

области электронных орбит, чем в обычных металлах, поскольку период движения электронов вблизи самопересекающейся орбиты даже при  $\xi \sim 1$  обратно пропорционален малому параметру  $\eta^{1/2}$ .

При  $\eta^{1/2} \leq \gamma_0 = T(0)/\tau \ll 1$  электропроводность поперёк слоёв

$$\sigma_{zz} = \eta^2 \sigma_0 \gamma_0 \quad (10)$$

с возрастанием магнитного поля убывает пропорционально  $1/H$ . В предельно сильном магнитном поле, когда  $\gamma_0 \ll \eta$ , уменьшается доля электронов, для которых  $T > \tau$ , и с увеличением  $H$  линейное возрастание сопротивления монокристаллического образца сменяется квадратичным. При этом вклад в  $\sigma_{zz}$  небольшой доли носителей заряда на открытых сечениях ПФ вблизи самопересекающейся орбиты,

$$\sigma_{zz} = \eta^{3/2} \sigma_0 \gamma_0^2, \quad (11)$$

всё же превышает вклад в  $\sigma_{zz}$  всех остальных электронов проводимости [33, 34]. Формулы (10), (11) справедливы и при небольшом отклонении магнитного поля от поверхности слоёв, когда  $\eta \tan \theta \gg 1$  и имеются самопересекающиеся сечения гофрированного цилиндра. При  $\eta \tan \theta \leq 1$  магнетосопротивление уже не монотонно зависит от угла  $\theta$  [35], и при  $1 \ll \tan \theta \ll 1/\eta$  происходит переход к строго осцилляционной зависимости.

В некоторых соединениях на основе тетрагидрофулена возможен магнитный пробой между листами ПФ (см., например, [36]). В этом случае движение носителей заряда является сложным и запутанным. Если вероятность магнитного пробоя  $w$  мала, а именно  $w < T/\tau$ , т.е. за время свободного пробега электрон может совершить лишь один переход с одного листа ПФ на другой, то возможность восстановления формы слабогофрированного цилиндра, а также определение гофрировки плоского листа ПФ остаются такими же, как и при  $w = 0$ . Однако при  $w \gg T/\tau$  вклад в электропроводность носителей заряда, совершающих хаотическое движение, асимптотически оказывается таким же, как и в случае, когда электрон неизбежно меняет лист ПФ при появлении такой возможности. При этом возникают комбинированные частоты угловых осцилляций сопротивления.

Автор выражает признательность А.Ф. Андрееву, Ю.В. Копаеву и Е.Г. Николаеву за приглашение принять участие в сессии Отделения физических наук РАН, посвящённой 100-летию со дня рождения Н.Е. Алексеевского.

## Список литературы

1. Лифшиц И М, Песчанский В Г *ЖЭТФ* **35** 1251 (1958) [Lifshitz I M, Peschanskii V G *Sov. Phys. JETP* **8** 875 (1959)]
2. Kapitza P *Proc. R. Soc. Lond. A* **119** 358 (1928)
3. Алексеевский Н Е, Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **35** 554 (1958) [Alekseevskii N E, Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **8** 383 (1959)]
4. Justi E, Scheffers H *Phys. Z.* **37** 383 (1936); *Phys. Z.* **37** 475 (1936)
5. Лазарев Б Г, Нахимович Н М, Парфенова Е А *ЖЭТФ* **9** 1169 (1939)
6. Justi E *Phys. Z.* **41** 503 (1940)
7. Sommerfeld A, Bethe H *Elektronentheorie der Metalle* (Berlin: Springer, 1933)
8. Лифшиц И М, Песчанский В Г *ЖЭТФ* **38** 188 (1960) [Lifshitz I M, Peschanskii V G *Sov. Phys. JETP* **11** 137 (1960)]
9. Алексеевский Н Е, Гайдуков Ю П, Лифшиц И М, Песчанский В Г *ЖЭТФ* **39** 1201 (1960) [Alekseevskii N E, Gaidukov Yu P, Lifshitz I M, Peschanskii V G *Sov. Phys. JETP* **12** 837 (1961)]
10. Алексеевский Н Е, Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **36** 447 (1959) [Alekseevskii N E, Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **9** 311 (1959)]
11. Алексеевский Н Е, Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **37** 672 (1959) [Alekseevskii N E, Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **10** 481 (1960)]
12. Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **37** 1281 (1959) [Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **10** 913 (1960)]
13. Алексеевский Н Е, Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **38** 1720 (1960) [Alekseevskii N E, Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **11** 1242 (1960)]
14. Алексеевский Н Е, Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **41** 354 (1961) [Alekseevskii N E, Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **14** 256 (1961)]
15. Алексеевский Н Е, Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **42** 69 (1962) [Alekseevskii N E, Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **15** 49 (1962)]
16. Алексеевский Н Е, Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **43** 2094 (1962) [Alekseevskii N E, Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **16** 1481 (1962)]
17. Алексеевский Н Е, Егоров В С, Казак Б Н *ЖЭТФ* **44** 1116 (1963) [Alekseevskii N E, Egorov V S, Kazak B N *Sov. Phys. JETP* **17** 752 (1963)]
18. Алексеевский Н Е, Егоров В С *ЖЭТФ* **46** 1205 (1964) [Alekseevskii N E, Egorov V S *Sov. Phys. JETP* **19** 815 (1964)]
19. Алексеевский Н Е, Карстенс Г Э, Можаяев В В *ЖЭТФ* **50** 1202 (1966) [Alekseevskii N E, Karstens G E, Mozhaev V V *Sov. Phys. JETP* **23** 798 (1966)]
20. Алексеевский Н Е, Михайлов Н Н *ЖЭТФ* **46** 1979 (1964) [Alekseevskii N E, Mikhailov N N *Sov. Phys. JETP* **19** 1333 (1964)]
21. Гайдуков Ю П *ЖЭТФ* **49** 1049 (1965) [Gaidukov Yu P *Sov. Phys. JETP* **22** 730 (1966)]
22. Алексеевский Н Е, Егоров В С *Письма в ЖЭТФ* **1** (5) 31 (1965) [Alekseevskii N E, Egorov V S *JETP Lett.* **1** 141 (1965)]
23. Алексеевский Н Е и др. *Письма в ЖЭТФ* **6** 637 (1967) [Alekseevskii N E et al. *JETP Lett.* **6** 132 (1967)]
24. Алексеевский Н Е, Карстенс Г Э, Можаяев В В, в сб. *Труды X Межд. конф. по физике низких температур* Т. 3 (М.: ВИНТИ, 1967) с. 169
25. Алексеевский Н Е, Егоров В С *ЖЭТФ* **55** 1153 (1968) [Alekseevskii N E, Egorov V S *Sov. Phys. JETP* **28** 601 (1969)]
26. Cracknell A P, Wong K C *The Fermi Surface. Its Concept, Determination, and Use in the Physics of Metals* (Oxford: Clarendon Press, 1973)
27. Stachowiak H *Acta Phys. Polonica* **26** 217 (1964)
28. Дрейзин Ю А, Дыхне А М *Письма в ЖЭТФ* **14** 101 (1971) [Dreizin Yu A, Dykhne A M *JETP Lett.* **14** 66 (1971)]
29. Карповник М В и др. *Письма в ЖЭТФ* **47** 302 (1988) [Kartsovnik M V et al. *JETP Lett.* **47** 363 (1988)]
30. Карповник М В и др. *Письма в ЖЭТФ* **48** 498 (1988) [Kartsovnik M V et al. *JETP Lett.* **48** 541 (1988)]
31. Peschansky V G, Roldan Lopez J A, Yao T G *J. Phys. I France* **1** 1469 (1991)
32. Кириченко О В, Песчанский В Г *ФНТ* **37** 925 (2011) [Kirichenko O V, Peschansky V G *Low Temp. Phys.* **37** 734 (2011)]
33. Песчанский В Г *ФНТ* **23** 47 (1997) [Peschansky V G *Low Temp. Phys.* **23** 35 (1997)]
34. Peschansky V G *Phys. Rep.* **288** 305 (1997)
35. Карповник М В, Песчанский В Г *ФНТ* **31** 249 (2005) [Kartsovnik M V, Peschansky V G *Low Temp. Phys.* **31** 185 (2005)]
36. Andres D et al. *ФНТ* **37** 959 (2011) [*Low Temp. Phys.* **37** 762 (2011)]

PACS numbers: **01.60.+q**, **01.65.+g**, **74.25.-q**  
DOI: 10.3367/UFNr.0183.201302j.0216

## У истоков технической сверхпроводимости

Е.П. Краснощёров

Сверхпроводящие магнитные системы широко применяются в научном приборостроении, технике и медицинской диагностике. Ни одно серьёзное медицинское обследование не обходится без магниторезонансной томографии, в которой величина поля определяет разрешение прибора. Материалом для получения сильных полей являются сверхпроводники 2-го рода, главным образом сплавы и интерметаллические соединения. Первые сверх-

**Е.П. Краснощёров.** Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Институт сверхпроводимости и физики твёрдого тела, Москва, РФ. E-mail: kep@issph.kiae.ru

проводники 2-го рода были открыты и описаны Л.В. Шубниковым в Физико-техническом институте (ФТИ) в Харькове. К сожалению, термин *фаза Шубникова* редко упоминается в отечественной литературе, хотя исторически справедливо говорить "о фазе Шубникова, в которой Абрикосов предсказал вихревую структуру" [1]. Под руководством Л.В. Шубникова в 1930-е годы Н.Е. Алексеевский начинал первые эксперименты по сверхпроводимости. Он изучал разрушение сверхпроводимости под действием тока. Интерес к сверхпроводимости Н.Е. Алексеевский сохранил на всю жизнь, приложив много усилий для её практической реализации.

Я познакомился с Н.Е. Алексеевским, будучи студентом Московского физико-технического института (МФТИ), где Н.Е. Алексеевский возглавлял кафедру общей физики с 1960 по 1965 гг. Лекции он не читал, поскольку не чувствовал себя оратором, и избегал публичных выступлений. На кафедре он запомнился тем, что требовал от преподавателей обязательного участия в научных исследованиях. Под его руководством начинали научную карьеру сотрудники кафедры И.И. Игошин, Ю.А. Самарский (ныне проректор МФТИ) и многие другие.

После возвращения П.Л. Капицы в Институт физических проблем (ИФП) Н.Е. Алексеевский возглавил лабораторию, которая занималась исследованием сверхпроводимости и электронных свойств металлов. Такой симбиоз двух направлений был закономерным. Дело в том, что после создания теории сверхпроводимости Бардина – Купера – Шриффера существовало убеждение, что особенности ферми-поверхности могут явиться ключом к расчёту критической температуры. Современная теория может по нормальным свойствам материала объяснить обнаруженную сверхпроводимость, но, к сожалению, оказывается неспособной предсказать её и тем более определить температуру сверхпроводящего перехода  $T_c$ .

В лаборатории Алексеевского было всего пять штатных сотрудников: два лаборанта, два инженера и механик. Между тем широта исследований, которые проводились студентами, аспирантами и командированными, поражает. Отмечу только работы, относящиеся к сверхпроводимости. Прежде всего — это поиск новых сверхпроводников. Ежедневно приготавливалось несколько составов, которые спекались, сплавлялись, напылялись или создавались ещё каким-либо способом. Затем по сопоставлению или бесконтактным способом (на переменном токе) определялась возможная сверхпроводимость. Алексеевский постоянно сокрушался, что его конкурент Б.Т. Маттиас (США) имеет возможность изготавливать в 10 раз больше образцов, и поэтому ему чаще удаётся открывать новые сверхпроводники. В конце 1960-х годов оба учёных практически одновременно получили соединение  $Nb_3Al_{0.8}Ge_{0.2}$  с рекордно высокой тогда температурой  $T_c = 20,7$  К [2].

Для исследований электронных свойств металлов и критических параметров сверхпроводников были необходимы сильные поля. В начале 1960-х годов основными материалами для сверхпроводящих магнитов являлись провода из сплавов Nb-Zr и Nb-Ti. Эти сплавы были хрупкими, недостаточно стабильными и позволяли получать поля 5–7 Тл. В лаборатории Алексеевского сверхпроводящие магниты для самых разных целей наматывал каждый третий студент и аспирант. По-видимому, впервые в 1970 г. для ядерного магнитного резонанса (ЯМР) был изготовлен сверхпроводящий соленоид с полем  $H = 5,5$  Тл. Благодаря сверхпроводящему ключу магнит имел поразительно высокую стабильность: за неделю работы положение линии ЯМР не изменялось. Помню, Алексеевский написал отрицательное заключение на покупку французского патента стабилизированного источ-

ника тока для сверхпроводящих магнитов и очень этим гордился. Позднее совместно с Институтом физики им. Л.В. Киренского в Красноярске был создан ЯМР-спектрометр широких линий. Прибор демонстрировался на Всесоюзной выставке достижений народного хозяйства по случаю 250-летия Академии наук и получил золотую медаль.

Для нужд специальной связи были разработаны высокочастотные сверхпроводящие контуры с добротностью до  $10^5$ . В одном из научно-исследовательских институтов Ленинграда был изготовлен радиоприёмник со сверхпроводящим контуром, который был успешно испытан в лаборатории Алексеевского.

Много внимания Алексеевский уделял сверхпроводниковым генераторам для энергетики. Сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института электромашиностроения В.Н. Шахтарин нередко бывал в Лаборатории и обсуждал с Алексеевским многие проблемы, возникающие при создании машин.

Одной из важных тем Лаборатории являлось исследование свойств плёнок. Наибольший интерес представляли холодноосаждённые плёнки, которые в ряде случаев, как, например, бериллиевые, были сверхпроводящими и имели высокую критическую температуру  $T_c$ . На плёнках алюминия, полученных лазерным напылением, был обнаружен размерный эффект — зависимость  $T_c$  от толщины плёнки. Естественным приложением работ по плёнкам явилось создание скивдов. Алексеевский, который был хорошо известен в Германской Демократической Республике, вёл совместные работы с Йенским университетом по применению этих устройств в магнитометрии.

В 1961 г. происходит важное для прикладной физики событие. Дж. Кюнцлер [3] спрессовал в трубке смесь порошков ниобия и олова. После отжига при температуре  $950^\circ\text{C}$  образовался известный интерметаллид  $Nb_3Sn$ , который обладал значительно более высокими критическими параметрами, чем сплавы ниобия с титаном и цирконием. Спустя два года Д. Мартин и М. Бенц изготовили из ниобиевой проволоки соленоид, который поместили в ванну с оловом при  $T = 900^\circ\text{C}$  [4]. В результате твердофазной диффузии олова образовался слой  $Nb_3Sn$  и соленоид создал поле величиной 10 Тл при  $T = 1,8$  К. Алексеевский сразу же оценил перспективы нового материала. Он предложил получать слой  $Nb_3Sn$  на ниобиевой ленте и после изоляции ленты делать из неё галетные обмотки для соленоидов. Разработка технологии твердофазной диффузии олова с образованием сверхпроводящего слоя на ниобиевой ленте становится его главным увлечением на десять лет.

Поиск новых сверхпроводников, их исследование и разработки их применения принесли Алексеевскому заслуженную славу и авторитет, но стали и причиной горьких для него событий. И можно только удивляться, как мужественно он переносил удары судьбы. В 1967 г. он был вынужден покинуть пост председателя Совета по физике низких температур. И это в тот год, когда он стал лауреатом Государственной премии за работы по исследованию гальваномагнитных свойств металлов. Одной из причин смещения Алексеевского явилось его увлечение технологией сверхпроводников. Ему ставился в вину уклон деятельности Совета по физике низких температур в сторону разработки приложений вместо "высокой науки", декларируемой в Академии.

При участии Н.Н. Михайлова (руководителя химической лаборатории ИФП) был создан стенд для получения ленты с Nb-Sn-слоем. Стенд имел внушительные размеры, к работе на нём привлекались многие химики. Одновременно работы над этой технологией начались в Централь-

ном научно-исследовательском институте им. И.П. Бардина, Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова и Физико-техническом институте низких температур (ФТИНТ) (Харьков). Но в ИФП научное сообщество негативно отнеслось к подобной "индустриализации сверхпроводимости". П.Л. Капица отстранил Н.Н. Михайлова от руководства химической лабораторией и на его место назначил Г.Э. Карстена, который был правой рукой Н.Е. Алексеевского. Парадокс, но в начале 1968 г. все работы с Nb-Sn-лентой в ИФП были остановлены. Н.Н. Михайлов перешёл в Курчатовский институт, где при поддержке А.П. Александрова была специально создана технологическая лаборатория для получения сверхпроводящей ленты. Потеря двух помощников и любимого дитя явилась тяжёлым ударом, но Алексеевский его выдержал! Иногда приходится слышать, что он был суровым человеком, порой угрюмым. Пожалуй, это справедливо, поскольку невозможно сохранить жизнерадостность и оптимизм при таких поворотах судьбы.

Осознавая важность прикладных исследований по сверхпроводимости, Алексеевский пишет записку в Академию наук СССР о необходимости создания ленты с критическим током плотностью до  $10^5$  А см<sup>-2</sup>. Такая лента была нужна для строящихся ускорителей, исследовательских магнитов с сильным полем и энергетики.

В рамках составления прогнозов по важнейшим научным направлениям 27 сентября 1968 г. выходит постановление Президиума АН СССР № 632 "Перспективы исследований в области сверхпроводимости, создания сверхпроводящих материалов и использования этого явления в науке и технике". В соответствии с этим постановлением была организована временная Комиссия по сверхпроводимости под председательством Н.Е. Алексеевского.

Через год, 18 июля 1969 г., Алексеевский выступает на Президиуме АН СССР с докладом "О перспективах исследований в области сверхпроводимости, создания сверхпроводящих материалов и использования этого явления в науке и технике". (Я помогал Алексеевскому демонстрировать рисунки и этот день помню очень хорошо.)

*Обширный доклад включает в себя* вопросы поиска новых сверхпроводников, особенно высокотемпературных (тогда речь шла о температурах выше 25 К!), касается направлений теоретического исследования самого явления и наиболее подробно освещает проблемы применения сверхпроводимости в энергетике, линиях передач, накопителях, электромашинах. Демонстрируется использование сверхпроводимости в крупных магнитных системах ускорителей (тогда широко строящихся). Оцениваются потребности в сверхпроводящих материалах для одного ускорителя, термоядерной станции и магнитогиродинамического генератора, которые составляют внушительные величины: 10–50, 60 и 7 т соответственно. Отмечается важность разработок криогенных мощностей, подчёркивается необходимость в значительном увеличении в стране добычи газообразного гелия для криогенных нужд.

*Доклад одобрен.*

Слово берёт П.Л. Капица, директор ИФП АН СССР. В обычной несезонной манере Капица отмечает, что сверхпроводимость стала очень широкой областью и предлагает выделить главные направления, на которых необходимо сосредоточить основные ресурсы. Президент АН СССР М.В. Келдыш резко прерывает Капицу и напоминает историю с водородным ракетным двигателем: "В своё время мы приняли Постановление о закрытии всех работ с водородом из-за его опасности. Сейчас в США запущен Сатурн-5, а у нас не осталось ни одной лаборатории, которая могла бы работать с водородом". Капица парирует, что водород менее опасен, чем кислород (он с ним

много работал). "Водород не взрывается, — говорит Капица, — пока не приготовлена смесь". Ссылается на Алексеевского, который постоянно работает с жидким водородом, испытывая новые сверхпроводники.

*Диспут останавливает* А.П. Александров. Он говорит, что Министерство среднего машиностроения и Курчатовский институт займутся разработкой и производством сверхпроводящих материалов. Рассказывает, какие имеются возможности и обрисовывает состояние дел. Тем самым разрешён главный вопрос о сверхпроводящем проводе. Далее Президиум обсуждает менее важные проблемы развития и применения сверхпроводников.

1 августа 1969 г. выходит постановление Президиума № 751. Пункт IX гласит: "Одобрить основные положения доклада член-корр. АН СССР Н.Е. Алексеевского "Перспективы развития исследований в области сверхпроводимости, создания сверхпроводящих материалов и использования этого явления в науке и технике", подготовленного комиссией по разработке прогнозов развития сверхпроводимости. Создать при Секции физико-технических и математических наук Президиума АН СССР постоянную Комиссию по сверхпроводимости для координации научных исследований, научно-технических разработок в этой области».

Комиссии предстояло курировать широкий круг исследований по сверхпроводимости, поиску новых сверхпроводников и развитие прикладных направлений. Для одиннадцати институтов АН СССР (Институт высоких давлений, Институт физики твёрдого тела, Физический институт им. П.Н. Лебедева, ИФП, ФТИНТ, Институт химической физики, Институт высоких температур и др.) Президиум АН СССР сформулировал конкретные задания по всему спектру исследований и применений сверхпроводимости. Комиссию по сверхпроводимости возглавил А.П. Александров как член Президиума. Поскольку А.П. Александров отвечал за огромную атомную отрасль, то вся работа Комиссии по сверхпроводимости легла на плечи его заместителя — Н.Е. Алексеевского.

Одновременно Президиум АН СССР обратился в Государственный комитет Совета Министров СССР по науке и технике с рекомендацией значительно расширить производство сверхпроводящих проводов и устройств на их основе. Теперь, казалось бы, открылись все пути для Nb-Sn-ленты, тем более что предприятия General Electric (США) начали разрабатывать технологию нанесения на ленту Nb<sub>3</sub>Sn покрытия из газовой фазы. Метод твердофазной диффузии представлялся сначала более простым, но всё оказалась гораздо сложнее: олово, через которое протягивалась ниобиевая лента, загрязнялось, возможно, из-за недостаточной чистоты ниобия, и в результате не удавалось получать длинные образцы сверхпроводника с одинаково высокими критическими параметрами. Позднее обнаружился и ещё один недостаток, присущий самой ленте.

В 1974 г. фирма Intermagnetics привезла в Москву сверхпроводящие магниты с обмотками в виде галет Nb-Sn, изготовленных из ленты General Electric. Магниты создавали поле 17,5 Тл. Это было феноменально. Но вскоре выяснилось, что галетные обмотки не очень надёжны. После нескольких переходов в нормальное состояние (а они неизбежны) сверхпроводник необратимо деградирует и поле снижается на 2–3 Тл. Причиной этого явилась низкая прочность ниобия, который был основой ленты. Это сильно "подмочило" репутацию ленты, и в гонке за экономией она вскоре проиграла новой, "бронзовой", технологии.

Суть "бронзовой" технологии состоит в том, что в матрицу из оловянной бронзы (Cu + 13 % Sn) помещают

ниобиевые стержни. Эту заготовку подвергают волочению для достижения нужного диаметра провода. Полученный таким способом многожильный провод покрывают термостойким изолятором и наматывают соленоид. Изготовленную обмотку помещают в печь при  $T = 900^\circ\text{C}$ . Олово диффундирует из бронзы, и на поверхности ниобия формируется микрометровый слой  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ . Технология изготовления исходного провода стала проще, а изготовление магнитов усложнилось. В СССР инициаторами "бронзовой" технологии стали сотрудники Всесоюзного научно-исследовательского института неорганических материалов (ныне — Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара) В.Я. Филькин, А.Д. Никулин и А.К. Шиков. Сейчас эта технология является основной в производстве сверхпроводящих многожильных проводов для магнитных систем с большим полем. И хотя магниты с проволочной обмоткой имеют поле на 1–2 Тл меньше, чем ленточные (галетные), они являются более надёжными и стабильными. У "бронзовой" технологии оказалось несколько важных преимуществ: отсутствие в диффузионном слое других станидов помимо  $\text{Nb}_3\text{Sn}$ , высокая прочность многожильного провода, автоматически обеспечивающаяся токовая и магнитная стабилизация, высокая тококонесущая способность и, главное — сохранение неизменности параметров на большой длине провода.

В середине 1970-х годов работы над ленточными сверхпроводниками были свёрнуты. Лишь с появлением высокотемпературных сверхпроводников интерес к ним вернулся. Если использовать современные технологии и применять многослойную (упрочнённую) ниобиевую ленту, то, вполне возможно, способ получения сверхпроводящей ленты с помощью твердофазной диффузии, который начал разрабатывать Н.Е. Алексеевский, может вновь возродиться.

Автор благодарен Е. Николаеву за поиск архивных материалов АН СССР.

## Список литературы

1. Buckel W *Supraleitung. Grundlagen und Anwendung* (Weinheim: Physik-Verlag, 1972) [*Super-conductivity. Fundamentals and Applications* (Weinheim: VCH, 1991); Буккель В *Сверхпроводимость. Основы и приложения* (М.: Мир, 1975)]
2. Алексеевский Н Е, Агеев Н В, Михайлов Н Н, Шамрай В Ф *Письма в ЖЭТФ* 9 28 (1969) [Alekseevskii N E, Ageev N V, Mikhailov N N, Shamrai V F *JETP Lett.* 9 16 (1969)]
3. Kunzler J E *Rev. Mod. Phys.* 33 501 (1961)
4. Martin D L et al. *Cryogenics* 3 161 (1963)

PACS numbers: 01.65. + g, 07.55.Db, 84.71.Ba  
DOI: 10.3367/UFNr.0183.201302k.0219

## История создания и развития Международной лаборатории сильных магнитных полей и низких температур

В.И. Нижанковский, В.И. Цебро

Отмечая 100-летие со дня рождения выдающегося учёного-физика, члена-корреспондента АН СССР Николая Евгеньевича Алексеевского, крупнейшего специалиста в

области сверхпроводимости, физики низких температур и физики металлов, нельзя не отметить тот огромный вклад, который Николай Евгеньевич внёс в дело организации и развития Международной лаборатории сильных магнитных полей и низких температур (МЛ) во Вроцлаве. Достижения Н.Е. Алексеевского в указанных выше областях физики общеизвестны и признаны. Если говорить о научно-организационной деятельности Н.Е. Алексеевского, которая включала его интенсивную работу в ряде советов и комиссий, в том числе международных<sup>1</sup>, то самым крупным достижением Николая Евгеньевича как учёного-организатора, безусловно, является создание в 1968 г. Международной лаборатории и активное, в течение четверти века, участие в её развитии.

Побудительные мотивы, которые заставили Н.Е. Алексеевского с энтузиазмом взяться за эту трудную, отнимающую много времени от любимого занятия самой наукой, работу изложены в самом начале его статьи (в соавторстве с Е.П. Краснопёровым) в сборнике [1], посвящённом многостороннему сотрудничеству академий наук социалистических стран, вышедшем в 1978 г., в год 10-летия МЛ: "Развитие современной физики твёрдого тела в значительной мере зависит от возможности проведения исследований в сильных магнитных полях и при низких температурах. Экспериментальные установки для таких исследований в большинстве случаев являются достаточно дорогими. Их коллективное использование позволяет снизить затраты на проведение дорогостоящих экспериментов, избежать параллелизма, а также использовать опыт, накопленный в разных странах, иными словами, приводит к повышению эффективности научных исследований. Научные разработки, требующие сложного и дорогостоящего оборудования, при таком решении вопроса становятся доступными для всех стран, открывая перед ними возможность проведения актуальных фундаментальных исследований".

Идея создания Международной лаборатории, согласно воспоминаниям Ч. Базана, который с начала её основания в 1968 г. и до ухода на пенсию в 1985 г. был заведующим МЛ, принадлежала польской стороне. Ч. Базан в мемуарах, опубликованных в сборнике [2], пишет: "Сама идея создания такой лаборатории исходила, по-видимому, от польского физика профессора Романа Ингардена. В 50-х годах он организовал во Вроцлаве лабораторию низких температур ПАН и посещал низкотемпературные центры в Европе, в том числе в Москве и Харькове. Таким образом он познакомился с Н.Е. Алексеевским, и они уже тогда смогли провести предварительные дискуссии о целесообразности создания МЛ... Официальное предложение было изложено на очередном заседании комиссии экспертов СЭВ в Минске в 1964 г... Идея создания лаборатории встретила горячую поддержку Николая Евгеньевича, и он сразу занялся претворением её в жизнь..."

Следует отметить, что выбор места для будущей Международной лаборатории был в значительной степени не случаен и созданию МЛ во Вроцлаве способствовали определённые благоприятные обстоятельства. Во-первых, во Вроцлаве при Институте низких температур и струк-

<sup>1</sup> С 1952 по 1954 гг. и с 1962 по 1967 гг. Н.Е. Алексеевский возглавлял Научный совет по проблеме "Физика низких температур", много лет являлся председателем Комиссии по сверхпроводимости при Секции физико-технических и математических наук Президиума АН СССР, а с 1966 по 1972 г. был представителем СССР в Комиссии сверхнизких температур Международной ассоциации фундаментальной и прикладной физики (IUPAP).

В.И. Нижанковский. Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, Москва, РФ

В.И. Цебро. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, РФ. E-mail: tsebro@sci.lebedev.ru