

ЛЕВ ВАСИЛЬЕВИЧ ШУБНИКОВ *

С.А. ГРЕДЕСКУД, Л.А. ПАСТУР, Ю.А. ФРЕЙМАН

Физико-технический институт низких температур НАН Украины ведет свое происхождение от криогенной лаборатории УФТИ в Харькове, создателем и первым руководителем которой был Лев Васильевич Шубников (1901—1937). Именно пионерские исследования, выполненные в криогенной лаборатории УФТИ под руководством Шубникова, а в 1937 г., после его трагической гибели, под руководством Бориса Георгиевича Лазарева, положили начало большинству научных направлений института. Поэтому представляется естественным, прежде чем излагать результаты исследований, выполненных во ФТИНТе за 50 лет существования института, сделать краткий экскурс в историю криогенной лаборатории УФТИ, тем более что она, как не раз повторял Борис Иеремиевич Веркин, послужила для него моделью при создании института. Ибо, несмотря на то что со времени гибели Шубникова прошло много лет, жива легенда о тех фантастических годах, когда под руководством Льва Васильевича лаборатория за три года не только создала необходимую техническую базу, но и начала публиковать научные результаты, которые сразу обеспечили ей лидирующее место в ряде наиболее актуальных областей физики конденсированного состояния. Не будем забывать, что это были годы, когда все, начиная от гвоздей и писчей бумаги, было остро дефицитным.

С эффекта Шубникова—де Гааза началась физика квантовых гальваномагнитных явлений — один из самых обширных и содержательных разделов современной физики металлов и полупроводников. Сверхпроводники II рода, состояние которых в обнаруженном Л.В. Шубниковым интервале магнитных полей ($H_{c1}—H_{c2}$) называют фазой Шубникова, составляют одну из главных тем современной физики сверхпроводимости. Открытие антиферромагнитного фазового перехода сыграло огромную роль в физике магнетизма и фазовых переходов. Среди полученных Л.В. Шубниковым и его учениками и сотрудниками результатов можно назвать: обнаружение промежуточного состояния сверхпроводников, исследования по фазовым переходам, физике гелия, отвердевшим газам, криогенным жидкостям, росту кристаллов. Гармоничное сочетание глубокого понимания сущности физических явлений с даром блестящего физика-экспериментатора и инженера неизменно позволяли ему выбирать наиболее актуальные темы и объекты

* По материалам книги “Л.В. Шубников. Избранные труды. Воспоминания” (Киев, 1990).



и находить простые и эффективные способы их исследования. Л.В. Шубников создал первую в СССР школу физиков-криогенщиков. Среди его учеников такие известные физики, как Л.Ф. Верещагин, Н.Е. Алексеевский, В.И. Хоткевич, Ю.Н. Рябинин, А.К. Кикоин, О.Н. Трапезникова, С.С. Шалыт, Г.Д. Шепелев.

Сверхпроводимость

Магнитные свойства сверхпроводников. Уже с первых дней существования криогенной лаборатории одной из ее основных тем стало исследование сверхпроводимости. Лаборатория Шубникова включилась в изучение сверхпроводимости в тот момент, когда был открыт ряд сверхпроводников, определены их критические температуры, обнаружены явления разрушения сверхпроводимости магнитным полем и током, изучено влияние магнитного поля на критическую температуру и было установлено, что у сплавов поле, восстанавливающее сопротивление, может быть значительно выше, чем у чистых металлов, сформулированы основные термодинамические соотношения. Таким образом, были очерчены контуры картины равновесных свойств сверхпроводников. Что же касается магнитных свойств и поведения сверхпроводников при совместном действии магнитного поля и тока, то здесь, по существу, ничего не было известно. Предполагалось, что такое поведение должно описываться электродинамикой с формально равной бесконечности проводимостью и, как следствие, что поле должно быть “вморожено” в сверхпроводник.

С самого начала “гелиевых экспериментов” Л.В. Шубников обратился к решению, как вскоре выяснилось, наиболее актуальной задачи — прямого определения магнитных свойств химических элементов, являющихся “идеальными” сверхпроводниками. Л.В. Шубниковым и Ю.Н. Рябининым была создана очень удачная экспериментальная методика, состоявшая в прямом измерении намагниченности длинных тонких цилиндрических образцов, помещенных в однородное продольное поле. Используя эту методику, Л.В. Шубников и Ю.Н. Рябинин в течение 1933—1934 гг. измерили полную кривую зависимости индукции от поля $B(H)$ для поликристаллического свинца и обнаружили, независимо от В. Мейсснера и Р. Оксенфельда и практически одновременно с ними, что в сверхпроводящем состоянии магнитная индукция равна нулю. Важно подчеркнуть, что опыт Шубникова—Рябинина давал прямое экспериментальное доказательство этого факта, тогда как в работе Мейсснера—Оксенфельда этот факт был установлен косвенно, на основании изменения топологии магнитного поля, измеряемого с помощью кабельной пробной катушки в зазоре между двумя свинцовыми цилиндрами, расположенными поперек поля. Краткое сообщение Ю.Н. Рябинина и Л.В. Шубникова поступило в редакцию журнала “Physikalische Zeitschrift der Sowietunion” 21 апреля 1934 г. (в несколь-

ко уточненном и расширенном виде оно представлено в “Nature” 3 июля 1934 г. и опубликовано 25 августа 1934 г.), а заметка В. Мейсснера и Р. Оксенфельда вышла в свет 3 ноября 1933 г. Тем не менее есть основания полагать, что Л.В. Шубников пришел к идее эксперимента независимо от работы В. Мейсснера и Р. Оксенфельда, хотя, возможно, не без влияния исследований, проводившихся в Лейдене. Поэтому, нисколько не умаляя приоритет В. Мейсснера, являющийся историческим фактом, следует в то же время признать, что экспериментально надежно обоснованное доказательство идеального диамагнетизма сверхпроводников (разумеется, односвязных и I рода) было дано Ю.Н. Рябининым и Л.В. Шубниковым, предпринявшими прямые измерения зависимости магнитного момента и индукции — физически наиболее содержательных характеристик магнитного состояния — от поля в экспериментально “чистой” ситуации длинных сплошных цилиндрических образцов в однородном продольном поле. С тех пор эти зависимости стали столь естественным и неотъемлемым элементом практически любого руководства по физике сверхпроводимости, что об их авторах уже практически никогда не упоминается. Ключевая роль этой работы несомненна. Теоретики (К. Горттер, Х. Казимир, Я.И. Френкель и Ф. Лондон) восприняли их как доказательство идеального диамагнетизма сверхпроводников. Этот факт лег в основу уравнений электродинамики сверхпроводников, предложенных в 1935 г. Ф. и Х. Лондонами.

Второй цикл фундаментальных работ Л.В. Шубникова по сверхпроводимости, тесно примыкающих к первому и являющихся его продолжением, посвящен исследованию магнитных свойств сверхпроводящих сплавов. Истоки интереса Л.В. Шубникова к этой проблематике также, по-видимому, уходят в Лейден, где эти исследования были начаты в 1928 г. и через год привели к важному открытию. А именно, В. де Гааз и Й. Фоогд обнаружили, что критическое поле сплавов (определяемое по появлению сопротивления, т. е. в поле H_{c2} , по терминологии Ю.Н. Рябинина и Л.В. Шубникова) оказалось на два порядка более высоким, чем у чистых металлов. Этот интересный с различных точек зрения результат возродил, в частности, надежды на создание сверхпроводящих соленоидов, что пытался сделать еще Х. Камерлинг-Оннес сразу после открытия сверхпроводимости.

С позиций физики фазовых переходов сверхпроводники с высоким H_c интересны тем, что для них в соответствии с формулой Рутгерса—Горттера—Казимира должен иметь место значительно больший, чем у чистых сверхпроводников, скачок теплоемкости при переходе “нормальный металл—сверхпроводник” (критические температуры известных в то время чистых металлов и сплавов отличались мало). Эта формула прекрасно выполнялась для чистых сверхпроводников. Однако в конце 1934 г. практически одновременно появились работы Т. Кэли, К. Мендельсона и Д. Мура (сплав $PbTl_2$), а также Л.В. Шубникова и В.И. Хоткевича (сплав $Pb_{65}Bi_{35}$) о калориметрических исследованиях сверхпроводящих сплавов. В обеих работах большого скачка теплоемкости, предсказываемого этой формулой, зарегистри-



стрировано не было. Но тогда как английские физики ограничились лишь констатацией этого факта, Л.В. Шубников и В.И. Хоткевич впервые сделали вывод о том, что представление о двух фазах, на котором основан вывод формулы, не отвечает положению дел в сплавах.

Этот вывод, как и сама работа, еще раз свидетельствует о глубоком понимании Л.В. Шубниковым физической сущности всего комплекса магнитных свойств сверхпроводников и о существовании у него обширной программы их всестороннего изучения. И действительно, уже 27 января 1935 г. Ю.Н. Рябинин и Л.В. Шубников направляют в “Physikalische Zeitschrift der Sowietunion” работу, ставшую основополагающей в физике сверхпроводящих сплавов (сокращенный вариант ее был опубликован в “Nature” 13 апреля 1935 г.). Авторы применили уже надежно отработанную при открытии идеального диамагнетизма чистых сверхпроводящих металлов методику снятия кривых $B(H)$. Измерения проводились на тщательно гомогенизированных и отожженных образцах сплавов $PbTl_2$ и $Pb_{65}Bi_{35}$ в полном соответствии с программой Л.В. Шубникова на исследование “чистых” сверхпроводящих объектов. В результате был обнаружен фундаментальный факт существования в сверхпроводящих сплавах двух критических полей H_{c1} и H_{c2} . Поле H_{c1} сравнительно невелико, и при его достижении индукция резко возрастает от нулевого значения, затем этот рост постепенно замедляется. Однако при этом сопротивление остается равным нулю и лишь при существенно большем поле H_{c2} оно восстанавливается до значения сопротивления в нормальном состоянии, а индукция в этот момент плавно достигает значения внешнего поля.

Отметим, что несколько раньше, в январе 1935 г., в “Nature” появилась заметка В. де Гааза и Д. Казимир-Йонкера, в которой исследовалось проникновение магнитного поля внутрь длинных полых цилиндрических образцов, расположенных поперек поля (явно менее удачная схема, чем у Ю.Н. Рябинина и Л.В. Шубникова). Было показано, что поле проникает внутрь начиная с гораздо более низкого значения, чем то, при котором восстанавливается сопротивление. 18 мая 1935 г. в “Nature” было опубликовано письмо К. Мендельсона и Д. Мура, в котором оксфордские физики также приходят к выводу о существовании двух характерных магнитных полей. Впоследствии К. Мендельсон признал, что Харьковская лаборатория в этих исследованиях опередила Лейденскую и Оксфордскую.

Все полученные зависимости $B(H)$ обладали гистерезисом, но исследователи проницательно считали его, скорее, вторичным явлением, чему в значительной степени способствовал опыт, приобретенный в “борьбе” с гистерезисными явлениями в чистых сверхпроводниках. Противоположной точки зрения, в итоге не отвечающей сути дела, придерживался вплоть до 60-х годов К. Мендельсон, который связывал гистерезис с существованием в сверхпроводниках II рода макроскопических неоднородностей. С позиций современных представлений существование подобных субструктур рассматривается как возможное и даже важное свойство, способствующее до-

стижению высоких критических токов, однако не связанное с существом сверхпроводимости II рода.

Значение результатов, полученных в этом цикле работ Л.В. Шубникова и сотрудников лаборатории, в полной мере удалось оценить лишь спустя два десятилетия, когда началось бурное исследование сверхпроводящих сплавов, инициированное как построением теории сверхпроводников II рода в работах А.А. Абрикосова, В.Л. Гинзбурга (Нобелевская премия по физике 2006 г.), Л.Д. Ландау и Л.П. Горькова, так и начавшимся использованием этих сплавов в технике, в частности созданием мощных сверхпроводящих магнитов. В знак признания роли Л.В. Шубникова в становлении физики сверхпроводников II рода их состояние в интервале магнитных полей между H_{c1} и H_{c2} стали называть “фазой Шубникова” (наряду с использованием термина “смешанное состояние”). Заметим также, что высокотемпературные сверхпроводящие керамики также являются сверхпроводниками II рода, и исследование в них “фазы Шубникова” составляет существенную часть построения весьма сложной картины происходящих в этих веществах явлений.

В описанных выше работах группы Шубникова были исследованы и критические токи. Найденные значения для тонких проволок из $PbTi_2$ оказались неожиданно малыми. Теперь известно, что заметные критические токи в сверхпроводниках II рода могут существовать лишь при достаточно большой концентрации дефектов, обеспечивающих пиннинг вихрей Абрикосова, а Л.В. Шубников и его сотрудники делали все возможное, чтобы иметь бездефектные образцы, и достигли в этом большого совершенства. Характерной величиной, с которой сравнивается критический ток проволоки, является ток, создающий на поверхности проводника критическое магнитное поле. Гипотеза о том, что этот ток совпадает с критическим, выдвинутая в 1916 г. американским физиком Г. Силсби (правило Силсби), означала, что обнаруженные еще Камерлинг-Оннесом факты разрушения сверхпроводимости магнитным полем и током представляют собой две стороны одного и того же явления. Правило Силсби пребывало в статусе гипотезы до 1924 г., когда В. де Гааз и В. Тюйн поставили прямой эксперимент, продемонстрировавший его соблюдение. Однако прецизионная проверка правила Силсби для чистых сверхпроводников была осуществлена только Л.В. Шубниковым и Н.Е. Алексеевским, получившими кривую перехода оловянной проволоки по току с точностью, которая считается достаточной и в наши дни. Обращает на себя внимание остроумный способ исключения неизотермических искажений образцов, основанный на проведении экспериментов в жидком гелии и использующий открытый накануне В. Кеезомом и его дочерью мисс А. Кеезом факт огромной теплопроводности гелия, что прекрасно иллюстрирует, насколько быстро Л.В. Шубников воспринимал и включал в свой активный арсенал новые физические идеи и факты.



Промежуточное состояние. Весьма актуальной и важной задачей физики сверхпроводимости того времени было исследование сосуществования нормальной и сверхпроводящей фаз (так называемого промежуточного состояния) в образцах со сложным распределением поля. Этой задачей, связанной с глубиной проникновения, поверхностной энергией границы раздела и целым рядом других ключевых свойств сверхпроводников, занимались многие ведущие теоретики: К. Гортгер, Х. Казимир, Ф. Лондон, Р. Пайерлс, Л.Д. Ландау. В 1937 г. Л.Д. Ландау создал теорию промежуточного состояния, согласно которой сверхпроводник со значительным коэффициентом размагничивания при воздействии достаточно сильного магнитного поля приобретает структуру чередующихся слоев двух фаз, расположенных вдоль поля. В том же году И.Е. Нахутин и Л.В. Шубников в полном соответствии с теорией Ландау обнаруживают в остроумном и убедительном эксперименте сильную анизотропию проводимости монокристаллических слоев олова. Этим было экспериментально открыто промежуточное состояние. В это же время Л.В. Шубников и Н.Е. Алексеевский обнаружили промежуточное состояние при разрушении сверхпроводимости металлов и сплавов электрическим током.

К этому кругу вопросов примыкают работы В.И. Хоткевича и Л.В. Шубникова по изучению процесса размагничивания сверхпроводников кольцевой формы и различного состава при одновременном воздействии поля и тока. В дальнейшем эти работы сыграли большую роль в определении последующих представлений о критических явлениях в сверхпроводящих кольцах. Например, в опубликованной в 1952 г. монографии Д. Шенберга “Сверхпроводимость” эти результаты составляют основное содержание соответствующего раздела. Они были также существенно использованы при создании в УФТИ сверхпроводящих соленоидов.

Антиферромагнетизм

Большой цикл работ Л.В. Шубникова и его сотрудников посвящен магнетизму. Как известно, магнитная восприимчивость ферромагнитных металлов выше точки Кюри подчиняется закону Кюри—Вейсса. Естественно было попытаться понять, каковы магнитные свойства различных соединений этих металлов. Прежде всего, были предприняты исследования с целью получить ответ на вопрос, имеется ли связь аномалий магнитных и тепловых свойств в этих веществах. Предварительные результаты, относящиеся к аномалии теплоемкости FeCl_2 в окрестности точки Кюри, опубликованы О.Н. Трапезниковой и Л.В. Шубниковым в 1934 г. в “Nature”. В 1934—1936 гг. были проведены систематические исследования тепловых (Л.В. Шубников, О.Н. Трапезникова и Г.А. Милютин) и магнитных (Л.В. Шубников и С.С. Шалыт) свойств хлоридов переходных металлов. Эти исследования показали, что аномалии теплоемкости и магнитной восприимчивости проявляются для данного вещества в окрестности одной и

той же температуры. Было показано, что магнитная восприимчивость подчиняется закону Кюри—Вейсса, но с отрицательной константой, а теплоемкость имеет излом. Любопытно, что этот же тип переходов был изучен Ландау в то же время и в том же институте.

Можно без преувеличения сказать, что результатом цикла исследований хлоридов переходных металлов по существу явилось экспериментальное открытие антиферромагнетизма.

Ожиженные и отвердевшие газы

С первых дней работы криогенной лаборатории в круг постоянных объектов исследования наряду со сверхпроводниками и магнетиками вошли ожиженные и отвердевшие газы — азот, аргон, кислород, метан и, конечно, гелий. Таким образом, вслед за лабораториями В. Кеезома в Лейдене и Ф. Саймона в Берлине лаборатория Л.В. Шубникова в Харькове стала одной из первых в мире, где проводились систематические исследования этих важнейших объектов физики конденсированного состояния.

Знакомство Л.В. Шубникова с жидким гелием произошло в Лейдене. Однако он решительно отказался следовать практике, сложившейся в Лейдене, и с самого начала выработал свой стиль работы с ожиженными газами. Впервые в СССР жидкий гелий был получен Л.В. Шубниковым, Ю.Н. Рябининым и А.И. Судовцовым в конце 1932 г. с помощью экспансионного метода Саймона. Это осуществлялось на той же установке, на которой проводились измерения, что позволило начать исследования, не дожидаясь запуска мейсснеровского ожижителя.

Исследования гелия. Намерение включить исследования гелия в основную тематику лаборатории зрело у Л.В. Шубникова со дня ее основания. Уже в 1933 г. он занялся измерениями теплоты плавления гелия (результаты этой работы по неизвестной причине не были опубликованы) и упоминал о намерении заняться выяснением природы гелия II. К этой задаче он приступил в 1935 г., предложив своему дипломнику А.К. Кикоину попытаться обнаружить анизотропию гелия II.

Идея эксперимента заключалась в следующем. Переход гелий I—гелий II характеризуется λ -аномалией, характерной для фазовых переходов II рода. Аналогичные аномалии наблюдались в ферромагнетиках в точке Кюри, в бинарных сплавах вблизи точки перехода порядок—беспорядок или в жидкостях при образовании жидкого кристалла. Таким образом, можно было ожидать, что этот переход связан с каким-то упорядочением. Авторы предположили, что, возможно, гелий II является жидким кристаллом, и попытались обнаружить его оптическую анизотропию. Для этой цели был изготовлен прибор для наблюдения в гелии II эффекта Керра. Теперь такая постановка эксперимента кажется несколько наивной и прямолинейной. Вращение плоскости поляризации в гелии II в электрическом поле, конечно, не наблюдалось.



Эта работа, ставшая первой публикацией результатов экспериментов с жидким гелием в нашей стране, не была случайным эпизодом, а являлась начальным этапом реализации обширных планов исследований конденсированных фаз гелия. После окончания оптических экспериментов Л.В. Шубников предложил А.К. Кикоину заняться исследованиями свойств пленки гелия II на поверхности твердого тела, а также измерениями теплопроводности твердого гелия. В списке важнейших тем значилась проблема исследования пробивного напряжения жидкого гелия, которая могла служить отправной точкой столь актуальных в настоящее время исследований свойств зарядов в гелии. К сожалению, реализовать эти планы Шубников уже не успел.

Фазовые переходы. Исследуя природу λ -аномалии в жидком гелии, Л.В. Шубников обратил внимание на существование определенного класса твердых тел, в которых фазовый переход имеет черты, сближающие его с переходом гелий I—гелий II. Наиболее близкая аналогия с явлениями в гелии просматривалась у твердого метана. Исследования твердого CH_4 , проведенные К. Клузиусом в 1929 г., привели к обнаружению λ -аномалии. В то же время структурные исследования показали, что кристаллическая решетка в точке λ -аномалии не изменяется. Таким образом, как и в случае перехода в гелии, возникал вопрос, с каким типом упорядочения связана наблюдаемая аномалия.

Исследуя дейтерометан, К. Клузиус обнаружил два фазовых перехода. Эксперименты, выполненные на смеси CH_4 и CD_4 , показали, что фазовый переход в твердом CH_4 является аналогом высокотемпературного фазового перехода в CD_4 . Поскольку в CD_4 постоянная решетки меньше, Л.В. Шубников со свойственной ему блестящей интуицией предполагает, что дейтерирование эквивалентно воздействию внешнего давления, и предпринимает исследования фазовых переходов в метане под давлением. И действительно, измерения теплоемкости под давлением 2000 атм подтвердили наличие второго фазового перехода в CH_4 .

Эта работа, опубликованная с большим опозданием и уже без Л.В. Шубникова его соавторами О.Н. Трапезниковой и Г.А. Милютиним, явилась крупным достижением техники низкотемпературного эксперимента: уровень точности измерений теплоемкости в ней не уступал современному, а исследования теплоемкости в области высоких давлений и в настоящее время представляют серьезную экспериментальную проблему.

Эти работы криогенной лаборатории УФТИ сыграли важную роль в физике фазовых переходов. В частности, учитывая близкие отношения Шубникова и Ландау, естественно предположить, что они стимулировали интерес Л.Д. Ландау к этой проблеме. Однако их значение далеко выходит за рамки этой области. Ими были заложены основы физики криокристаллов и физики высоких давлений. Действительно, опыт работ в области высоких давлений позволил сотруднику криогенной лаборатории Л.Ф. Верещагину организовать при Институте органической химии АН СССР лабо-

раторию сверхвысоких давлений, на базе которой впоследствии был создан Институт физики высоких давлений АН СССР.

Физико-технические аспекты. Наряду с фундаментальными исследованиями (сверхпроводимость, магнетизм, фазовые переходы) в криогенной лаборатории были развернуты и физико-технические работы, непосредственно связанные с нуждами промышленности. Основными заказчиками были наркоматы тяжелой и химической промышленности. Тяжелую промышленность интересовал кислород, широко используемый в металлургии, автогенной сварке и резке металла; химическую промышленность — азот и водород, идущие на производство аммиака — основного сырья для производства удобрений и взрывчатых веществ.

Первой публикацией харьковского периода стала работа О.Н. Трапезниковой и Л.В. Шубникова “Исследование условий равновесия газообразной и жидкой фазы смеси кислорода и азота”, отправленная в печать в январе 1934 г. Результатом этого исследования, выполненного со свойственным Л.В. Шубникову экспериментальным мастерством и изяществом, стало обнаружение любопытного явления: оказалось, что пар и жидкость смесей не находятся в равновесии, так как процесс испарения сопровождается выбрасыванием капель (как было показано впоследствии Н.С. Руденко, это явление необходимо учитывать при проектировании разделительных колонок). В результате данные различных опытов о составе пара могут давать невоспроизводимые результаты. Этим объяснялись значительные расхождения в литературных данных о равновесном состоянии смеси азота и кислорода.

В 1934—1935 гг. были опубликованы работы Н.С. Руденко и Л.В. Шубникова об измерении коэффициентов вязкости жидких N_2 , O_2 , CO , CH_4 , Ag и C_2H_4 вдоль линии насыщения от точек плавления до точек кипения при атмосферном давлении. Интересен набор исследуемых веществ. Все это вещества, важные с прикладной точки зрения, и этой стороне авторы придавали первостепенное значение. Однако, разворачивая эту тематику, Л.В. Шубников, несомненно, думал и о чисто научной стороне дела. Действительно, в ряде изученных простых жидкостей представлялась уникальная возможность наблюдать изменение характера кинетических свойств при переходе от одноатомных веществ (аргон) к системам с вращательными степенями свободы (азот, кислород, водород) и далее к веществам с возбуждением внутримолекулярных колебаний (C_2H_4).

Быстро расширяющийся фронт работ в области технической криогеники вызвал к жизни идею о создании специализированной физико-технической лаборатории (ОСГО). В течение 1935—1936 гг. в ОСГО был выполнен огромный объем исследований, результаты которых представляли большой интерес с чисто научной точки зрения и имели непосредственный выход в практику. Был построен ожижитель метана, получены криптон и ксенон методом фракционной десорбции, определены кривые равновесия плавящихся при низких температурах смесей аргон—кислород, аргон—метан,



азот—метан, многокомпонентных смесей, изучены диаграммы состояния смеси гелий—азот. Эти работы позволили, в частности, сформулировать физические принципы добычи гелия из природного газа и разработать экономически выгодный процесс выделения гелия даже из бедных источников. Результаты многих работ были внедрены в производство.

Важно отметить, что Л.В. Шубников одним из первых среди криогеников понял насущную необходимость физико-технических работ в криогенике и важность доведения их результатов до уровня промышленных внедрений. Здесь он опять на несколько лет опередил свое время: широкий фронт таких работ был развернут П.Л. Капицей в Советском Союзе уже во время войны.

Большое внимание Б.И. Веркина к физико-техническим проблемам криогеники, безусловно, шло от Л.В. Шубникова и его сотрудников и было им блестяще реализовано в форме конструкторского бюро ФТИНТа и многочисленных связях и сотрудничестве с космической и многими другими прикладными программами.

Заключение

Высокая точность измерений всегда была присуща Лейденской лаборатории (ее девиз: “Через измерение — к знанию”), но достижение уникального для того времени уровня чистоты и качества образцов, пожалуй, даже в большей степени способствовавших открытию новых эффектов, было несомненной заслугой Л.В. Шубникова. Он впервые показал, что наряду с низкими температурами, высокими давлениями, сильными магнитными полями сверхвысокая чистота и идеальность образцов являются теми экстремальными условиями эксперимента, которые ведут к качественно новому кругу явлений. Эта линия на исследование “идеальных”, т. е. максимально приближенных к совершенству в отношении химической чистоты, однородности и механического состояния объектов четко прослеживается во всей дальнейшей деятельности Л.В. Шубникова.

Харьковский период раскрыл новую грань таланта Л.В. Шубникова — он предстал не только талантливым ученым-исследователем, но и прекрасным организатором, научным руководителем и лидером. Он создал в лаборатории творческую атмосферу, помогавшую сотрудникам в кратчайший срок пройти путь от дипломника, впервые знакомящегося с основами физики и техники низких температур, до полноправного соавтора работ мирового класса. Это и является ключом к пониманию феномена криогенной лаборатории УФТИ, далеко не до конца осмысленного и в значительной мере неизвестного широкой научной общественности.

6 августа 1937 г., в день своего возвращения из Крыма, где он с Ландау проводил отпуск, Шубников и два других сотрудника лаборатории — В.С. Горский и Л.В. Розенкевич — были арестованы. О дальнейшей судьбе Л.В. Шубникова стало известно лишь в 1991 году. Прочитируем офи-

специальный ответ начальника подразделения УКГБ УССР по Харьковской области А.В. Фомина на запрос Ольги Николаевны Трапезниковой, вдовы Льва Васильевича Шубникова:

Уважаемая Ольга Николаевна

На Ваше обращение в Политбюро ЦК КПСС от 13 июня 1991 года сообщаем, что Шубников Лев Васильевич, рождения 29 сентября 1901 года, уроженец г. Ленинграда, русский, беспартийный, зав. лабораторией Украинского физико-технического института, был арестован 6 августа 1937 года по необоснованному обвинению в причастности к контрреволюционной троцкистской группе, проводившей подрывную работу в Украинском физико-техническом институте.

По решению Наркома внутренних дел СССР и прокурора СССР от 28 октября 1937 года Шубников Л.В. был расстрелян 10 ноября 1937 года. Сведений о месте расстрела и захоронения в архивных материалах, хранящихся в Управлении КГБ, не имеется. Не исключено, что это было в Москве. Свидетельство о смерти Шубникова Л.В. Вам будет выслано от делом ЗАГС Киевского райисполкома г. Харькова.

4 июля 1991 года

*Начальник подразделения УКГБ УССР
По Харьковской области (А.В. Фомин)*

Решающую роль в восстановлении доброй памяти о Льве Васильевиче Шубникове сыграло появление книги о нем (Л.В. Шубников. Избранные труды. Воспоминания. — Киев, Наукова думка, 1990 г.), созданной по инициативе Б.И. Веркина и воплощенной в жизнь им и его сотрудниками. Книга содержит важнейшие работы Льва Васильевича, краткий очерк о его жизни и научной деятельности, обзор научных работ и воспоминания его друзей, учеников и коллег. Особенно хочется отметить интереснейшие воспоминания Ольги Николаевны Трапезниковой, жены, друга и сотрудника Льва Васильевича.

Еще до выхода книги в свет Б.И. Веркин предпринял активную деятельность по ее популяризации на всесоюзном и международном уровне. В 1989 году в журнале “Природа” был опубликован подробный очерк о жизни и научной деятельности Льва Васильевича (Б.И. Веркин, С.А. Гредескул, Л.А. Пастур, Ю.А. Фрейман, Ю.А. Храмов. Лев Васильевич Шубников. Природа (1989), № 1, с. 87—97). В этом же году этот же авторский коллектив опубликовал в серии “Знание” очерк “Л.В. Шубников и физика низких температур” (“Знание”, 1989. Серия “Физика”). Специальные статьи были посвящены истории открытия эффекта Шубникова—де Гааза (Б.И. Веркин, С.А. Гредескул, Л.А. Пастур, Ю.А. Фрейман. История открытия эффекта Шубникова—де Гааза. — ФНТ, 1990. Т. 16, № 9, с. 1203—1218; Лейден и Кембридж, или как был открыт эффект Шубникова—де Гааза. Чтения памяти Иоффе. — СПб., Наука, 1993 г.). Эти публикации не только в полном объеме восстановили доброе имя Л.В. Шубникова и дали представление широкой научной общественности о его вкладе в науку, но и инициировали дальнейшие важные шаги в целях увековечивания его памяти.



В 2001 году постановлением Президиума НАН Украины была учреждена премия им. Л.В. Шубникова. Первыми лауреатами премии стали сотрудники ФТИНТа академик В.В. Еременко, д.ф.-м.н. В.А. Сиренко и д.ф.-м.н. В.Д. Филь за цикл работ “Магнитоупругие явления в шубниковской фазе сверхпроводников”. В 2001 году во ФТИНТе была проведена Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Л.В. Шубникова. В 2004 году на стене дома, в котором жил Л.В. Шубников, была установлена мемориальная доска. На ней воспроизведен портрет ученого и приведены кривые осцилляций сопротивления висмута с магнитным полем, иллюстрирующие эффект Шубникова—де Гааза.

Феномен “харьковской” физики, пережившей фантастический взлет в начале тридцатых годов, который превратил Харьков в один из ведущих физических центров мира, по сути, разгромленный в 1937 г., все шире привлекает внимание историков науки.

По количеству полученных фундаментальных научных результатов, основанных и развитых плодотворнейших направлений за шесть лет существования лаборатории (из которых на исследовательскую работу пришлось лишь четыре) она, по-видимому, не имела равных в мире. Творческий взрыв, которым ознаменовался период 1934—1937 гг., свидетельствовал о высочайшем научном потенциале и огромной творческой энергии, которой обладал и которую далеко не полностью успел реализовать Л.В. Шубников.

Роль Л.В. Шубникова в становлении физики в нашей стране трудно переоценить. Он является одним из основоположников физики и техники низких температур. Блестящие результаты Л.В. Шубникова и созданной им школы физиков-криогеников превратили Харьков в один из крупнейших центров мировой криогеники. Труды Льва Васильевича Шубникова вошли в золотой фонд физической науки, а его имя занимает почетное место в ряду пионеров физики низких температур.

Краткие вехи биографии

Лев Васильевич Шубников родился 29 сентября 1901 г. в Петербурге. Его отец, Василий Васильевич Шубников, был бухгалтером, а младшим братом отца был известнейший кристаллограф А.В. Шубников. Мать, Любовь Сергеевна, вела дом. Отец определил своего сына в одну из лучших гимназий города, в которой тот проучился с 1911 по 1918 г., а затем поступил на математическое отделение физико-математического факультета Петроградского университета. Уже на первом курсе Лев Шубников стал работать лаборантом в оптическом институте, созданном в 1918 г. по инициативе Д.С. Рождественского, много времени проводил в Физическом институте при Университете, увлекался парусным спортом. В 1921 г. он был зачислен студентом третьего курса Физтеха и стал работать в лаборатории И.В. Обреимова. В 1924 г. вышла его первая научная работа в соав-

торстве с И.В. Обреимовым, в которой был предложен новый способ выращивания совершенных металлических монокристаллов (метод Обреимова—Шубникова).

Осенью 1926 г. Л.В. Шубников выехал в Голландию для работы в Лейденской лаборатории низких температур, где по предложению В. де Гааза занялся изучением магнитосопротивления висмута. В 1927 г. в эту же лабораторию для научной работы приехала О.Н. Трапезникова, жена Льва Васильевича, а в 1929 г. лабораторию посетил Л.Д. Ландау, с которым они очень подружились.

В 1931 г. Л.В. Шубников был назначен руководителем криогенной лаборатории УФТИ, куда он был приглашен И.В. Обреимовым, и сразу стал подбирать сотрудников, в том числе высококвалифицированных механиков, стеклодувов для создания криогенных ожижителей и установок. Немало времени Л.В. Шубников размышлял о возможностях получения сверхнизких температур. Тематика экспериментов была необычайно широка, лаборатория стала одной из ведущих в мире, а вся работа проходила под девизом самого Л.В. Шубникова: “Творчество начинается там, где кончается копирование”. Выдающиеся результаты, полученные Л.В. Шубниковым и его сотрудниками, вошли в мировой фонд физики конденсированного состояния.

Летом 1935 г. Л.В. Шубников, по предложению руководства Харьковского университета, возглавил кафедру физики твердого тела и организовал первый в стране криогенный практикум для студентов. Физический практикум на кафедре общей физики, которую возглавил Л.Д. Ландау, вел А.К. Кикоин, сотрудник и ученик Л.В. Шубникова, в соавторстве с которым была написана первая в стране статья по физике жидкого гелия. В университет тогда же пришли Е.М. Лифшиц, И.Я. Померанчук, А.И. Ахиезер, А.С. Компанец. Именно приход в Харьковский университет Л.В. Шубникова, Л.Д. Ландау и их учеников ознаменовал начало интенсивного развития в университете физики, находившейся до этого далеко не на таком высоком уровне, как, например, математика, имевшая давние и богатые традиции.

6 августа 1937 г. Л.В. Шубников был арестован, 28 октября незаконно осужден и 10 ноября расстрелян. Сын Льва Васильевича и Ольги Николаевны, Михаил Шубников, родился уже после ареста отца. В 1957 г. Военной коллегией Верховного суда СССР Лев Васильевич Шубников был по-смертно реабилитирован.