

## Раздел второй

# СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ И СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 538.945

## КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВ II РОДА (ФАЗЫ ШУБНИКОВА)

*В.В. Слэзов, И.И. Папиров, А.Г. Шепелев*

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», Харьков, Украина*

«Кто прославленной – тот беззащитней.  
Слава – самая хрупкая вещь».

*Е.А. Евтушенко «Между городом Да и городом Нет»*

Вкратце излагается история экспериментального открытия сверхпроводников II рода (фазы Шубникова), осуществленного выдающимся физиком Л.В. Шубниковым и его сотрудниками в УФТИ в 1936 г. Даны оценки этой работы и теории Абрикосова, объяснившей её, крупнейшими в мире специалистами по сверхпроводимости. Отмечается масштаб воздействия этого открытия на современную физику и технику.

В 2011 г. научная общественность будет отмечать 100-летний юбилей открытия Камерлинг-Оннесом [1] сверхпроводимости в чистых металлах. Более 20 металлов, как известно, являются сверхпроводниками (их  $T_c$  варьируется в широком диапазоне от 0,01 до 9,2 К).

Именно Камерлинг-Оннес [2] заинтересовался влиянием магнитного поля на сверхпроводимость чистых металлов. Он обнаружил, что при достижении полем величины порогового значения  $H_c$  (зависящего от температуры и конкретного сверхпроводника) происходит резкое разрушение сверхпроводимости, когда электрическое сопротивление скачком меняется от нуля до значения, характерного для нормального состояния металла при  $T > T_c$ .

1. В 1929-1930 гг. сотрудники лаборатории Камерлинг-Оннеса Де Гааз и Воогд [3,4] впервые нашли отличие в поведении в магнитном поле сверхпроводящих сплавов от чистых сверхпроводников. По данным исследования электросопротивления, разрушение магнитным полем сверхпроводимости поликристаллов Bi-Tl, Sn-Bi, Sn-Cd, Pb-Tl, Pb-Bi, Sb-Sn (по одному образцу каждого сплава) происходило в очень широком интервале магнитных полей (рис.1), а не скачком как у чистых сверхпроводников. Так, у эвтектики Sn-Bi при  $T=3,6$  К начало разрушения сверхпроводимости продольным полем происходило при 75 Э, а завершалось при 160 Э. Для сплава Pb-Tl при той же постановке опыта, но при  $T=4,05$  К, начало разрушения сверхпроводимости отмечалось при 34 Э, а полное восстановление электросопротивления – при 55 Э. Авторы справедливо указали, что в случае эвтектик (Sn-Bi, Sn-Cd, Pb-Bi) образцы представляли собой смесь двух фаз, одна из которых шунтировала весь образец. От-

личие же в разрушении магнитным полем исследованных ими сверхпроводящих сплавов Sn с 40% Sb и Pb с 67% Tl по отношению к чистым сверхпроводникам авторы отнесли к возможному влиянию неоднородностей в образцах.

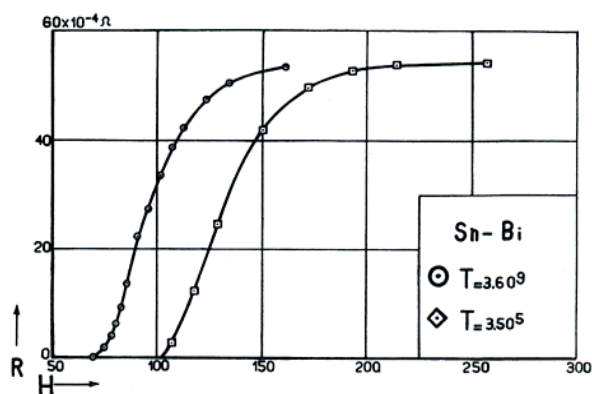


Рис.1. Постепенное разрушение сверхпроводимости сплава Sn-Bi с увеличением магнитного поля

2. В то время, как в сверхпроводниках I рода магнитное поле величиной меньше  $H_c$  не проникает и индукция в них  $B=0$  (эффект Мейсснера [5]), при наложении внешнего магнитного поля величиной  $H_c$  магнитные свойства чистых сверхпроводников (намагниченность и индукция) также скачком изменяются, как и в случае электрических свойств. Позже выяснилось, что магнитные свойства сверхпроводящих сплавов под действием магнитного поля также отличаются от свойств чистых сверхпроводников.

Тарр и Вильгельм 14 сентября 1934 г. направили в печать статью [6] о магнитных свойствах сплавов. Было показано, что в сверхпроводящих сплавах Pb + Sn (20; 63; 80 %) и в сплавах Bi (50%) + Pb (27,1%) + Sn (22,9%) эффект Мейсснера не выполняется, так

как магнитный поток проникает в сверхпроводящие сплавы и зависит от состава сплава.

Мендельсон с сотрудниками в статье [7], направленной в печать 26 октября и опубликованной 17 ноября 1934 г., также установили, что при постоянной температуре в сплавах Pb-Bi, Sn-Cd и Sn-Bi «в большинстве случаев изменение индукции происходит не при определенной величине магнитного поля, а растягивается на интервал поля в 10-20% от порогового значения».

22 декабря 1934 г. на заседании Королевской академии Нидерландов Де Гааз и Казимир-Йонкер [8] впервые сообщили о том, что при непосредственном исследовании распределения магнитного потока внутри образцов в поликристаллах сверхпроводящих сплавов Bi с 38% Tl и Pb с 65% Tl наблюдается постепенное проникновение внешнего магнитного поля внутрь сверхпроводника (рис.2). Было показано, что в сплавах существует 3 характерных поля. По мере увеличения внешнего поля, только начиная с некоторого его значения (существенно меньшего поля, которое начинает постепенно разрушать сверхпроводимость по данным электросопротивления, а также критического поля, полностью разрушающего сверхпроводимость), происходит проникновение магнитного поля в сверхпроводящий сплав. Так, например, для Pb с 65% Tl при  $T=3,5$  К начало проникновения магнитного поля происходило при 35 Э (до этой величины поля эффект Мейсснера выполнялся), а полному разрушению сверхпроводимости соответствовало поле 347 Э (заметим, что начало разрушения сверхпроводимости по данным электросопротивления возникало при 113 Э). Авторы измерили и температурную зависимость всех 3-х полей.

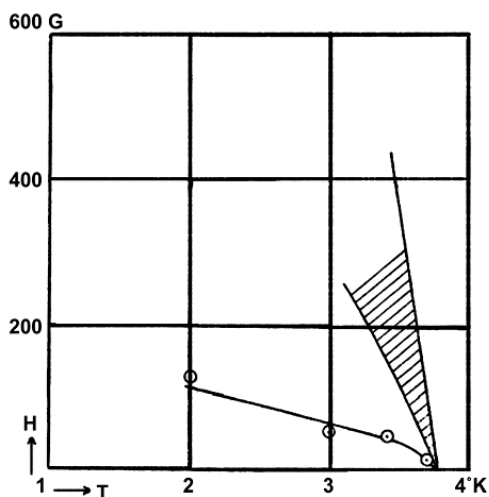


Рис. 2. Кривая температурной зависимости начала проникновения магнитного поля внутрь сверхпроводящего сплава Pb+65% Tl. Заштрихованная область — начало и конец разрушения сверхпроводимости сплава магнитным полем по измерению электросопротивления

Еще до этого доклада эти авторы 7 декабря 1934 г. направили свои результаты в журнал «Nature», опубликовавший статью 5 января 1935 г. [9]. Подробная статья также была опубликована в январе 1935 г. в единственном на то время низко-

температурном журнале Comm. Phys. Lab. Univ. Leiden [10].

Именно наблюдение этих авторов, как пионерское, было изложено в первой в мире монографии по сверхпроводимости Шенберга [11].

13 апреля 1935 г. Рябинин, Шубников [12] в том же «Nature», где ранее публиковалась заметка Де Гааза и Казимир-Йонкер [9], опубликовали свой материал об исследовании другим методом двух образцов Pb с 67% Tl и Pb с 35% Bi, где подтверждалось, что до определенного магнитного поля оно в сплав не проникает, после чего до поля разрушения сверхпроводимости происходит постепенное увеличение проникновения поля. Этими авторами было введено соответствующее обозначение этих полей  $H_{K1}$  и  $H_{K2}$ . В более подробной статье [13], направленной в печать 27 января 1935 г., Рябинин и Шубников для того же образца Pb с 67% Tl, который ранее изучали Де Гааз и Воогд [4], измерили температурную зависимость  $H_{K1}$ ,  $H_{K2}$  и поля тока  $H_J$ . При этом авторы, подобно тому как ранее указывали Де Гааз и Воогд [8,9], не исключили возможность того, что «необычное поведение сверхпроводящих сплавов может вызываться их неоднородностью, которая может объясняться распадом твердого раствора и образованием новой сильнодисперсной фазы» [13]. Это не удивительно, так как Л.В. Шубников, работавший с осени 1926 г. по лето 1930 г. с Де Гаазом в Лейдене (именно здесь был открыт эффект Шубникова-ДеГааза — осцилляции электросопротивления чистого металла в магнитном поле при низких температурах), хорошо знал об исследованиях сверхпроводящих сплавов Де Газа с сотрудниками.

В статьях 1936 г. [14] и 1937 г. [15] Шубников, Хоткевич, Шепелев, Рябинин повторили: «В нашей первой работе по исследованию сверхпроводящих сплавов мы указали на возможность объяснения необычных магнитных свойств сверхпроводящих сплавов тем, что твердые растворы при низкой температуре распадаются».

18 мая 1935 г. Мендельсон и Мур [16] в том же «Nature» также подтвердили наличие двух полей в сплаве Pb с 70% Bi и ввели гипотезу о «губке Мендельсона» (подробней см. [17]), которая доминировала 20-25 лет при объяснении свойств сверхпроводящих сплавов, хотя оказалось ошибочной [18]. Гипотеза сводилась к тому, что в сплавах присутствуют неоднородности состава, структуры и внутренних деформаций, вследствие чего появляются многофазные тонкие образования с аномально высокими критическими полями, которые служат токовыми путями.

3. Оценка работ Де Гааза с сотрудниками [8-10], Рябинина, Шубникова [12,13] и Мендельсона, Мура [16] была дана специалистами по сверхпроводимости того времени только в трех публикациях: [11] (о чем упоминалось выше), а также в [14,15,19].

Шубников, Хоткевич, Шепелев, Рябинин в статьях [14,15] указали: «Де Гааз и Казимир-Йонкер [9,10] впервые нашли, что для сплавов  $PbTl_2$  и  $Bi_5Tl_3$  существует критическое магнитное поле, которое проникает в сплав, но не разрушает сверхпроводимости, почему оно значительно ниже

критического магнитного поля, при котором сплав приобретает омическое сопротивление».

Шенберг во втором издании своей монографии [19] отметил: «Де Гааз и Казимир-Йонкер [9], применяя висмутовые измерители поля, показали, что на самом деле магнитное поле начинает проникать в сплав задолго до того, как оно достигнет величины, достаточной для восстановления первых следов сопротивления. Это проникновение оказывается почти полным в полях такого же порядка величины, как и для чистых элементов. Подобные результаты получили Мендельсон и Мур [16] и Рябинин и Шубников [12,13]».

4. Несмотря на то, что большинство вышеуказанных экспериментальных исследований было опубликовано в широкоизвестных журналах «Nature» и «Comm. Phys. Lab. Univ. Leiden», на них практически никто не ссылался. Не случайно в своей Нобелевской лекции В.Л. Гинзбург [20], обсуждая свою с Ландау феноменологическую теорию сверхпроводимости [21], заметил, что в отношении сверхпроводящих сплавов в то время «понимания ситуации не было». Много позже, со ссылкой на работу Шубникова с сотрудниками [15], указывалось,

что «наиболее яркое применение теории Гинзбурга-Ландау [21] относится к описанию свойств сверхпроводящих сплавов» [22]).

5. Из фазовых диаграмм (см., например, [23]) следует, что все изучавшиеся в рассмотренных работах образцы (кроме образцов Pb-Tl) были неоднородными, т.е. исследованные образцы были явно неоднородными.

В 1936-1937 гг. Шубниковым, Хоткевичем, Шепелевым, Рябининым [14,15] были опубликованы результаты детального исследования магнитных свойств тщательно приготовленных однофазных монокристаллов сплавов Pb-Tl (0,8; 2,5; 5; 15; 30 и 50%) и Pb-In (2; 8%).

Именно в этих работах авторами впервые было убедительно показано что:

а) Существует граница по концентрации примеси в сверхпроводящих сплавах, до которой их магнитные свойства подобны магнитным свойствам чистых сверхпроводников (полный эффект Мейснера при полях меньше критических и резкое разрушение сверхпроводимости при дальнейшем увеличении поля) (рис.3).

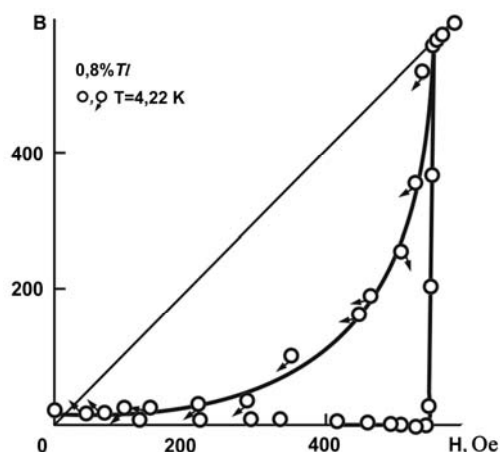
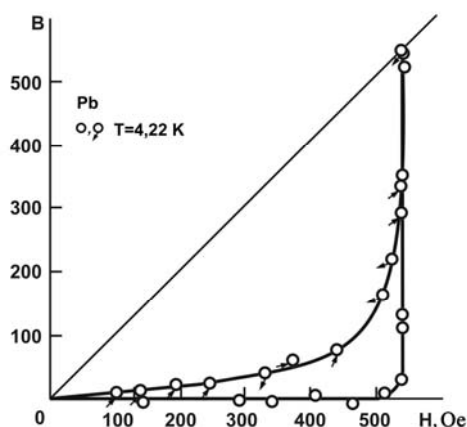


Рис.3. Зависимость индукции от магнитного поля в монокристаллических сверхпроводниках: чистый свинец (слева) и сплав Pb с 0,8% Tl (справа) [14,15]

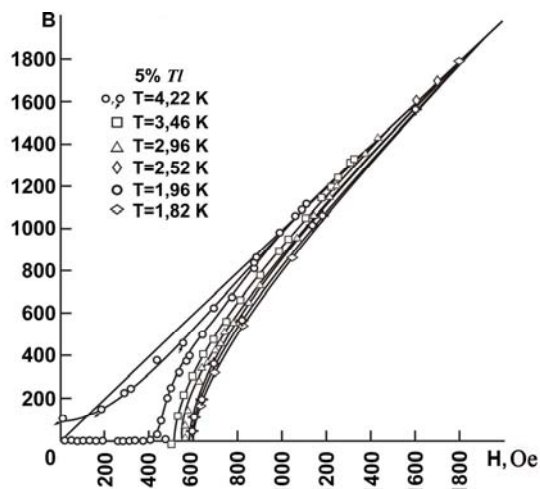
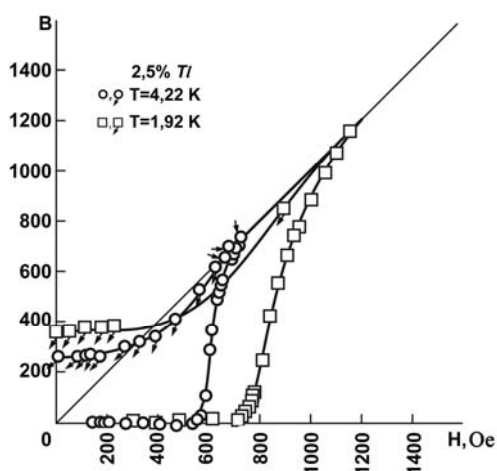


Рис.4. Зависимость индукции от магнитного поля в монокристаллах сверхпроводящих сплавов: Pb с 2,5% Tl (слева) и Pb с 5% Tl (справа) [14,15]

При увеличении концентрации примеси за эту границу (в рамках современных представлений – с ростом параметра Гинзбурга-Ландау  $\alpha = \lambda/\xi$ ) магнитные свойства сплавов резко отличаются: эффект Мейсснера существует только до магнитного поля  $H < H_{k1}$ . При дальнейшем увеличении поля сплавы остаются сверхпроводящими до  $H < H_{k2}$ , но при этом магнитное поле постепенно проникает в образец (рис.4).

Интервал между  $H_{k1}$  и  $H_{k2}$  расширяется с увеличением концентрации примеси –  $H_{k1}$  уменьшается, а  $H_{k2}$  растет (с увеличением параметра  $\alpha$ ) (рис.5).

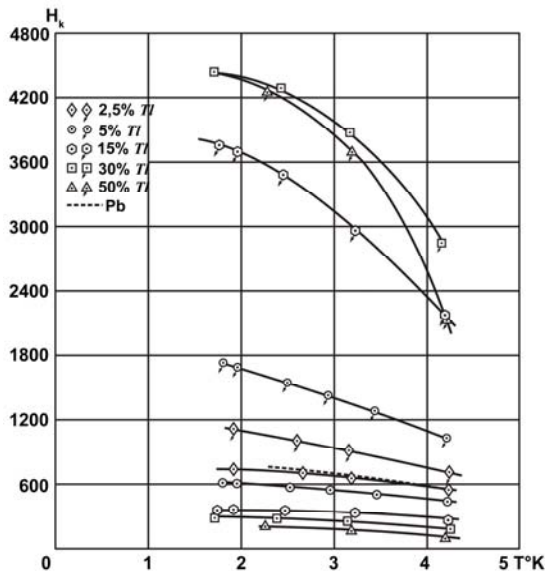


Рис.5. Изменение критических магнитных полей  $H_{k1}$  и  $H_{k2}$  для сплавов PbTl при изменении концентрации примеси Tl. Пунктирная кривая -  $H_k$  для чистого свинца [14,15]

б) Столь необычные магнитные свойства сверхпроводников не могут быть объяснены гистерезисными явлениями, так как, как раз при высоких увеличивающихся и уменьшающихся полях явление довольно хорошо обратимо, и гистерезис довольно мал.

в) Разность свободной энергии намагниченного и нормального сверхпроводника дается площадью кривой  $\Delta F = \int MdH$ , где M – намагниченность, а разность энтропии производной

$$\Delta S = -\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_B$$

изведенный для сплавов, показывает, что в этом случае так же, как и в случае чистых металлов, это величины одного порядка, подобным образом зависящие от температуры. Поэтому скачок теплоёмкости в нулевом магнитном поле для сплава сопоставим с чистым сверхпроводником

г) Рентгеновскими исследованиями сверхпроводящих сплавов показано, что в них отсутствует распад твердого раствора (сплавы однофазны) [14,15], что противоречило всем предыдущим представлениям о том, что их особые сверхпрово-

дящие свойства вызваны влиянием неоднородностей.

Таким образом, именно в этих работах Шубникова, Хоткевича, Шепелева, Рябинина впервые сделан правильный вывод о существовании нового типа сверхпроводников в противоположность более ранним работам, в том числе и работам Рябинина, Шубникова 1935 г. [12,13], обосновывавшим получавшиеся до того результаты неоднородностями состава и структуры образцов.

Отметим, что первой диссертационной работой, защищенной в Криогенной лаборатории Л.В. Шубникова была диссертация Г.Д. Шепелева «Магнитные свойства сверхпроводящих сплавов» (1938 г.), посвященная именно этой тематике.

6. Первая ссылка на работу Шубникова, Хоткевича, Шепелева, Рябинина [15], как на пионерскую, содержится в статье А.А. Абрикосова [24], опубликованной через 20 лет, где автор на основе экспериментальных результатов Шубникова, Хоткевича, Шепелева, Рябинина построил теорию сверхпроводников II рода, которая смогла описать, даже количественно, эти экспериментальные результаты.

Оказалось, что термодинамическое критическое поле  $H_k$  примерно равно среднему геометрическому

$$\text{полей } H_{k1} \text{ и } H_{k2}: \frac{H_k}{H_{k1}} \approx \frac{H_{k2}}{H_k} \approx \sqrt{2} \alpha.$$

Таким образом, чем больше  $\alpha$ , тем меньше величина  $H_{k1}$  и тем больше  $H_{k2}$ , что соответствует экспериментальным результатам Шубникова с сотрудниками [14,15].

Триумфальное признание работ Шубникова, Хоткевича, Шепелева, Рябинина началось с Международной конференции по сверхпроводимости (США, 1963 г.), где решением конференции из 350 специалистов по сверхпроводимости под председательством единственного дважды Нобелевского лауреата по физике Дж. Бардина было признано [25]: «Следует отметить, что наше теоретическое понимание сверхпроводников II рода связано в основном с Ландау, Гинзбургом, Абрикосовым и Горьковым, а первые определяющие эксперименты были выполнены в 1937г. Шубниковым».

На конференции «Superconductivity in Science and Technology», состоявшейся в США в 1966 г., Дж. Бардин, излагая историю сверхпроводников II рода, отметил [26]: «Явление было открыто экспериментально русским физиком Шубниковым [15] около 1937г.».

Приведем оценку работы Шубникова с сотрудниками классиком низкотемпературной физики Мендельсоном: «Сделать однородный сплав без дефектов решетки исключительно трудно. Из всех групп, занятых низкотемпературными исследованиями в тридцатых годах, группа Л.В. Шубникова в Харькове имела, очевидно, наилучший комплекс знаний в области металлургии» [27].

В известном двухтомнике «Superconductivity», изданном в 1969 г, Нобелевский лауреат Ф. Андерсон [28] указал, что Запад недооценивал работу Абрикосова [24] и эксперименты Шубникова, Хоткевича, Шепелева, Рябинина [14], «которые вместе обосновали и почти завершили науку о сверхпровод-



никах II рода». В статье «Сверхпроводники II рода. Экспериментальная часть» [29] специалист в области сверхпроводимости Б. Серин начал описание ранних исследований сверхпроводников II рода словами: «Первые основополагающие эксперименты были сделаны Шубниковым с сотрудниками [14,15] в 1937 г.».

40 лет тому назад Нобелевский лауреат П. Де Жен [30], со ссылкой на работу Шубникова с сотрудниками 1937 г., ввел определение «фаза Шубникова», которое широко используется мировой научной общественностью.

В докладе на Симпозиуме, проходившем в США в 1986 г. под председательством Дж. Бардина и посвященном 75-летию со дня открытия сверхпроводимости, известный специалист Т. Берлинкорт [18] указал, что «Шубников с сотрудниками [15] сделали решающий эксперимент и правильно его интерпретировали».

В выступлении на Международной конференции «Фундаментальные проблемы высокотемпературной сверхпроводимости» (2004 г.) Нобелевский лауреат В.Л. Гинзбург отметил: «Л.В. Шубников с учениками и коллегами всего за несколько лет успел сделать очень много, особенно нужно упомянуть исследования сверхпроводящих сплавов и фактическое открытие сверхпроводников II рода» [31].

Созданная Л.В. Шубниковым с сотрудниками [14,15] и А.А. Абрикосовым [24] концепция сверхпроводников II рода вошла в Золотой фонд мировой науки и излагается во всех монографиях, посвященных сверхпроводимости. Авторы теории сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау [21] и основанной на ней теории сверхпроводников II рода Абрикосова [24], базирующейся на экспериментальных результатах Шубникова, Хоткевича, Шепелева, Рябинина [15], как известно, получили Нобелевскую премию в 2003 г.



Рис.6. Два из 1232 сверхпроводящих дипольных магнита (длиной по 15 м и весом 35 т каждый) для Большого адронного коллайдера ЦЕРН

Отметим также, что в настоящее время во всем мире сверхпроводники II рода начали широко применяться во многих областях науки и техники. Без них невозможно создание ни одной крупной маг-

нитной системы - см., например, описание магнитной системы (около 2 тысяч сверхпроводящих соленоидов) Большого адронного коллайдера длиной 27 км [32] (рис. 6), а также крупнейшего в мире сверхпроводящего соленоида длиной 13 м, внутренним диаметром 6 м с магнитным полем 4 Тл и запасенной энергией 2,5 ГДж [33] (рис. 7), созданного для Мюонного спектрометра.



Рис.7. Сверхпроводящий соленоид (весом 224 т, включая около 15 т Nb-Ti сверхпроводящего кабеля) для детекторов частиц Большого адронного коллайдера

Учитывая вышеизложенное, в 2001 г. Президиум НАН Украины принял Постановление об учреждении премии имени Л.В. Шубникова за выдающиеся работы в области экспериментальной физики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. H. Kamerlingh Onnes. The disappearance of the resistance of mercury // *Comm. Phys. Lab. Univ. Leiden*. 1911, №122b, p.13-15.
2. H. Kamerlingh Onnes. The appearance of the resistance in superconductors, which are brought into a magnetic field, at a threshold value of the field // *Comm. Phys. Lab. Univ. Leiden*. 1914, №139f, p.65-71.
3. W.J. De Haas, J. Voogd. Disturbance of the superconductivity of the compound  $\text{Bi}_5\text{Tl}_3$  and of the alloys Sn-Bi and Sn-Cd by magnetic fields // *Comm. Phys. Lab. Univ. Leiden*. 1929, №199d, p. 31-40.
4. W.J. De Haas, J. Voogd. The influence of magnetic fields on superconductors // *Comm. Phys. Lab. Univ. Leiden*. 1930, № 208b, p. 9-20.
5. W. Meissner, R. Ochsenfeld. Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleit-fähigkeit // *Naturwiss.* 1933, Bd. 33, № 44, s. 787-788.
6. F.G.A. Tarr, J.O. Wilhelm. Magnetic effects in superconductors // *Canad. J. Research*. 1935, v. 12, p. 265-271

7. T.C. Keeley, K. Mendelssohn, J.R. Moore. Experiments on superconductors // *Nature*. 1934, v. 134, № 3394, p. 773-774.
8. W.J. De Haas, J.M. Casimir-Jonker. Penetration of magnetic field into superconductive alloys // *Proc. Roy. Acad. Amsterdam, Proc. Sec. Sci.* 1935, v. 38, № 1, p. 2-7.
9. W.J. De Haas, J.M. Casimir-Jonker. Penetration of magnetic field into superconductive alloys // *Nature*. 1935, v. 135, № 3401, p. 30-31.
10. W.J. De Haas, J.M. Casimir-Jonker. Penetration of magnetic field into superconductive alloys // *Comm. Phys. Lab. Univ. Leiden*. 1935, № 233 с, p.1-7.
11. Д. Шенберг Сверхпроводимость // *УФН*, 1938, т. 19, №4, с. 448-491; там же. Т. 20, №1, с.1-28; D. Shoenberg. *Superconductivity*, Cambridge: University Press., 1938, 111p.
12. J.N. Rjabinin, L.W. Shubnikow. Magnetic properties and critical currents of superconducting alloys // *Nature*, 1935, v. 135, № 3415, p. 581-582.
13. J.N. Rjabinin, L.W. Schubnikow. Magnetic properties and critical currents of superconducting alloys // *Phys. Z. Sowjet*. 1935, v. 7, № 1, p. 122-125.
14. L.W. Schubnikow, W.I. Chotkewitsch, J.D. Schepelew, J.N. Rjabinin. Magnetische Eigenschaften supraleitender Metalle und Legierungen // *Phys. Z. Sowiet*. 1936, v. 10, H.2, s. 165-192.
15. Л.В. Шубников, В.И. Хоткевич, Ю.Д. Шепелев, Ю.Н. Рябинин. Магнитные свойства сверхпроводящих металлов и сплавов // *ЖЭТФ*. 1937, т. 7, № 2, с. 221-237.
16. K. Mendelssohn, J.R. Moore. Surpa-conducting alloys // *Nature*. 1935, v. 135, № 3420, p. 826-827.
17. J.C. McLennan, J.D. Cockroft, D. Shoenberg, W.H. Keesom, W. Meissner, R. de L. Kronig, L. Brillouin, N. Kurti, F. Simon, R. Peierls, F. London, K. Mendelssohn, D. Bernal, N.F. Mott, M. Blackman. A Discussion on superconductivity and other low temperature phenomena // *Proc. Roy. Soc.* 1935, v. 152A, № 875, p. 1-46.
18. T.G. Berlincourt. Type II superconductivity: quest for understanding // *IEEE Trans. Magnetics*. 1987, v. MAG-26, № 2, p. 403-412.
19. D. Shoenberg. *Superconductivity* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge, University Press., 1952. 253p.; Д. Шенберг. *Сверхпроводимость*. М.: Изд. иностр. лит., 1955, 242 с.
20. В.Л. Гинзбург. О сверхпроводимости и сверхтекучести (что мне удалось сделать, а что не удалось), а также о «физическом минимуме» на начало XXI века // *УФН*. 2004, т. 174, с. 1240-1255.
21. В.Л. Гинзбург, Л.Д. Ландау. К теории сверхпроводимости // *ЖЭТФ*. 1950, т.20, № 12, с. 1064-1082.
22. B.S. Chandrasekhar. Early experiments and phenomenological theory // *Superconductivity* / Ed. R.D. Parks, N.Y.: Marcel Dekker, Inc, 1969, v.1, p.1-49.
23. Binary Alloy Phase Diagrams. (T.B. Massalski, Editor-in-Chief), Metals Park, Ohio: American Society for Metals, 1987, 2v., 2224p.
24. А.А. Абрикосов. О магнитных свойствах сверхпроводников второй группы // *ЖЭТФ*. 1957, т. 32, № 6, с. 1442-1452.
25. J. Bardeen, R.W. Schmitt. International conference on the science of superconductivity // *Revs. Modern Physics*. 1964, v. 36, № 1, Pt. 1, p. 1-2.
26. J. Bardeen. Theory of superconductivity // *Superconductivity in Science and Technology* / Ed. M.H. Cohen. Chicago&London: University of Chicago Press, 1968, p. 1-17.
27. K. Mendelssohn. The Quest for Absolute Zero. *The Meaning of Low Temperature Physics*. N.Y.: McGraw-Hill Book Company, 1966, 256p.; К. Мендельсон. *На пути к абсолютному нулю. Введение в физику низких температур*. М.: «Атомиздат», 1971, 225с.
28. P.W. Anderson. Superconductivity in past and future // *Superconductivity* / Ed.R.D. Parks, N.Y.: Marcel Dekker, Inc, 1969, v. 2, p. 1343-1358.
29. B. Serin. Superconductivity. Experimental part // *Superconductivity* / Ed. R.D. Parks, N.Y.: Marcel Dekker, Inc, 1969, v. 2, p. 925-976.
30. P.G. De Gennes. *Superconductivity of metals and alloys*. N.Y.; Amsterdam: W.A.Benjamin, Inc, 1966, 274p.; П.Де Жен. *Сверхпроводимость металлов и сплавов*, М.: «Мир», 1968, 280с.
31. В.Л. Гинзбург. Несколько замечаний об изучении сверхпроводимости // *УФН*. 2005, т. 175, № 2, с. 187-189.
32. Anon. First dipole descends to LHC // *CERN Courier*. 2005, v. 45, № 3, p. 5; L. Rossi. The longest journey: the LHC dipoles arrive on time // *Ibid*. 2006, v. 46, № 8, p. 28-32.
33. Anon. CMS magnet reaches full field after eight years of construction // *Ibid*. P.6; Anon. CMS closes up for magnet test and cosmic challenge // *Ibid*. №6, p. 28-29.

Статья поступила в редакцию 04.07.2009 г.

## **КОРОТКА ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ НАДПРОВІДНИКІВ II РОДУ (ФАЗИ ШУБНІКОВА)**

*В.В. Сльозов, І.І. Папіров, А.Г. Шепелєв*

Коротко висловлюється історія експериментального відкриття надпровідників II роду (фази Шубнікова), здійсненого видатним фізиком Л.В. Шубніковим і його співробітниками в УФТІ в 1936 р. Дані оцінки цієї роботи і теорії Абрикосова, що пояснила її, найбільшими в світі фахівцями по надпровідності. Наголошується масштаб дії цього відкриття на сучасну фізику і техніку.

## **SHORT HISTORY OF DISCOVERY OF TYPE II SUPERCONDUCTORS (THE SCHUBNIKOW PHASES)**

*V.V. Sliozov, I.I. Papirov, A.G. Shepelew*

History of the experimental discovery of type II superconductors (the Schubnikov phases) carried out by the prominent physicist L.V. Schubnikov and his colleagues in UPTI in 1936 is briefly expounded. Estimations of this work and the Abrikosova theory accounting for her are given, by specialists the largest in world on superconductivity. The scale of influence of this opening on modern physics and technique is marked.