Б.Н. Есельсон, Б.Г. Лазарев, Н.Г. Березняк, И.В. Богоявленский, 1950—1963).

Одна из первых попыток определить структуру вращающегося жидкого гелия (расслоение на коаксиальные слои нормальной и сверхтекучей компонент) состояла в изучении оптическим путем по полному внутреннему отражению картины поверхности мениска вращающегося гелия-2. Ожидавшиеся тонкие особенности такой картины не подтвердились (Л.Д. Ландау, И.М. Лифшиц, М.И. Каганов, 1955; Б.Н. Есельсон, Б.Г. Лазарев, К.Д. Синельников, А.Д. Швец, 1956). Возвращаясь к эффекту переноса: экспериментально найдено, что скорость образования пленки смачивания гелия-2 при наполнении ее на свежую твердую поверхность почти на порядок больше скорости установившегося перетекания; определена зависимость скорости от температуры (Б.Н. Есельсон, Ю.З. Ковдря, Б.Г. Лазарев, 1963).

Криогенная лаборатория УФТИ продолжает играть роль центральной

К началу пятидесятых годов в СССР было три больших основных центра физики низких температур, охватывающих, по существу, все ее главные проблемы. В хронологическом порядке это УФТИ в Харькове, Институт физических проблем в Москве, Институт физики Грузинской Академии наук в Тбилиси. Как выше было сказано, успешно уже работали или начинали работать криогенные лаборатории в Ленинградском физико-техническом институте, Институте физики академии наук УССР (Киев), Институте физики металлов Уральского отделения Академии наук СССР (Свердловск), которые созданы, в значительной мере, как об этом говорилось выше, при содействии криогенной лаборатории Украинского физико-технического института.

В 1958 году Е.С. Боровик в ХФТИ организует и создает вторую криогенную лабораторию в составе Отдела физики плазмы. Первые ее работы были связаны с проблемой тех лет — созданием и удержанием плазмы. С 1961 года здесь работают ожижители гелия и водорода. Задачи — сильные магнитные поля, сначала импульсные, до 100 кЭ, с охлаждением катушек жидким водородом, затем — отработка больших магнитных устройств на сверхпроводниках с гелиевым охлаждением, высокий криогенный вакуум, сверхзвуковые газовые струи в вакууме. Сформировались увлеченные наукой ученики, были большие замыслы, которые продолжались уже без Евгения Станиславовича. Дальнейшему развитию и работе этой лаборатории посвящена подробная статья учеников Евгения Станиславовича — В.Б. Юферова, Е.И. Скибенко, В.А. Кравченко, Ю.А. Холода [10].

В 1960 году создается Физико-технический институт низких температур. Организаторы института — Б.И. Веркин, А.А. Галкин — криогенщики УФТИ. Институт организовался в значительной мере в научных традициях и на молодых кадрах сотрудников криогенной лаборатории УФТИ (И.М. Дмитренко, И.В. Свечкарев и др.) с преемственностью части ее тематик. Научная молодежь 60-х годов выросла во ФТИНТе в известных физиков — руководителей отделов и направлений Института. Теперь это Институт имени академика Б.И. Веркина. С 1975 г. издается журнал “Физика низких температур”, переиздаваемый Американским институтом физики на английском языке под названием “Low Temperature Physics”. Нынешний директор Института академик В.В. Еременко — ученик академика А.Ф. Прихотьюк¹. Она, в свою очередь, была ученицей академика И.В. Обреимова — нашего первого криогенщика. Преемственность сохраняется [11].

В 1963 году в Институте радиофизики и электроники заработали гелиевый и водородный ожижители, изготовленные в мастерской криогенной

¹ Эти строки написаны Б.Г. Лазаревым в 1999 г. С 2006 г. директором ФТИНТа является чл.-кор. НАН Украины С.Л. Гнатченко.



лаборатории УФТИ. Новый институт, организованный в 1955 году учениками академика А.А. Слуцкого — академиками А.Я. Усиковым и С.Я. Брауде — на основе его лаборатории электромагнитных колебаний, до переезда в отдельное помещение, работал в одном здании с криогенной лабораторией. Его тематика, связанная с использованием низких температур, развивалась под заметным влиянием лаборатории. Выполнялись интересные совместные работы.

С 1965 года со всем комплексом ожижающих установок работает Донецкий физико-технический институт, созданный А.А. Галкиным — выдающимся ученым и блестящим организатором. Значительно ускорила эти события передача ДонФТИ нашей установки для производства жидкого азота и помощь в ее запуске нашего опытного криогенщика В.И. Богатова. Сформировалась тематика института: физика и техника высоких давлений, разработка нестационарной гидроэктрузии и ее эффективное применение, физика магнитных явлений, электронные свойства твердого тела, низкотемпературная и высокотемпературная сверхпроводимость, физика прочности и пластичности, разработка электрометрических и криомагнитных измерительных комплексов.

В 1967 году начинает работать со своим гелием в Харькове криогенная лаборатория Харьковского университета, созданная В.И. Хоткевичем (член-корреспондент Академии наук с 1967 г.).

Вспоминается приезд А.Ф. Иоффе в 1954 г. на сессию украинской Академии наук, посещения им института и криогенной лаборатории, разговоры, дружеское доброжелательное отношение с явным, как мне кажется, удовлетворением от всего увиденного, от созданного им и учениками его школы.

1. *50 лет Харьковскому физико-техническому институту.* — К., Наукова думка, 1978.
2. *Развитие криогеники на Украине.* Сборник научных трудов. — К., Наукова думка, 1978.
3. *J. Dorfman.* Sow. Phys. — **7**, 126 (1935).
4. *B.G. Lasarew and L.V. Schubnikow.* Sow. Phys. — **10**, 117 (1936); *ibid.* **11**, 445 (1937).
5. *J.G. Powles.* Science Progr. — **64**, N 175, 449 (1956).
6. *A.K. Kikoin and B.G. Lazarev.* Nature. — **141**, 912 (1938); *ibid.* **142**, 289 (1938).
7. *B.G. Lazarev and B.N. Eselson.* J. Phys. — **2–3**, 151 (1941).
8. *М.И. Багацкий, В.Г. Манжель, И.Я. Минчина.* ФНТ. — **12**, 14 (1975).
9. *Б.Г. Лазарев, Л.С. Кан.* ЖЭТФ. — 14, 2 (1944); там же: **14**, 463 (1944).
10. *В.Б. Юферов, Е.И. Скибенко, В.А. Кравченко, Ю.Ф. Холод.* УФЖ. — **43**, 1190 (1998).
11. *И.М. Дмитренко.* Рождение Института (очерки становления ФТИНТ АН УССР). — Харьков (1998). — С. 138.