

Познавательный журнал для хороших людей

# НАУКА

из первых рук

[www.scfh.ru](http://www.scfh.ru)

2<sup>(62)</sup> ● 2015

ГВАРДЕЙЦЫ  
ЗОЛОТОЙ  
ДОЛИНЫ

ЭККУРСИЯ  
ПО ГОСУДАРСТВУ  
ИЯФ

В АРКТИКУ  
НА ВОЗДУШНОМ  
ШАРЕ

ТАЙНА  
МЕДНОГО  
ВОЛОСА

## ЭПОХА УСКОРЕНИЯ



Станция шведского исследователя Соломона Андрэ на Шпицбергене.

Source: Flickr Commons project, 2009.

Library of Congress Prints and Photographs Division. Washington, D.C. 20540. USA. <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>

11 июля 1897 г. аэростат *Ornen* (Орел) с участниками проекта физиком Н. Стриндбергом, техником К. Френкелем и руководителем экспедиции С. Андрэ на борту стартовал при попутном ветре со Шпицбергена.

14 июля шар, значительно потяжелевший от тумана и осадков, опустился на лед, и участники двинулись назад пешком, по пути стараясь производить метеорологические и другие естественно-научные наблюдения. . .

17-м октября, как выяснилось позднее, была датирована последняя запись в календаре Стриндберга.

«Андрэ стал первым, кто проник в Арктику на воздушном средстве и осуществил свой полет тогда, когда управляемое воздухоплавание только зарождалось», — напишет годы спустя гидрограф, океанолог, полярный исследователь В. Ю. Визе. Однако тогда, в конце XIX в., трагический исход экспедиции Андрэ привел многих — даже из тех, кто прежде поддерживал его, — к мысли о том, что такие путешествия и исследования неосуществимы.

На первой странице обложки:

В композиции использовано фото Крабовидной туманности.  
Image Credit: NASA, ESA, J. Hester, A. Loll (ASU)

**2.** 2015  
научно-популярный журнал



# НАУКА

из первых рук



## В НОМЕРЕ:

Человечество впервые познакомилось с синхротронным излучением в 1054 г., когда на дневном небосклоне в результате взрыва сверхновой засветилась «звезда» – Крабовидная туманность

Более 40% исследований в Британском центре синхротронного излучения *Diamond Light Source*, относятся к наукам о жизни: от расшифровки белковых структур и механизмов регенерации костей у динозавров до выяснения причин лекарственной устойчивости бактерий

«В Арктику на воздушном шаре» – этой мечте начала прошлого века о научных путешествиях с помощью аэростатов и дирижаблей так и не удалось воплотиться в жизнь

Институт ядерной физики СО РАН, являясь крупнейшим поставщиком ускорительного оборудования для синхротронных центров мира, сам довольствуется почти «антикварным» источником СИ первого поколения

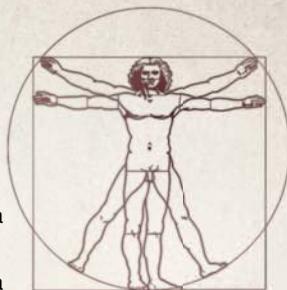
Познавательный журнал  
для хороших людей

### Редакционная коллегия

главный редактор  
акад. Н.Л. Добрецов  
заместитель главного редактора  
чл.-кор. В.И. Бухтияров  
заместитель главного редактора  
акад. В.В. Власов  
заместитель главного редактора  
чл.-кор. Н.В. Полосьмак  
заместитель главного редактора  
акад. В.Ф. Шабанов  
ответственный секретарь  
Л.М. Панфилова  
акад. И.В. Бычков  
акад. М.А. Грачев  
акад. А.П. Деревянко  
чл.-кор. А.В. Латышев  
к.ф.-м.н. Н.Г. Никулин  
акад. В.Н. Пармон  
акад. Н.П. Похиленко  
д.ф.-м.н. М.П. Федорук  
акад. М.И. Эпов

### Редакционный совет

акад. Л.И. Афтанас  
чл.-кор. Б.В. Базаров  
чл.-кор. Е.Г. Бережко  
акад. В.В. Болдырев  
акад. А.Г. Дегерменджи  
проф. Э. Краузе (Германия)  
акад. Н.А. Колчанов  
акад. А.Э. Конторович  
акад. М.И. Кузьмин  
акад. Г.Н. Кулипанов  
д.ф.-м.н. С.С. Кутателадзе  
проф. Я. Липковски (Польша)  
акад. Н.З. Ляхов  
акад. В.И. Молодин  
д.б.н. М.П. Мошкин  
чл.-кор. С.В. Нетесов  
д.х.н. А.К. Петров  
проф. В. Сойфер (США)  
чл.-кор. А.М. Федотов  
д.ф.-м.н. М.В. Фокин  
д.т.н. А.М. Харитонов  
акад. А.М. Шалагин  
акад. В.К. Шумный  
д.и.н. А.Х. Элерт



«Естественное желание хороших  
людей – добывать знание»

Леонардо да Винчи

### Периодический научно-популярный журнал

Издается с января 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Учредители:

Сибирское отделение Российской  
академии наук (СО РАН)

Институт физики полупроводников  
им. А.В. Ржанова СО РАН

Институт археологии и этнографии  
СО РАН

Лимнологический институт СО РАН

Институт геологии и минералогии  
им. В.С. Соболева СО РАН

Институт химической биологии  
и фундаментальной медицины СО РАН

Институт нефтегазовой геологии  
и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

ООО «ИНФОЛИО»

Издатель: ООО «ИНФОЛИО»

Адрес редакции и издателя:  
630090, Новосибирск,  
ул. Золотодолинская, 11  
Тел.: +7 (383) 330-27-22, 330-21-77  
Факс: +7 (383) 330-26-67  
e-mail: zakaz@info-press.ru  
e-mail: editor@info-press.ru

www.ScienceFirstHand.ru

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Свидетельство ПИ № ФС77-37577  
от 25 сентября 2009 г.

ISSN 1810-3960

Тираж 1 000 экз.

Отпечатано в типографии  
ООО «ИД „Вояж“» (Новосибирск)

Дата выхода в свет 15.06.2015

Свободная цена

Перепечатка материалов только  
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2015

© ООО «ИНФОЛИО», 2015

© Институт физики полупроводников  
им. А.В. Ржанова СО РАН

© Институт археологии и этнографии  
СО РАН

© Лимнологический институт СО РАН

© Институт геологии и минералогии  
им. В.С. Соболева СО РАН

© Институт химической биологии  
и фундаментальной медицины СО РАН

© Институт нефтегазовой геологии  
и геофизики им. А.А. Трофимука  
СО РАН

### Дорогие друзья!

В новом выпуске журнала мы продолжаем тему Арктики – этой «страны ледяного ужаса», говоря словами знаменитого норвежского исследователя Ф. Нансена, которая издавна привлекала внимание исследователей и путешественников, проникавших все дальше и дальше на север, нанося на карту новые острова и архипелаги. Материалы, посвященные предыстории образования и первым годам существования международного общества «Аэроарктик», раскрывают перед нами малоизвестные широкой публике страницы освоения Арктики в начале XX в., связанные с использованием «воздушных кораблей» – аэростатов и их управляемых разновидностей, дирижаблей.

В это время достижение Северного полюса уже не являлось самоцелью: без научного изучения полярных пространств оно осталось бы только спортивным достижением. Идея применить для изучения Арктики аэростаты буквально носилась в воздухе. Еще в 1909 г. Нансен писал: «такие путешествия ... позволят сделать важные заключения о топографии неизвестной еще части полярной области, что имеет громадное значение для решения вопроса о циркуляции гидро- и аэросферы ... могут быть произведены весьма ценные океанографические наблюдения: промеры, сбор проб морской воды и наблюдения температуры на различных глубинах. Ко всему этому будут получены еще и очень ценные исследования над полярной атмосферой в различных слоях». Однако реализация этой идеи оказалась весьма рискованной, свидетельством чего служит трагическая гибель полярной экспедиции С. Андрэ. Не осуществились на практике и грандиозные планы по организации транс-арктического воздушного сообщения на дирижаблях, заинтересованность в которых проявило и правительство советской России.

Следующий «герой» нового выпуска – синхротронное излучение, универсальный современный инструмент для исследований в самых разных отраслях науки и технологии. Сегодня с его помощью можно расшифровать элементный и молекулярный состав вещества вплоть до отдельных изомеров, изучать такие быстропротекающие процессы, как распространение взрывной волны, вести непрерывный контроль за внутренним состоянием инженерных объектов и даже исследовать без повреждений микроструктуру палеонтологических и археологических находок.

Поводом обращения к этой актуальной теме стал состоявшийся в Новосибирском Академгородке российско-британский круглый стол «Новые горизонты ускорительной техники: настоящее и будущее ярких источников синхротронного излучения», в котором участвовали новосибирские и московские физики, а также руководители британского центра «Diamond Light Source» и Института ускорительной физики им. Джона Адамса. В наших публикациях читатель сможет не только познакомиться с результатами научных работ с использованием СИ и новыми техническими



решениями по созданию источников СИ будущего, но и узнать, почему Институт ядерной физики СО РАН, участвовавший в создании практически всех крупных мировых синхротронных центров, сам является «сапожником без сапог», располагая неспециализированным источником синхротронного излучения 1-го поколения.

И все-таки главными героями выпуска стали три фронтовика, имена которых знакомы всем, кто интересуется историей отечественной науки. Слова бывшего военного рупориста и переводчика, а впоследствии академика Н.Н. Яненко как нельзя лучше объясняют сам стиль их работы после войны: «...сознание того, что мы живы и поэтому в долгу перед павшими, заряжало нас такой энергией, давало такую зарядку, что мы преодолевали все препятствия, которые перед нами стояли. После войны мы перенесли этот дух фронтового натиска на мирные исследования».

Среди «мирных» занятый математика Н.Н. Яненко – участие в советском Атомном проекте по созданию первой в мире компактной водородной бомбы и разработка всемирно известного «метода дробных шагов», позволившего создать численные модели для решения многомерных задач математической физики. Бывший «сын полка» М.Е. Топчян стал известным исследователем детонационных процессов и создателем гиперзвуковых аэродинамических установок, по многим параметрам до сих пор остающихся непревзойденными. А командир топовозда А.А. Ляпунов получил почетное звание «пионера советской кибернетики», одним из первых в нашей стране оценив значение нового научного направления и консолидировав в этой области значительные научные силы, от математиков и техников до биологов и лингвистов.

К сожалению, объем выпуска не позволяет рассказать обо всех «гвардейцах Золотой Долины» – первом поколении ученых сибирского академического центра, заложивших его основополагающие традиции и примером самой своей жизни продолжающих воспитывать достойных преемников.

Академик Н.Л. Добрецов,  
главный редактор



Самые захватывающие и трагические страницы **ПОКОРЕНИЯ** и исследования **АРКТИКИ** связаны с «воздушными кораблями» – **АЭРОСТАТАМИ** и **ДИРИЖАБЛЯМИ**. **С. 48**

«Сознание того, что **МЫ ЖИВЫ** и поэтому в долгу перед павшими, заряжало нас такой энергией ... что мы преодолевали все препятствия. **ПОСЛЕ ВОЙНЫ** мы перенесли этот дух фронтового натиска на **МИРНЫЕ** исследования», – **АКАДЕМИК ЯНЕНКО**. **С. 70**

## .01

### ГОРИЗОНТЫ НАУКИ

- 6 ЭПОХА УСКОРЕНИЯ
- 10 **К.В. Золотарев, П.А. Пиминов**  
Экскурсия по Государству ИЯФ.  
*Девять лет спустя*
- 18 **А.Д. Николенко**  
Космос и Пламя
- 22 **Н.В. Полосьмак, В.А. Трунова**  
Тайна медного волоса
- 24 **Н.В. Полосьмак, К.Э. Купер**  
Палицы или ручки гроба?
- 28 **Э. Харрисон, Р. Уолкер**  
Diamond Light Source. Британский  
«алмаз» синхротронного излучения
- 40 **А.А. Серый**  
Эпоха ускорения

«В российской науке, в физике, было сделано очень многое. Имена великие, начиная с Лебедева, Менделеева, Попова и кончая Циолковским, Курчатовым, Зельдовичем, Сахаровым, Ландау и другими. Нужно на этих примерах воспитывать, а **НЕ БУБНИТЬ** постоянно **О ГРАЖДАНСКОМ ДОЛГЕ**», – д. ф.-м. н. **ТОПЧИЯН**. **С. 84**

В отличие от **ЕСТЕСТВЕННОГО** оплодотворения, после **ЭКО** пол ребенка можно определить уже на уже на **ПЯТЫЕ СУТКИ**. **С. 104**

## .03

### СУДЬБЫ

- 68 **ГВАРДЕЙЦЫ ЗОЛОТОЙ ДОЛИНЫ**  
*Военные и научные судьбы*  
*Н.Н. Яненко, М.Е. Топчияна,*  
*А.А. Ляпунова*
- 70 Его военные университеты
- 84 Сын полка
- 92 Взять высоту

## .04

### ЧЕЛОВЕК

- 104 **Д.В. Никифоров, Е.И. Рябчикова,**  
**Т.В. Овсянникова, Ж.Ю. Попова**  
ЭКО: Долгая история короткой встречи

## .05

### ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЭКСПЕДИЦИЙ

- 112 **А.В. Табарев, Х.Г. Маркос,**  
**А.Н. Попов**  
Штурм королевских холмов.  
Русская археологическая экспедиция  
в Эквадоре

## .02

### СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- 48 **О.А. Красникова**  
В Арктику на воздушном шаре.  
К истории Общества «Аэроарктик»  
и Полярной комиссии Академии наук.



# Эпоха Ускорения

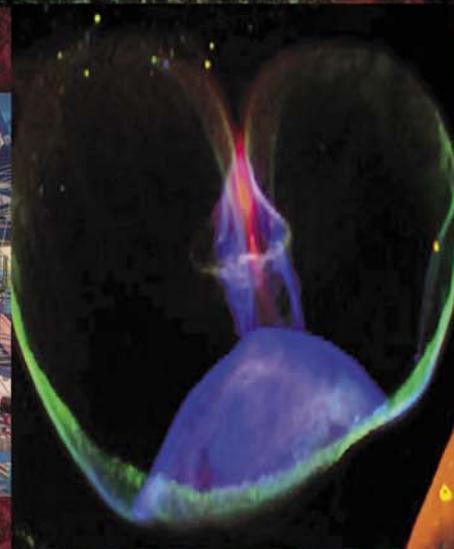
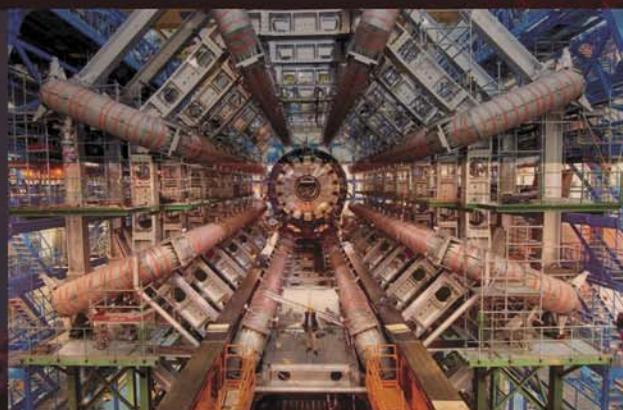
Почти полстолетия назад выдающийся российский физик Г. И. Будкер – основатель новосибирского Института ядерной физики, выдвинувший и реализовавший идею об увеличении энергии взаимодействия частиц методом встречных пучков, – назвал ускорители заряженных частиц микроскопами современной физики, поскольку они позволяют судить о структуре наблюдаемого объекта по картине рассеяния на нем потока частиц, только уже не световых квантов, как в микроскопе, а частиц высокой энергии. С ростом предельных энергий ускорителей началась настоящая революция в теории элементарных частиц и внутриядерных взаимодействий, продолжающаяся и поныне, значение которой для науки и практики трудно переоценить.

Зато магнитотормозное излучение, которое испускали заряженные частицы, движущиеся с релятивистскими скоростями в магнитном поле ускорителей, поначалу казалось досадным побочным продуктом ускорительного процесса, поскольку означало большие энергетические потери, которые требовалось компенсировать. Так как подобное излучение впервые наблюдалось в синхротроне – циклическом резонансном ускорителе, оно

стало называться синхротронным, хотя его источником в принципе может служить любое устройство, отклоняющее заряженные частицы.

Но синхротронное излучение (СИ) удивительно быстро прошло путь «от Золушки до принцессы», и это превращение было обусловлено такими чертами его «характера», как большая ширина спектра излучения – от инфракрасного до жесткого рентгеновского, высокая степень направленности и поляризации, периодичность в наносекундном масштабе и, наконец, большая мощность (хотя последние качества – это уже заслуга специализированных устройств, его генерирующих). Идею возможности использования излучения релятивистских частиц высказал еще в 1947 г. российский физик-теоретик и будущий Нобелевский лауреат В. Л. Гинзбург, и за последующие полвека синхротронное излучение превратилось в универсальный и очень эффективный инструмент познания окружающего мира.

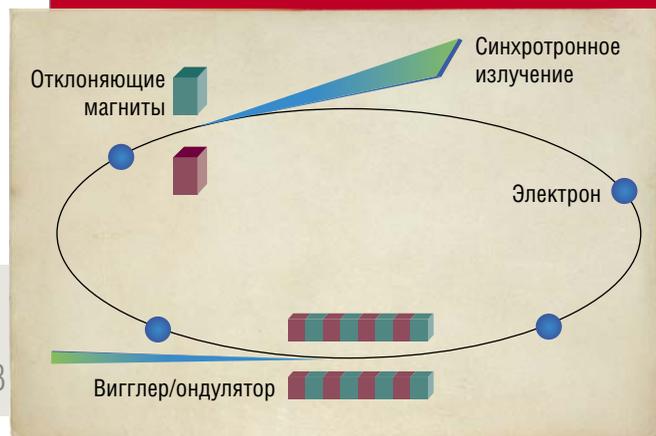
Существуют три поколения источников синхротронного излучения. К первому относятся синхротроны и накопительные кольца, созданные для физики высоких энергий; ко второму – накопительные кольца, разработанные специально как источники СИ. Излучение в этих источниках обычно генерируется отклоняющими





Участники круглого стола «Новые горизонты ускорительной техники: настоящее и будущее ярких источников синхротронного излучения»: профессор А. Серый (Институт им. Джона Адамса), профессора Э. Харрисон и Р. Уолкер (*Diamond Light Source*), академик Г. Н. Кулипанов (ИЯФ СО РАН), генеральный консул Великобритании Д. Шарп. Фото Отдела науки и инноваций при Посольстве Великобритании в России

Судя по древним хроникам, с синхротронным излучением человечество впервые столкнулось еще в 1054 г., когда на небе среди бела дня засветилась яркая «звезда-гостья» – Крабовидная туманность, образовавшаяся в результате взрыва сверхновой. «Изобретателем» СИ считается французский физик А. Лиенар, в конце XIX в. впервые показавший, что движущийся по круговой траектории электрон интенсивно излучает электромагнитные волны. Первое «рукотворное» синхротронное излучение удалось получить в 1947 г. на американском синхротроне компании «Дженерал Электрик», а несколькими годами позже – на советских синхротронах в ФИАН СССР



Крабовидная туманность. Image Credit: NASA, ESA, J. Hester, A. Loll (ASU)

### РОССИЯ И ВЕЛИКОБРИТАНИЯ ЗА «КРУГЛЫМ СТОЛОМ»

Отдел науки и инноваций при Посольстве Великобритании в России является частью Научно-инновационной сети Великобритании, поддерживаемой британским правительством. Представленная в 29 странах мира, эта сеть способствует развитию научно-исследовательской деятельности и международному обмену знаниями, создает возможности для сотрудничества между ведущими учеными и научно-образовательными учреждениями мирового уровня и открывает доступ к крупномасштабной международной научной инфраструктуре.

Одна из целей Отдела науки в России – ближе познакомить Россию с существующими в Великобритании возможностями проведения научных исследований мирового уровня в области космических наук, ускорителей, новых материалов, медико-биологических и полярных исследований. Мы также способствуем привлечению большего количества российских научных публикаций в международные рецензируемые журналы.

Отдел занимается организацией и проведением российско-британских круглых столов, научных кафе и лекций

ведущих британских ученых в крупнейших городах России, участвует в научных фестивалях и семинарах. В 2014 г. благодаря содействию отдела в Москве впервые прошла Российско-британская неделя химии Королевского химического общества Великобритании, в центре которой были вопросы публикации статей в ведущих научных журналах и открытого доступа к научным публикациям. В 2014—2015 гг. было проведено два российско-британских научных круглых стола: «Антарктика и Арктика в фокусе научных исследований» совместно с Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом (Санкт-Петербург) и «Новые горизонты ускорительной техники».

В 2015 г. мы надеемся организовать мероприятия, посвященные проблеме антимикробной резистентности, одному из приоритетных вопросов для Правительства Великобритании.

Отдел науки и инноваций при Посольстве Великобритании в России

магнитами, и поскольку оно направлено по касательной к траектории частицы, подобно свету автомобильных фар на повороте, то его пучок имеет веерообразную форму с большим углом рассеяния.

К третьему поколению относятся накопительные кольца с длинными прямолинейными промежутками и встроенными магнитными структурами чередующейся полярности, генерирующими синхротронное излучение, которое обладает меньшими размерами пучка, более высокой интенсивностью и намного более высокой спектральной яркостью. Последний

показатель является наиболее важным параметром, так как определяет величину полезного потока фотонов. Благодаря целенаправленной работе физиков-ускорительщиков яркость источников рентгеновского СИ увеличивалась на три порядка за каждые десять лет! Тем не менее даже в самых современных источниках СИ величина «полезных» фотонов составляет лишь тысячные доли от полного светового потока, поэтому в последние десятилетия мировое физическое сообщество активно работает над проектами источников СИ нового, четвертого, поколения.



Участники круглого стола Э. Харрисон, Р. Уолкер (*Diamond Light Source*) и Т. Яковлева (Посольство Великобритании в России) на встрече с редакторами журнала «НАУКА из первых рук». Новосибирск, 2015

# Экскурсия по государству ИЯФ: Девять лет спустя



*Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера – крупнейшее отечественное академическое учреждение и всемирно признанный научный центр – сотрудникам «НАУКИ из первых рук» впервые удалось посетить более девяти лет назад. «Свежеиспеченных» редакторов недавно созданного журнала, далеких от мира «высокой физики», в ИЯФе потрясло многое. И казавшиеся бесконечными лабиринты «ускорительных» подземелий, и поражающая воображение путаница проводов и конструкций непонятного назначения, и исторические «круглые столы», заведенные еще первым директором института Гершем Ицкевичем Будкером...*

*А чего стоила удивительная доступность даже самых высоких институтских «чинов» и научных советов, которые, все по той же традиции, мог посетить любой желающий! И конечно, не могло не запомниться поразительно большое число откровенно умных, интересных и запоминающихся мужских лиц (да простят нас за шовинизм): теперь, поднатюров в физических терминах, можно сказать, что здесь, на относительно малом пространстве, удалось добиться удивительно высокой фокусировки интеллектуальных частиц высокой энергии! Все эти впечатления вылились в серию статей-экскурсий «по государству ИЯФ», где нашими экскурсоводами стали молодые физики, аспиранты и сотрудники института.*

*... Почти десятилетие спустя нас встретили все те же начищенные раритетные кофейники на тех же круглых столах, все то же гостеприимство и немало знакомых лиц разного возраста, но практически не постаревших, – похоже, занятия «высокой» физикой благотворно сказываются не только на интеллектуальном долголетии...*

*Только в уже знакомых подземельях прибавилось путаницы проводов, а до отказа набитый оборудованием экспериментальный бункер для синхротронных исследований на «патриархе» ВЭПП-3 стал навевать устойчивые ассоциации с подземным миром морлоков Герберта Уэллса... Постоянство радует, когда речь идет о традициях, о преемственности, о научном творчестве, но мы надеемся на очередной «экскурсии» по отечественному флагману физики высоких энергий увидеть осуществление давно лелеемых здесь планов о радикальной перестройке ускорительного комплекса*

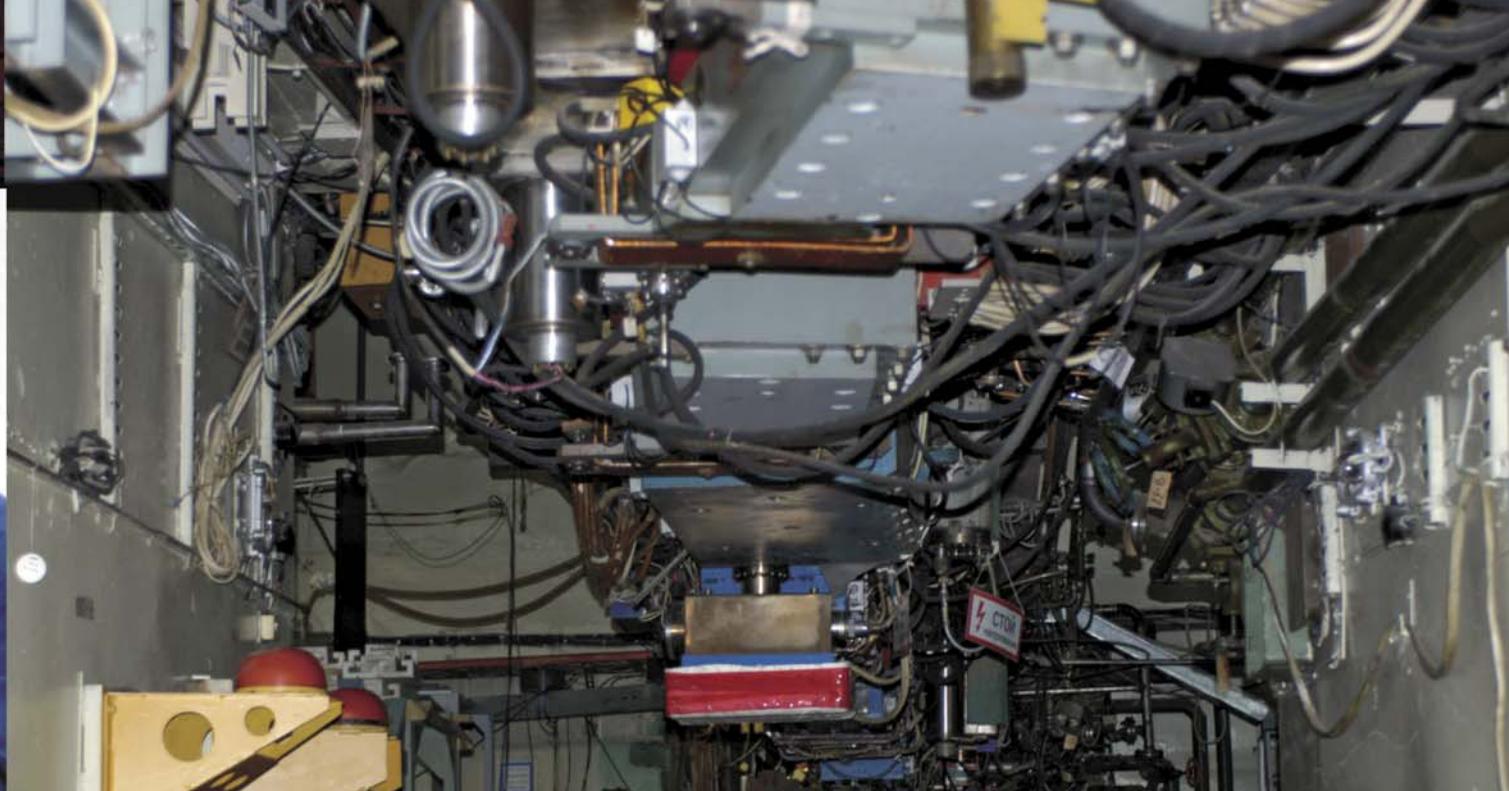


© К. В. Золотарев, П. А. Пиминов, А. Д. Николенко, В. А. Трунова, Н. В. Полосьмак, К. Э. Купер, 2015



**ПИМИНОВ Павел Алексеевич** – кандидат физико-математических наук, начальник ускорительного комплекса ВЭПП-3/ВЭПП-4 Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 103 научных работ

**ЗОЛОТАРЕВ Константин Владимирович** – кандидат физико-математических наук, заведующий сектором Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск). Доцент кафедры ускорительной физики Новосибирского государственного университета. Автор и соавтор 93 научных работ



## СИ в ИЯФ: формула успеха

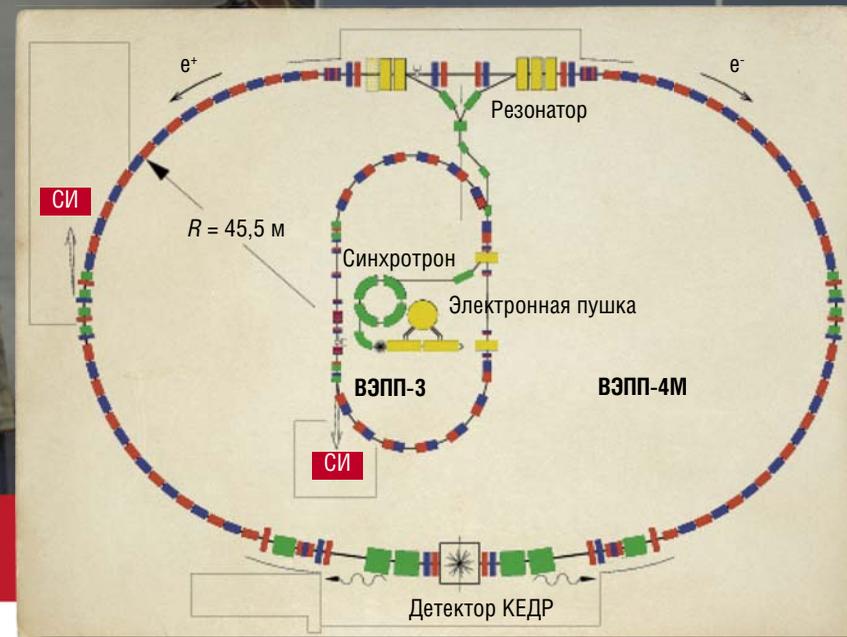
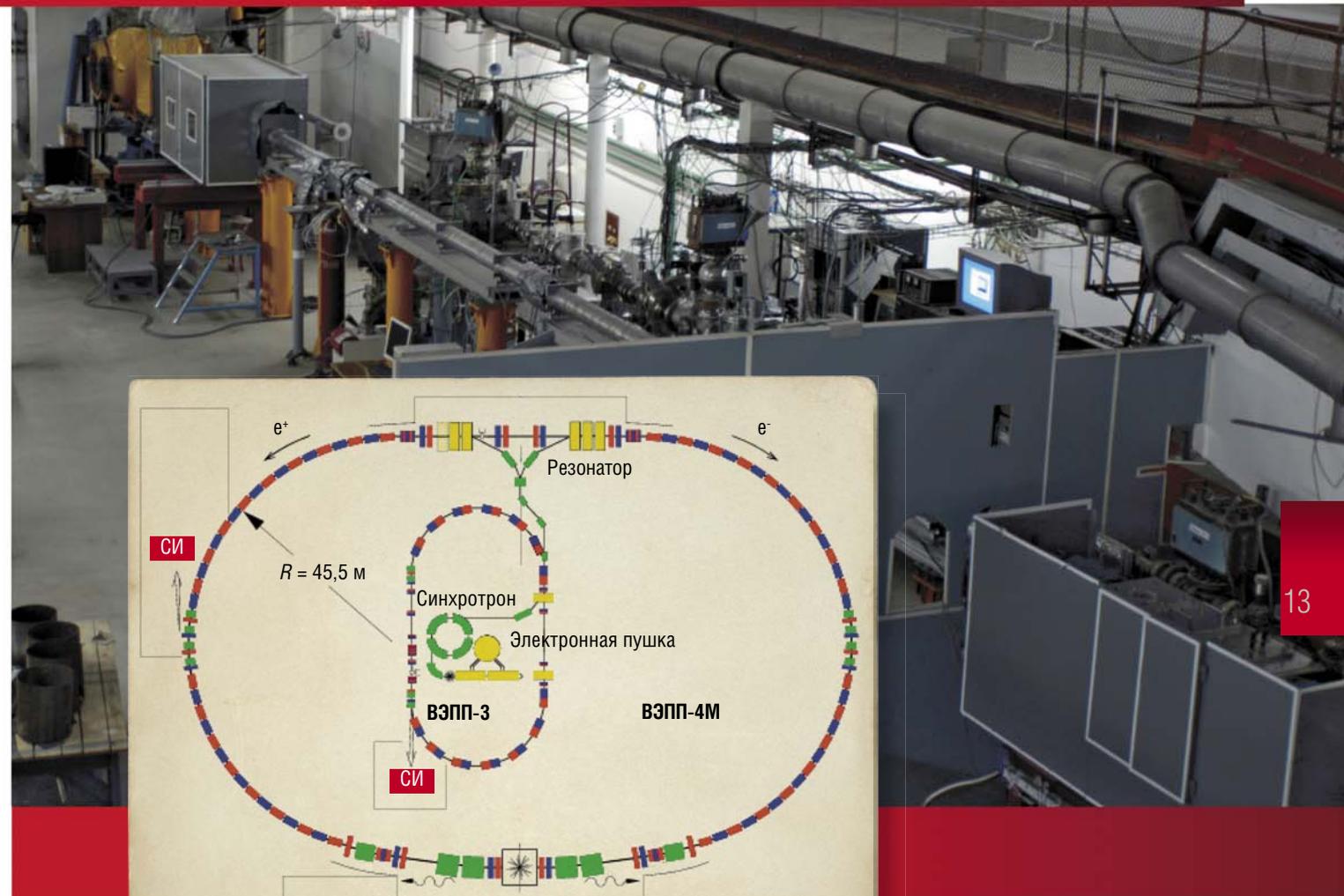
Как известно, синхротронное излучение (СИ), которое для своих многочисленных пользователей служит хлебом насущным, для физиков-ускорительщиков является паразитным: ведь с ним уносится немалая часть энергии, которую они с такими усилиями закачивают в пучок заряженных частиц, разогнанных почти до световой скорости. К тому же, если этот хлеб в ИЯФе и не горек, то и не всегда обилен. Дело в том, что источниками синхротронного излучения в институте сейчас служат ускорители ВЭПП-3 (созданный в 1972 г.) и ВЭПП-4М (начавший работу в начале 1980-х гг. и впоследствии модернизированный), на которых также проводятся исследования по физике элементарных частиц. В результате на долю экспериментов с синхротронным излучением приходится лишь около 15% общего времени работы ускорителей.

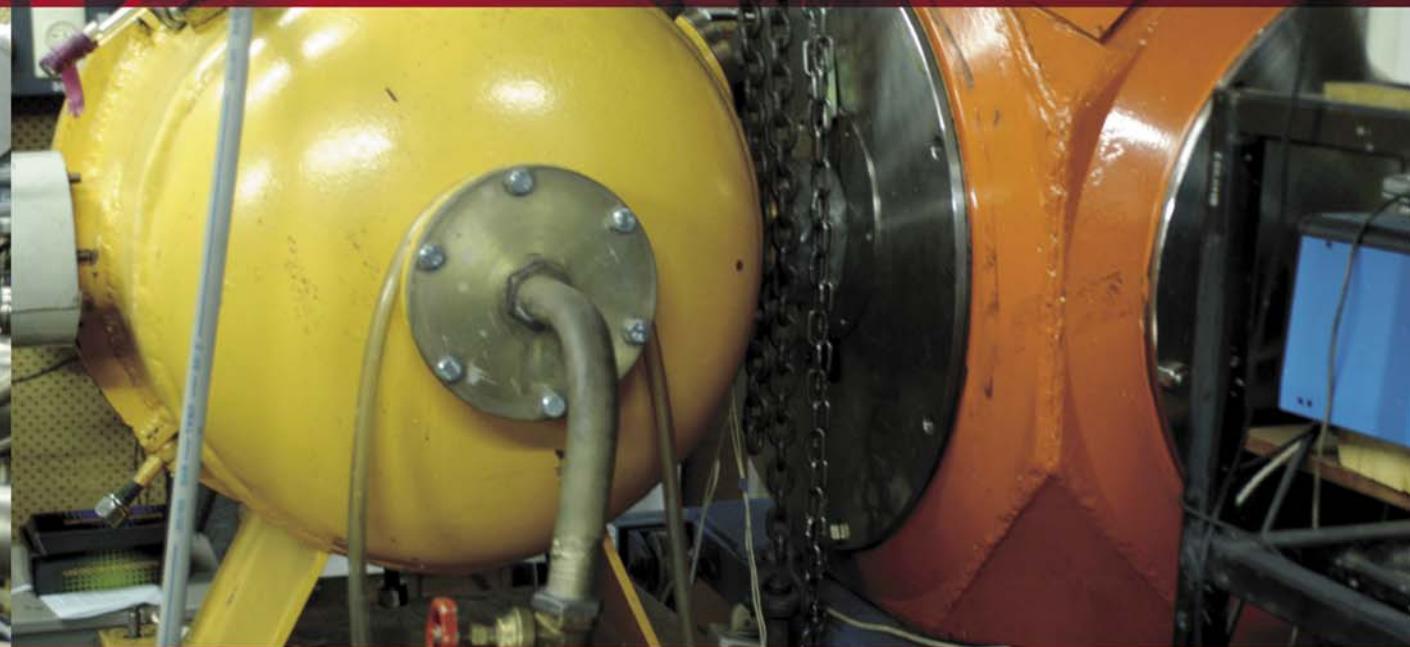
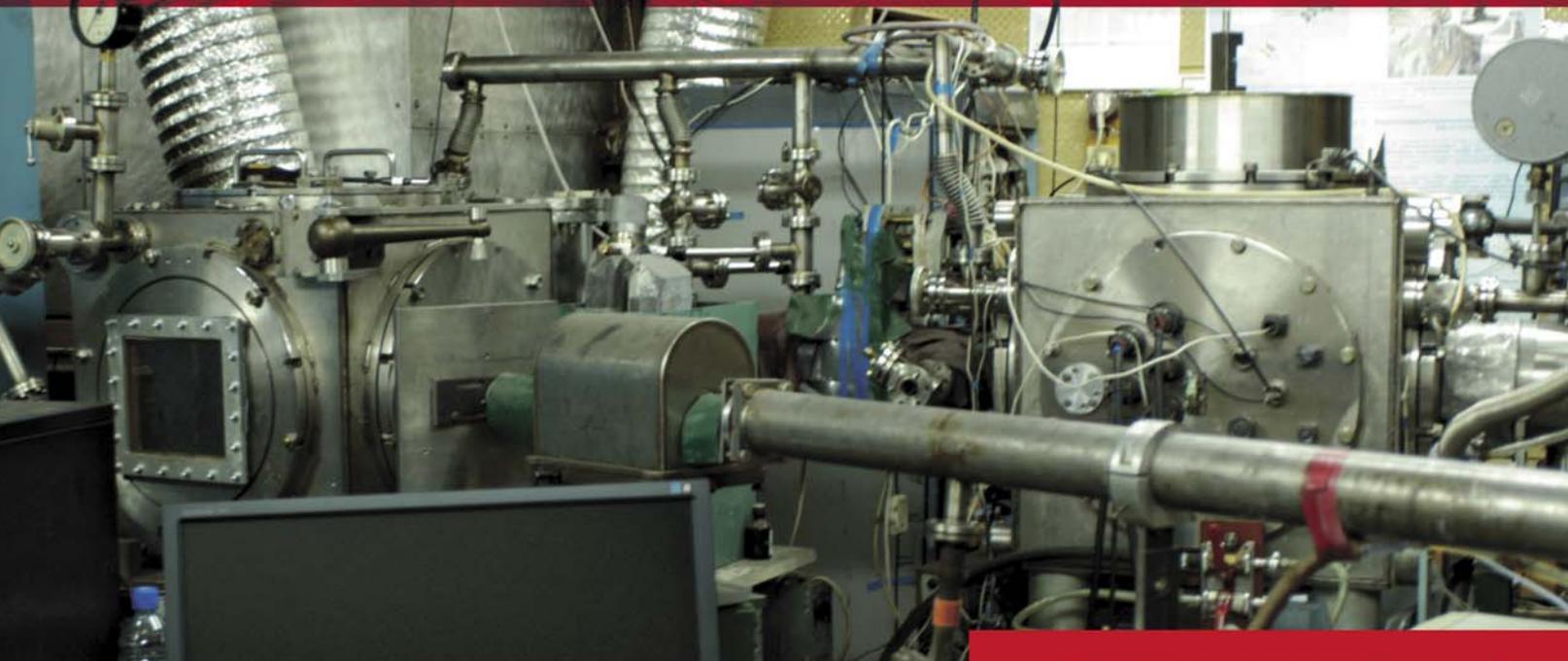
Таким образом, хотя эксперименты с использованием пучков синхротронного излучения ведутся в ИЯФе еще с 1973 г., для этих целей до сих пор – спустя более сорока лет! – используются ВЭПП-3/ВЭПП-4, т. е. не слишком яркие источники СИ 1-го поколения, работающие в рентгеновском диапазоне (длина волны от 0,01 до 1 нм) и энергией пучка 2 или 4 ГэВ.

Нужно отметить, что с запуском в 2003 г. 1-й очереди лазера на свободных электронах, источника мощных пучков терагерцового излучения, исследовательский арсенал института принципиально расширился, однако это не сняло проблемы создания более мощного источника СИ нового поколения, позволяющего проводить работы в рентгеновском диапазоне.

Для координации усилий, направленных на развитие исследований с СИ, эффективное использование источников СИ и повышение качественного уровня исследований 1 декабря 1981 г. на базе ускорительного оборудования и лабораторий ИЯФ СО АН СССР был создан Сибирский центр синхротронного излучения, в 1991 г. преобразованный в Сибирский международный центр синхротронного излучения (СибМЦСИ) – открытую лабораторию института, в деятельности которой могут принимать участие российские и зарубежные организации и лица. В 2003 г. заработала 1-я очередь лазера на свободных электронах, и в 2005 г. центр коллективного пользования был переименован в Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения (СЦСТИ)

В ускорительно-накопительном комплексе для генерации синхротронного излучения в ИЯФ СО РАН используются ВЭПП-3/ВЭПП-4, причем ВЭПП-3 является бустерным (промежуточным) ускорителем для коллайдера ВЭПП-4 (схема справа). Ускорение происходит от энергии 360 МэВ до энергии 2 ГэВ; в режиме накопителя ускоритель может удерживать пучки с энергией 2 ГэВ и током около 100 мА в течение длительного времени (5–6 ч). Именно в этом режиме и ведутся работы с использованием синхротронного излучения. Справа вверху – прямолинейный участок накопителя ВЭПП-3; внизу – вид экспериментального зала СИ на накопителе ВЭПП-4





Сегодня в мире работает несколько десятков крупных научно-исследовательских центров с источниками синхротронного излучения 3-го поколения, таких как британский *Diamond Light Source*, швейцарский *Swiss Light Source*, французский *Soleil* и другие, а два более «ярких» источника – американский *NSLS-2* и шведский *MAX-IV* – в настоящее время находятся в состоянии запуска. Все эти центры востребованы и работают с максимальной загрузкой; в них организованы экспертные системы выделения «пучкового времени»: на конкурсной основе – для исследователей, и платной – для остальных пользователей. Типичными платными потребителями являются крупные фармацевтические компании, создающие и тестирующие новые лекарственные препараты – это огромная, постоянная и дорогостоящая работа.

ИЯФ не может конкурировать с крупными центрами на «столбовых дорогах» – у нас не те характеристики пучка, которые были бы конкурентоспособны на «большом рынке». И если у кого-то из отечественных ученых или технологов есть конкретная, серьезная задача – например, протестировать новое лекарство, то им проще съездить в ту же Англию или во Францию, в Европейский центр синхротронного излучения (ESRF), участником которого является и наша страна.

Тем не менее и для наших далеко не «юных» источников хватает работы, как исследовательской, так и рутинной технологической. К примеру, сотрудники из Института катализа СО РАН постоянно анализируют здесь образцы новых катализаторов, которые планируется запускать в промышленное производство. Но главное наше достоинство, пожалуй, в том, что в ИЯФ синхротронное излучение в большей степени сохранило свой изначально нерегламентированный статус поискового инструмента, которым практически любой заинтересованный ученый может проверить свою, пусть даже слегка «безумную» идею.

В этом смысле очень важно то, что наши источники СИ расположены в таком необычном инфраструктурном объекте, как новосибирский Академгородок, т. е. в большом мультидисциплинарном окружении. И те же

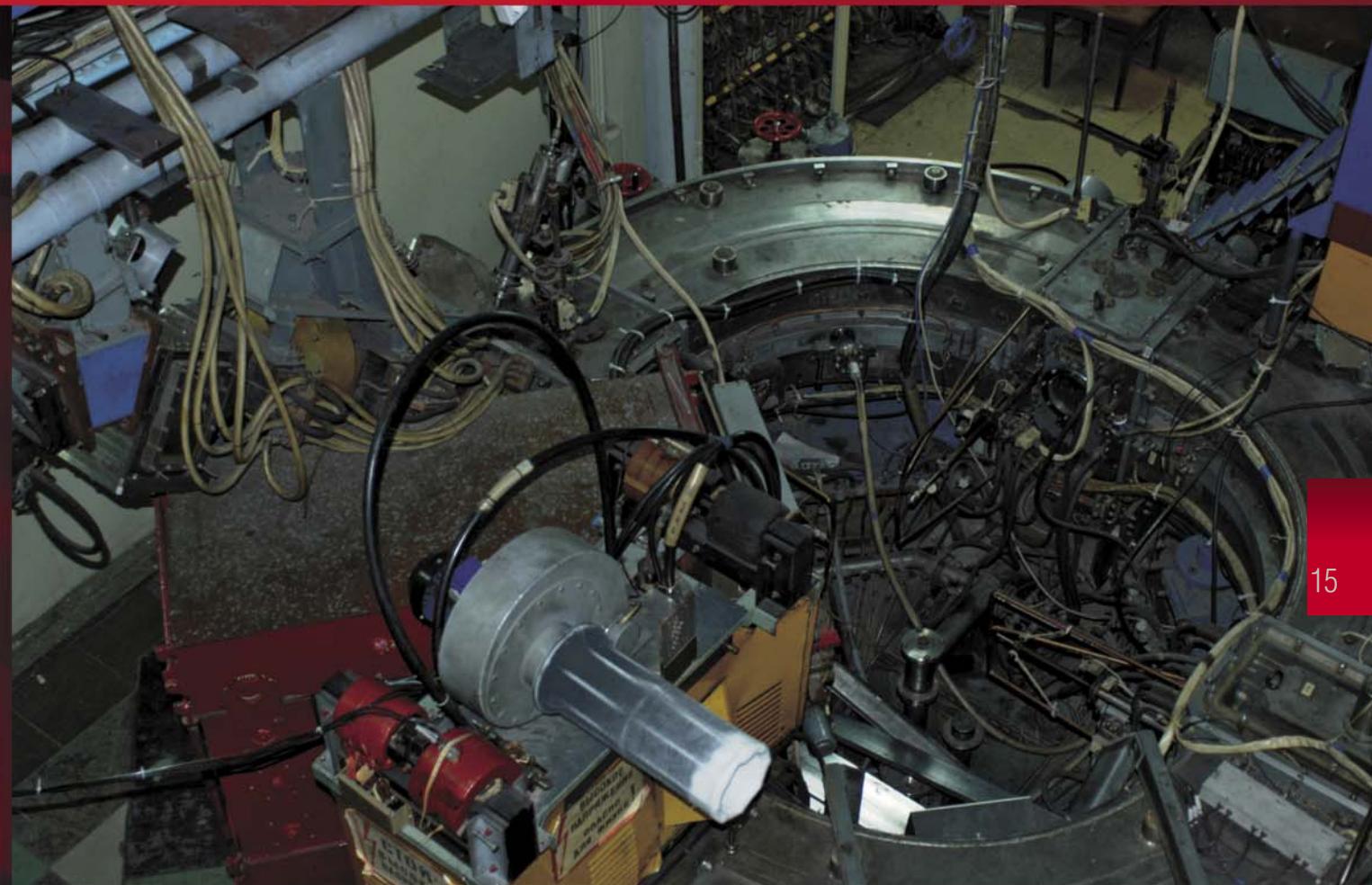
В бункере, где используется синхротронное излучение из накопителя ВЭПП-3, работа организована как в знаменитой сказке «Теремок»:

в тесноте, да не в обиде.

В экспериментальном зале площадью всего лишь 90 м<sup>2</sup> расположено 10 пользовательских станций, поэтому плотность оборудования здесь просто зашкаливает.

Вверху справа – уникальная первая станция «Детонация», состоящая из взрывной камеры и блока детектирования, в которой можно использовать заряды взрывчатых веществ весом до 50 г

А это уже «живая» история ускорительной физики – бустерный синхротрон Б-4, где идет предварительное ускорение электронных (позитронных) пучков до энергии инжекции (360 МэВ) в накопитель ВЭПП-3. Вероятно, это единственный в мире работающий синхротрон, достигший «антикварного» возраста



**Сегодня в Сибирском центре синхротронного и терагерцового излучения работает 12 станций синхротронного излучения и 4 станции терагерцового излучения. Основными целями и задачами центра является проведение фундаментальных и прикладных исследований в физике, химии (в том числе катализе), биологии, медицине, экологии, геологии, материаловедении, а также разработка новых методов и технологий и создание специализированных источников излучения и новых экспериментальных станций**

далекие от физики археологи, к примеру, могут практически «по-соседски» обратиться к нам и проанализировать любой артефакт, который их заинтересует. Ведь новые знания, как правило, появляются в результате комбинации уникальных пользовательских образцов и адекватных исследовательских инструментов, которые могут быть реализованы с использованием СИ.

Кроме того, у нас создаются и используются методики, которые в принципе затруднительно развивать в больших синхротронных центрах, в том числе из-за административно-организационных ограничений. Примером может служить изучение детонационных процессов с субмиллисекундным временным разрешением в специальной взрывной камере, расположенной прямо на канале вывода синхротронного излучения. Так как синхротронное излучение выходит не сплошным потоком, а в виде коротких вспышек, повторяющих временную структуру коротких электронных сгустков (в нашем случае длительность таких вспышек составляет 1 нс, а период повторения – около 100 нс), то, изучая особенности взаимодействия такого излучения с веществом, можно определять текущее состояние вещества с соответствующим временным разрешением. То есть за то мгновение, которое продолжается детонация, изучить характер химических процессов, происходящих в зоне движения детонационного фронта, динамику роста детонационных наноалмазов и другие интересные специалистам эффекты.

Первая экспериментальная станция «Детонация» была установлена на накопителе ВЭПП-3, а позже заработала и вторая станция на накопителе ВЭПП-4: в новой камере стало возможным изучать детонацию зарядов с массой до 200 г. Сейчас эта станция модернизируется: на ней планируется изучать влияние мощных лазерных плазменных импульсов на конструкционные материалы. Знания об этих процессах будут востребованы при проектировании будущих термоядерных реакторов.

Постоянно модернизируются и другие пользовательские станции. Так, благодаря установке новых фокусирующих линз удалось улучшить пространственное

разрешение рентгенофлуоресцентного элементного анализа, с помощью которого можно определить не только химический состав образца, но и пространственное распределение отдельных элементов. И хотя в этом направлении мы не можем конкурировать с другими синхротронными центрами, тем не менее и у нас удалось получить ряд интересных результатов. Например, сотрудники из иркутского Лимнологического института СО РАН обнаружили «отклик» элементного состава донных осадков на изменения климата, такие как циклы Миланковича, что позволяет использовать СИ для изучения палеоклимата. Подобные работы сейчас проводятся и на донных осадках алтайских озер, в частности, оз. Телецкое.

Еще один способ изучения состояния вещества в экстремальных условиях (при сверхвысоких давлениях в несколько гигапаскалей и температурах до тысячи градусов) – метод алмазных наковален, при котором образец зажимают между двумя алмазными острями. Таким способом можно в маленьком объеме добиться сверхвысоких давлений, тем самым моделируя поведение вещества на больших глубинах, в мантии или даже в центре Земли. «Хозяином» этой станции является новосибирский Институт химии твердого тела СО РАН.

Среди последних наших разработок – «метрологическая» станция «КОСМОС», предназначенная для тестирования спутниковой аппаратуры, и «ПЛАМЯ», которая создается совместно с новосибирским Институтом химической кинетики и горения СО РАН и предназначена для проведения исследований таких быстрых химических реакций, как горение.

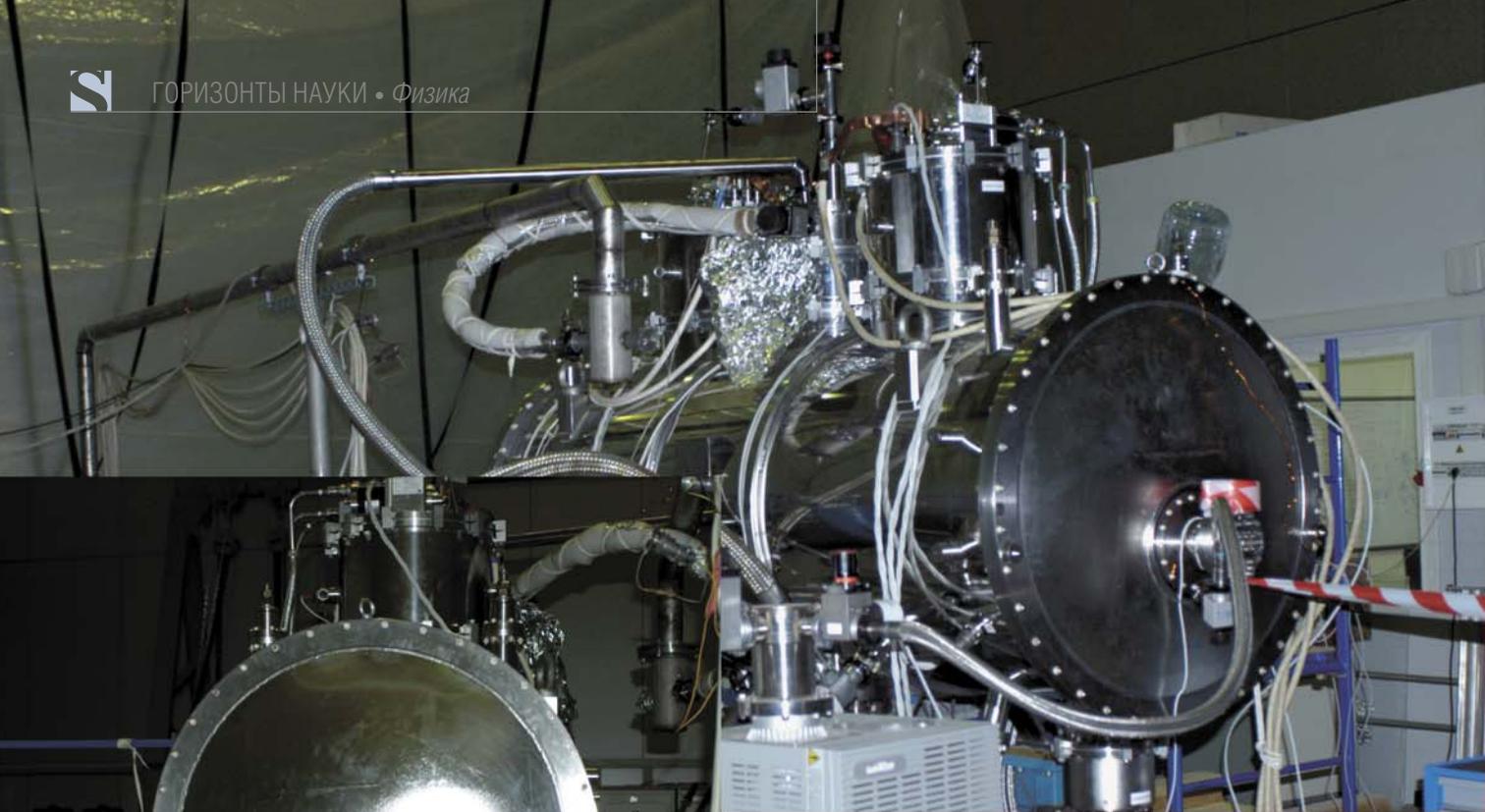
Однако место ИЯФ в «мире синхротронного излучения» не ограничивается ролью простого участника – в определенной степени он является и его активным строителем. ИЯФ практически стал мировым монополистом по созданию сверхпроводящих вигглеров – многополосных магнитов, создающих знакопеременное периодическое магнитное поле, которые устанавливаются в прямолинейные промежутки накопителей электронов для повышения интенсивности излучения. При этом новосибирские физики и инженеры обеспечивают весь цикл производства этого очень сложного устройства, от разработки и производства до тестирования и сборки на месте. Сегодня по всему миру, от Австралии и Бразилии до Америки, работает свыше 20 новосибирских вигглеров. Институт разработал, изготовил и поставил сверхпроводящие устройства практически для всех мировых центров синхротронного излучения, включая японский Spring-8, итальянский ELETTRA, канадский CLS, бразильский и австралийский синхротроны и единственный в России специализированный источник синхротронного излучения – Курчатковский синхротрон в Москве.

Новая станция для изучения детонационных процессов в зале СИ ВЭПП-4 рассчитана уже на заряды весом до 200 г.

Радиационный бокс станции «Рентгеновская фазоконтрастная микроскопия и микрофотография», работающий на пучках СИ из накопителя ВЭПП-4, сейчас используется для экспериментов по микропучковой терапии раковых опухолей совместно со специалистами ИЦиГ СО РАН (Новосибирск). На этой стадии работы эксперименты ведутся на лабораторных животных

Сейчас институтская группа, занимающаяся вигглерами, переориентируется на производство ондуляторов – сверхпроводящих устройств с большим числом полюсов и малым магнитным полем. В отличие от вигглеров, в этих устройствах излучение от отдельных полюсов идет в когерентном режиме, благодаря чему можно получить монохроматическое излучение с существенно большей спектральной яркостью. В подобных устройствах заинтересованы все современные центры. Например, предварительное соглашение о совместных работах в данной области заключено с британским «DLS».

Главной проблемой Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения было и остается отсутствие собственного специализированного источника СИ, при этом за последние десять лет было предложено, по крайней мере, пять (!) различных вариантов его создания. Все необходимые составляющие для этого, такие как опыт, технологии и производство, в ИЯФе есть. Отсутствует только плановое финансирование.



Этот сверхпроводящий вигглер с магнитным полем до 3 Тл и стоимостью около 1,4 млн евро, ИЯФ СО РАН создал для источника СИ «АНКА» (Германия). Вся работа заняла около полутора лет. В этом устройстве был впервые использован криостат с косвенным охлаждением магнитной системы, обеспечивающий надежность, экономичность и простоту криогенного обслуживания. Подобные вигглеры планируется использовать и в линейном коллайдере CLIC в ЦЕРНе

Надо сказать, что последний вариант нового источника отличается от всех предыдущих (и отвергнутых) тем, что он максимально экономичен. В проекте предусматривается использовать уже существующий тоннель, где сейчас располагается ВЭПП-3. Также предполагается расширить имеющийся экспериментальный зал, где будут расположены новые пользовательские станции. В качестве излучающих устройств планируется использовать сверхпроводящий вигглер и пару сверхпроводящих дипольных магнитов: специальная магнитная структура кольца будет сочетать предельную компактность с возможностью оптимизации яркости пучков.

В заключение хочется отметить, что за последние десятилетия в мире резко возрос интерес к исследованиям, проводящимся на стыке наук, и в нашем академическом центре сформировалось своего рода мультидисциплинарное научное сообщество, объединяющее исследователей из институтов новосибирского Академгородка и

других научных центров. Большая заинтересованность этих специалистов в исследованиях, проводимых с использованием СИ, гарантирует нескончаемый поток исследовательских материалов, защит, публикаций и, конечно, предельно эффективное использование всех имеющихся методов и установок. В новом источнике СИ должен быть заинтересован и Новосибирский государственный университет: в нашем синхротронном центре могут проходить практику студенты всех естественно-научных специальностей, как это делается во многих других университетах мира.

ИЯФ давно заслужил право перестать быть «сапожником без сапог», а Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения – получить свой специализированный источник СИ, в котором он остро нуждается. И для этого сейчас нужны лишь плановое централизованное финансирование и политическая воля. Несмотря ни на что, мы сохраняем оптимизм и веру в будущее.



НИКОЛЕНКО Антон Дмитриевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 47 научных работ

## КОСМОС и ПЛАМЯ

Станция синхротронного излучения КОСМОС была создана в 2007 г. в сотрудничестве с Государственным оптическим институтом (Санкт-Петербург). И первой работой, проведенной здесь, стала калибровка «Космического солнечного патруля» – набора спектрометров космического базирования, созданного в этом институте. Эти приборы предназначены для наблюдения за излучением Солнца в мягком рентгеновском и экстремальном ультрафиолетовом (ЭУФ) диапазоне – подобная информация крайне важна для исследований влияния солнечной активности на различные земные процессы, от погодных до биологических. Работать в земных условиях такие спектрометры не могут, поскольку атмосфера не пропускает излучение нужного диапазона, однако тестировать их приходится на Земле.

Так появилась наша станция – маленький кусочек «космического пространства», заключенный в вакуумную камеру, в которую приходит синхротронное излучение от коллайдера ВЭПП-4. Сочетание высокого вакуума и мощных потоков излучения создают в экспериментальных объемах станции условия, сходные с условиями околоземного космического пространства.

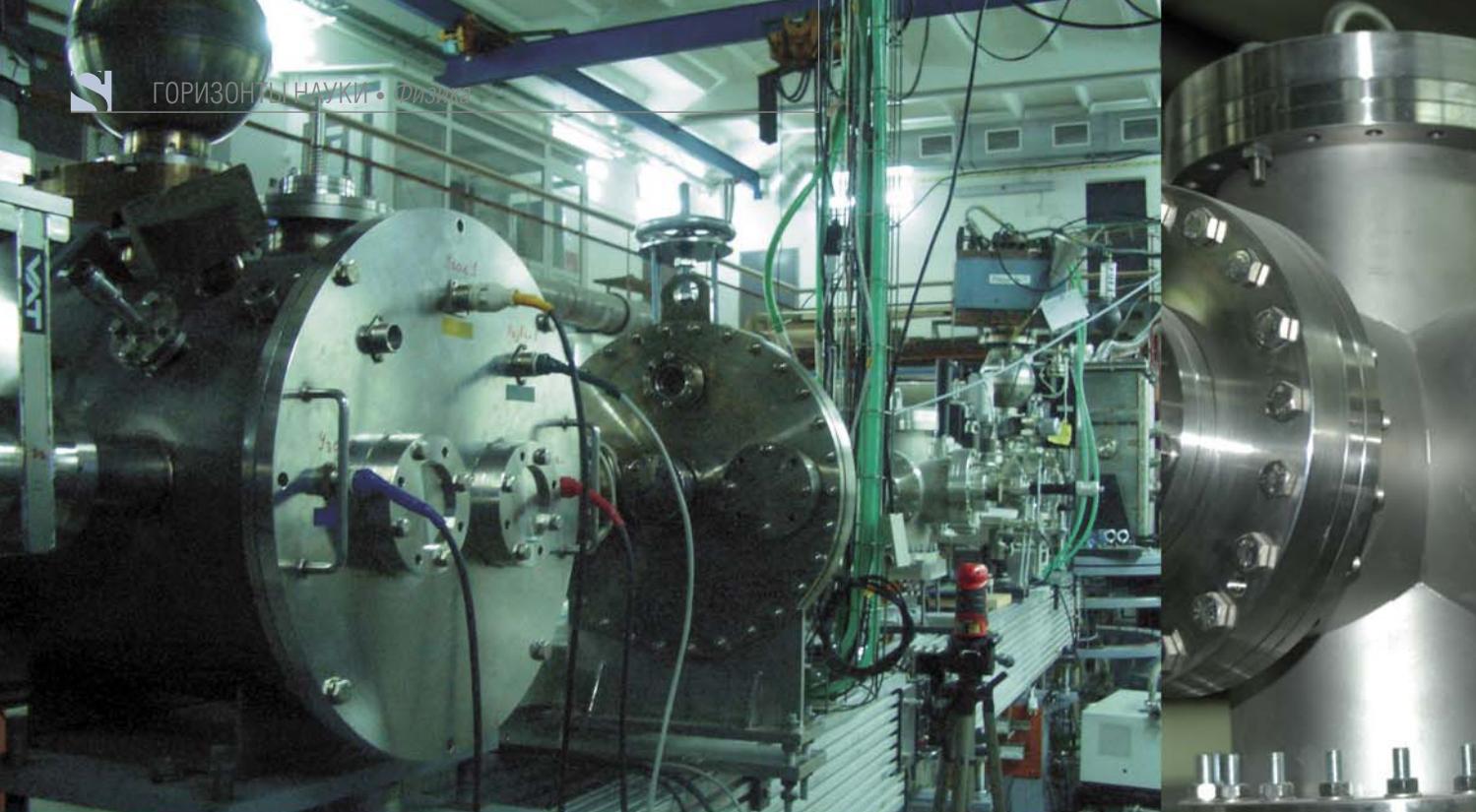
Синхротронное излучение обеспечивает поток фотонов в широком спектральном диапазоне – от видимого излучения до жесткого рентгеновского. Чтобы выделить из него фотоны с нужной энергией, на станции установлен монохроматор с дифракционными решетками и многослойными зеркалами. Сейчас мы используем многослойные зеркала собственного

производства, однако в будущем планируется перейти на оптику нижегородского Института физики микроструктур – лидера по производству подобной оптики в России, известного и в мировом научном сообществе. КОСМОС же на сегодня является единственной отечественной станцией синхротронного излучения, работающей для нужд метрологии в мягком рентгеновском и ЭУФ-диапазоне.

Сейчас в нашем экспериментальном «космосе» установлен технологический образец спутникового оборудования московского Института прикладной геофизики (Москва), созданный на НПО «Тайфун» (Обнинск). Этот прибор будет размещен на солнечной панели космической станции, которая обеспечит его постоянную ориентацию на Солнце. Правила космической технической приемки требуют для подобного рода устройств проведения обязательной калибровки, и именно мы даем прибору столь необходимый «билет на спутник». Наша станция также является единственной в России установкой, на которой можно провести подобную калибровку космического оборудования.

Пока мы отрабатываем методику калибровки на опытном образце, но уже к осени ожидается прибытие прибора, который должен отправиться на орбиту.

На станции ведутся и другие метрологические работы: здесь тестируются оптические элементы, работающие в излучении ЭУФ-диапазона, которые могут быть использованы для новейших технологий в производстве нанoeлектроники, а также детекторы, предназначенные для наблюдениями за лазерной плазмой в экспериментах по управляемому термоядерному синтезу. Плазма генерирует очень короткие и яркие



Станция ПЛАМЯ, в силуэте которой романтики усматривают сходство с конем, была разработана в ИХКиГ СО РАН и сейчас находится в стадии сборки. Работы по ее созданию начались два года назад, а первые измерения планируется получить уже ближайшей осенью. Все детали, устанавливаемые внутри станции, требуют тщательной промывки спиртом. А поскольку важной составляющей установки является вакуум, то во время работы постоянно требуется напряжение в 4 кВ для работы насосов и жидкий азот – для вакуумных ловушек. Станция будет выходить на рабочий режим в течение 10–12 ч



Создание космических условий в небольшой по размерам рабочей камере станции КОСМОС требует большой аккуратности и тщательного соблюдения вакуумной «гигиены». Важнейшая часть установки – довольно объемный монохроматор, выделяющий из пучка синхротронного излучения фотоны с требуемой энергией (на фото вверху); на фото внизу – процедура лазерной юстировки золотых фокусирующих зеркал монохроматора

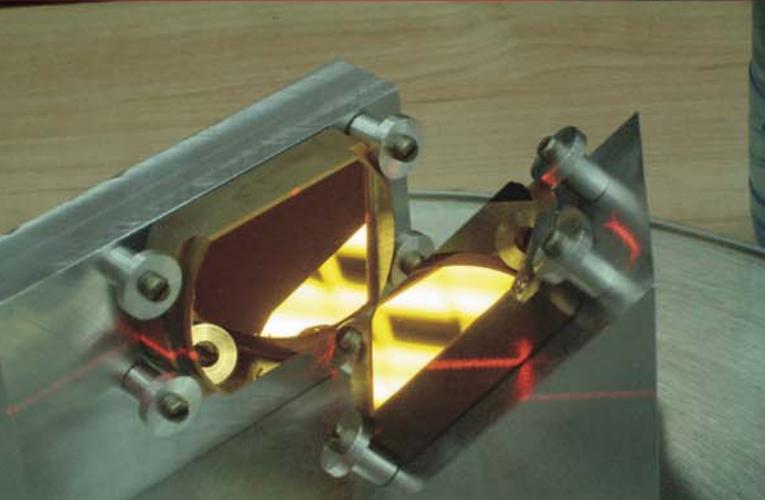


вспышки рентгеновского излучения, и чтобы «не ослепнуть», детектор должен обладать высоким быстродействием и низкой чувствительностью. Такие параметры детектора крайне затрудняют его калибровку на других установках, помимо нашей.

Тот же самый канал вывода синхротронного излучения, на котором установлена станция КОСМОС, используется и для другой станции с «говорящим» названием ПЛАМЯ, которая сейчас создается совместно с новосибирским Институтом химической кинетики и горения. Задача коллег из ИХКиГ СО РАН – собрать установку со встроенной горелкой для получения пламени, установить и запустить анализирующую аппаратуру. Наша – создать пучок синхротронного излучения с нужными параметрами, достаточно мощный и «чистый» по спектральному составу, который будет использоваться как тонко настраиваемый инструмент для выборочной ионизации продуктов горения.

Пламя – это весьма сложное явление: между началом возгорания органики до превращения ее в конечные продукты (в идеальном случае – вода и углекислый газ) происходят тысячи разнообразных химических реакций. Для организации правильного, наиболее эффективного и экологически чистого процесса сгорания необходимо тщательное изучение промежуточных стадий реакции. Обычно для ионизации продуктов реакции используется электронный пучок, однако его частицы недостаточно «выровнены» по энергии, и использование его в качестве тестирующего пучка имеет свои ограничения. Синхротронное излучение в этом смысле существенно отличается в лучшую сторону: с его помощью можно будет прицельно рвать строго определенные химические связи внутри молекул, что даст возможность не только определять химические вещества, образующиеся в ходе горения, но даже различать изомеры одного и того же состава!

Наше ПЛАМЯ станет третьей такой синхротронной станцией в мире после США и Китая и первой в России. Как ожидается, первым исследуемым объектом станет биодизельное топливо – возобновляемый энергоноситель, не нарушающий баланса парниковых газов в атмосфере.

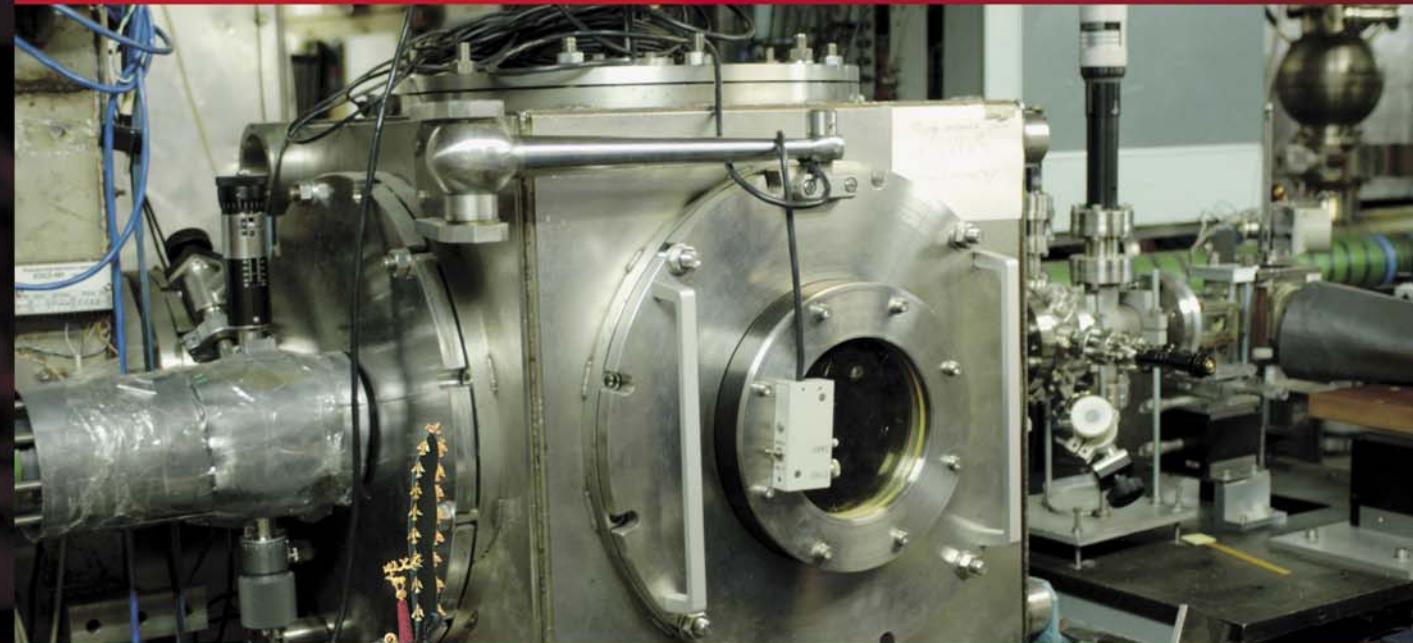




**ТРУНОВА Валентина Александровна** — кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН (Новосибирск)



**ПОЛОСЬМАК Наталья Викторовна** — член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии РФ (2004)



## Тайна медного волоса

Рентгенофлуоресцентный элементный анализ органических материалов с использованием синхротронного излучения, примененный к археологическим находкам, дает возможность приоткрыть завесу тайны над жизнью народов, давно ушедших с исторической арены.

К таким народам относятся древние пазырыкцы: «замерзшие» могилы этой культуры, датируемые концом IV — началом III в. до н. э., были открыты в 1990-х гг. на плато Укок Республики Алтай (Полосьяк, 1994, 2001; Молодин, 2001). В истории археологии подобные погребения представляют собой поистине редкую и драгоценную находку, так как в толще древнего льда прекрасно сохраняется все содержимое могил, включая человеческие мумии и предметы из органики. Среди поразительных находок из пазырыкских курганов особо следует отметить волосы и ногти погребенных людей, элементный состав которых может служить своего рода «химической» летописью их жизни, подобно годовым кольцам дерева.

Данные анализа волос древних пазырыкцев из могильников Ак-Алаха 3 и Верх-Кальджин 2 показали аномально высокое содержание меди и соотношение Cu/Zn на фоне большой половозрастной изменчивости (Polosmak *et al.*, Trunova, Zvereva, 2010). Наименьшая концентрация этого элемента была зафиксирована у детей, самая большая — у мужчин. Как известно, избыток меди в организме может провоцировать такие серьезные нарушения здоровья, как диабет, атеросклероз, болезни печени, болезнь Альцгеймера и другие нейродегенеративные нарушения. Не исключено, что именно этот фактор внес свою лепту в продолжительность жизни пазырыкцев, которая предположительно не превышала сорока лет.

Но откуда бралась эта избыточная медь? На основе имеющихся данных была выдвинута гипотеза, что причина этого явления крылась не в условиях окружающей среды, а в культурной традиции воскурения конопли из бронзовых курильниц, что и было подтверждено анализом конопли



Археологические материалы позволяют реконструировать процесс воскурения конопли в древности, который, по словам Геродота, проходил в «скифских банях». Шатер представлял собой шерстяной войлок, натянутый на деревянную треногу, а конопля находилась в бронзовой курильнице вместе с горячими камнями. При медленном тлении конопли образовывались пары, содержащие токсические металлоорганические компоненты.  
*Рис. Е. Шумаковой*



Станция рентгенофлуоресцентного элементного анализа в ИЯФ СО РАН (Новосибирск)

В медном котелке из 2-го пазырыкского кургана были обнаружены обугленные семена и веточки конопли — следы воскурений (внизу).

*Государственный Эрмитаж.*

Слева — реконструкция Д. Позднякова (Новосибирск)

из курильницы, обнаруженной в одном из больших Пазырыкских курганов. Вдыхая пары конопли, люди постепенно отравлялись парами меди, а более высокие концентрации меди в волосах мужчин свидетельствуют о более высокой частоте и длительности воскурений в течение жизни.

Совсем иные результаты были получены при анализе волос и других органических материалов из курганов хунну в горах Ноин-Ула в Северной Монголии. В этих образцах были обнаружены увеличенные концентрации ряда металлов: меди, железа, марганца. В отличие от «замерзших» могил пазырыкцев, все предметы из хуннских захоронений долгое время находились в жидкой озерной глине, использованной при постройках кургана. Комплексные исследования с помощью ряда методик с использованием синхротронного излучения показали, что в данном случае во влажной среде произошел перенос химических элементов от металлических вещей в органические материалы, находящиеся по соседству (Trunova *et al.*, 2014; 2015).



ПОЛОСЬМАК Наталья Викторовна – член-корреспондент РАН, доктор исторических наук, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Лауреат Государственной премии РФ (2004)



КУПЕР Константин Эдуардович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН и ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения» (Новосибирск)

## Палицы или ручки гроба?

Высокая проникающая способность рентгеновского излучения дала исследователям уникальный инструмент для исследования объектов без их разрушения, поэтому такие исследования часто являются единственным способом изучения внутреннего строения объектов в таких областях науки, как медицина, геология, археология и др. В том числе рентгеновская микроскопия позволила получать данные о структуре объекта с микронным и субмикронным разрешением за доли секунды. В Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (Новосибирск) рентгеновской микроскопией с использованием синхротронного излучения начали

заниматься еще в 1970-х гг., однако экспериментальная установка «Рентгеновская фазоконтрастная микроскопия и микротомография» на основе современных цифровых детекторов и рентгенооптических элементов, позволивших существенно поднять пространственное разрешение, заработала с 2005 г.

Используя комплекс методик, включающий в себя рентгеновскую и электронную сканирующую микроскопию, а также рентгеноструктурный анализ были исследованы одни из наиболее загадочных предметов, обнаруженных в курганах хунну – массивные медные стержни, закругленные на концах.

В некоторых курганах хуннской знати, захороненной в горах Ноин-Ула на севере Монголии, были обнаружены необычные металлические стержни, по виду медные, назначение которых стало предметом спора археологов.

На фото – стержни из 20-го ноин-улинского кургана, обнаруженные Российско-Монгольской археологической экспедицией в 2006 г.



Этот металлический стержень был найден в 22-м ноин-улинском кургане на полу внутренней погребальной камеры под слоем шелкового текстиля. Раскопки 2012 г.

Первый исследователь ноин-улинских курганов П. К. Козлов не оставил в своих отчетах и дневниковых записях никаких предположений насчет этих металлических предметов. Позднее А. Н. Бернштам, а вслед за ним и С. И. Руденко считали их бронзовыми палицами «чи» – оружием для ближнего боя, описание которого имеется в письменных китайских источниках (Руденко, 1962). Недавно на основе результатов раскопок кургана хунну в пади Царам в Забайкалье было высказано предположение, что эти стержни представляют собой «поручни», которые с помощью «кожаных шнуров крепились к стенкам гроба, для чего в гроб были вбиты железные кольца с шипом» (Миняев, 2010, с. 18). К настоящему времени многие археологи согласились с этим мнением, хотя до сих пор некоторые исследователи продолжают считать эти артефакты предметами вооружения хунну: «такой булавой можно было нанести оглушающий удар противнику по голове» (Никонов, Худяков, 2004, с. 64).

Раскопки ноин-улинских курганов, проводившиеся в последние годы, не прояснили, а только усложнили ситуацию. Так, в 2012 г. аналогичный медный стержень был найден на полу внутренней погребальной камеры под слоем шелкового текстиля. И хотя в этом кургане гроб сохранился полностью, никаких следов отверстий или железных колец на его стенках не было обнаружено (Полосьмак и др., 2013). Впрочем следы крепления поручней на стенках гроба не были обнаружены и в случае других известных находок гробов в могилах хунну, хотя подобные металлические стержни обнаруживаются практически во всех элитных погребениях хуннской знати.

Признание этих предметов в качестве поручней гроба никак не поясняет тот факт, что для их изготовления применялась очень сложная технология: под внешней бронзовой оболочкой в них прячется железная сердцевина, что отмечал еще С. И. Руденко. Кроме того, в двух погребениях были обнаружены лишь тонкие железные стержни без медной оболочки (Полосьмак, Богданов, 2009; Treasures..., 2011). Авторы последней находки высказали предположение, что «этот железный прут, возможно, имеет отношение к железным прутам, покрытым бронзой, найденным в других элитных хуннских



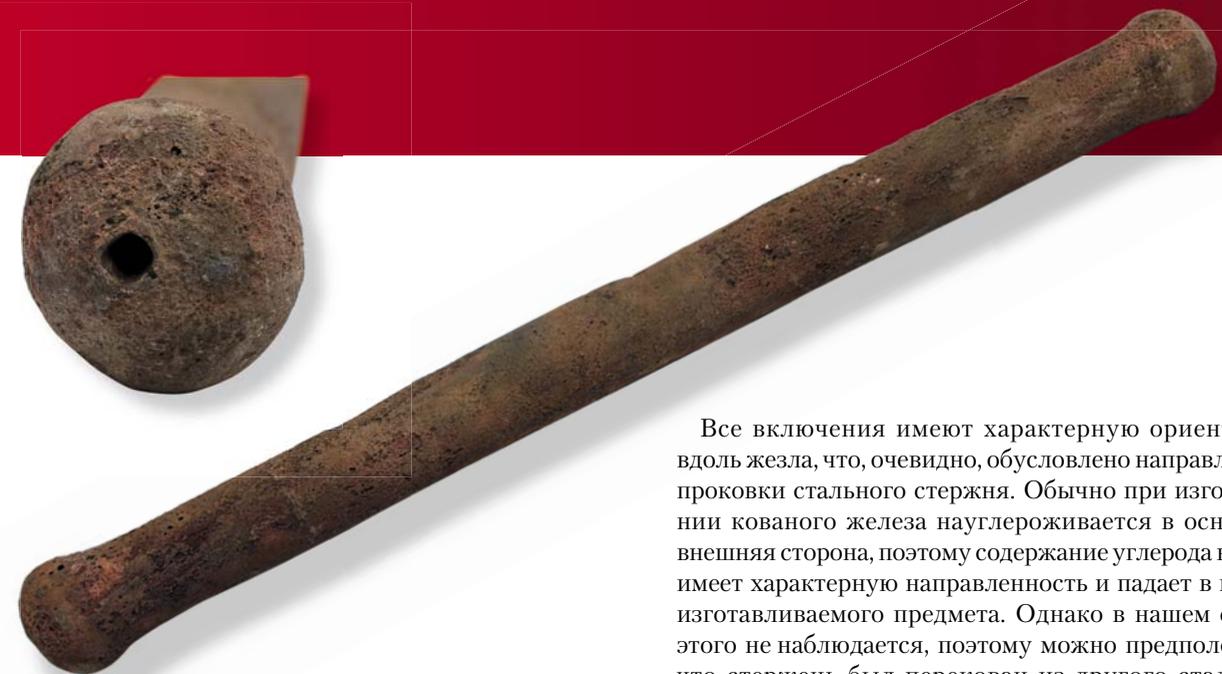
Металлический стержень из 22-го ноин-улинского кургана хунну имеет стальную сердцевину и медную оболочку. Как показало комплексное исследование, медь была нанесена заливкой из расплава в отливочную форму, при этом внутренний стальной прут был зажат с торцов между двух чугунных пластин, о чем свидетельствуют отверстия на закругленных концах стержней



погребениях, но назначение этих прутьев все еще обсуждается» (Miller *et al.*, 2009, p. 309).

Исследование уникальных находок с использованием синхротронного излучения показало, что медь, покрывающая артефакт, была нанесена заливкой из расплава в отливочную форму, о чем

свидетельствуют наплавы на внутренней стороне изделия. Пористая структура оболочки свидетельствует о фактически моментальном затвердевании меди в теле отливочного тигля. При этом внутренний стальной прут был зажат с торцов в отливочной форме между двух чугунных пластин.



На основе рентгеноструктурного анализа во внутреннем стальном пруте было определено соотношение фаз цементита (карбида железа  $Fe_3C$ ) и феррита ( $\alpha-Fe$ ) и, соответственно, содержание углерода в стальном стержне, которое варьировало в диапазоне 0,1–0,4%. Абсолютно разнонаправленная ориентация кристаллитов феррита и цементита свидетельствовала об отсутствии механических напряжений в образце.

В составе стальной сердцевины были обнаружены небольшие (менее 0,1%) примеси марганца, никеля и меди, а в составе оболочки – небольшие примеси серебра (0,5%), свинца (0,3%), сурьмы и олова (не более 0,1%). Наличие этих примесей вполне характерно для железных и медных руд.

В медной оболочке были отмечены микровключения сульфида меди ( $Cu_2S$ ) округлой оплавленной формы с характерными размерами в 20–30 мкм. Сульфид меди распространен в природе в виде минерала халькоцита, который, очевидно, и был использован в качестве руды. Для получения меди из измельченной халькоцитной руды необходима продувка кислородом при температурах 1200–1300 °С, что подразумевает наличие сложного металлургического производства, включая специально оборудованную печь, оснащенную мехами (Hauptmann, 2000).

Микровключения, обнаруженные в образцах стали (вюстит, фаялит и аморфизованный кварц), представляют собой остатки шлака и характерны для производства кричного железа (Buchwald *et al.*, 2000). Фаялит присутствует во включениях в виде рекристаллизовавшейся из расплава фазы с примесями оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов, а поскольку температура его плавления лежит в пределах 1100–1200 °С, этот факт говорит о том, что железо было получено в тех же температурных условиях, что и медь.

Все включения имеют характерную ориентацию вдоль жезла, что, очевидно, обусловлено направлением проковки стального стержня. Обычно при изготовлении кованого железа науглероживается в основном внешняя сторона, поэтому содержание углерода в стали имеет характерную направленность и падает в центре изготавливаемого предмета. Однако в нашем случае этого не наблюдается, поэтому можно предположить, что стержень был перекован из другого стального предмета.

К сожалению, даже такая детальная информация об этих таинственных артефактах не позволила точно установить их назначение. Интересно, что ни в одном из погребений ханьского времени на территории Китая таких биметаллических предметов обнаружено не было, а упоминаний про «ручки гроба» нет и в китайских письменных источниках. Поэтому не исключено, что они были принадлежностью исключительно культуры хунну и изготавливались только для них. С другой стороны, назначение этих предметов могло быть вполне утилитарным: гробы опускались в глубокие шахты элитных могил с помощью лебедки и, возможно, эти изделия являлись частью конструкции из веревок и ремней, поддерживающих гроб в нужном положении. После установки гроба в погребальной камере стержни вместе с ремнями оставались рядом с ним. Во многих культурах все предметы, использованные в погребальном обряде, остаются в могиле – их возвращение в мир живых считается опасным.

#### Литература

- Козлов П. К. Дневники Монголо-Тибетской экспедиции 1923–1924 // *Научное наследие*. Т. 30. СПб.: Наука, 2003. 1037 с.
- Руденко С. И. *Культура хуннов и ноин-улинские курганы*. М.; Л.: Изд.-во АН СССР, 1962. 203 с.
- Полосьмак Н. В., Богданов Е. С., Цэвээндорж Д. *Двадцатый ноин-улинский курган*. Новосибирск: Инфолио, 2011. 184 с.
- Полосьмак Н. В., Богданов Е. С. *Исследование ноин-улинского кургана № 31 (Северная Монголия) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы Годовой сессии Ин-та археологии и этнографии СО РАН*. Новосибирск: Изд.-во ИАЭТ СО РАН, 2009. Т. XV. С. 372–376.

# Diamond Light Source —

Courtesy  
of Diamond Light  
Source

## британский «алмаз» синхротронного излучения

В феврале 2015 г. в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН состоялся российско-британский круглый стол «Новые горизонты ускорительной техники: настоящее и будущее ярких источников синхротронного излучения», организованный Отделом науки и инноваций Посольства Великобритании в России с участием профессоров Р. Уолкера, Э. Харрисона и А. Серого с британской стороны и ведущих сотрудников ИЯФ СО РАН (Новосибирск) и Курчатовского института РАН (Москва). Традиции подобного сотрудничества идут с начала 1970-х гг., когда английские исследователи, не имевшие в ту пору собственного источника СИ, приезжали в новосибирский Академгородок по обмену. Новосибирские физики, в свою очередь, участвовали в создании крупнейшего в Великобритании синхротронного центра «Diamond Light Source». Руководители этого центра, профессора Эндрю Харрисон и Ричард Уолкер, на встрече с редакторами журнала «НАУКА из первых рук» рассказали о принципах организации работы и основных направлениях деятельности «британского алмаза», а также о широком спектре предоставляемых услуг, которыми – на конкурсной основе – могут воспользоваться исследователи не только из Великобритании, но и других стран мира, в том числе России

**Ключевые слова:** рентгеновские методы исследования, источник синхротронного излучения, Оксфорд, Даймонд.  
**Key words:** X-ray investigation facilities, synchrotron radiation, Oxford, Diamond Light Source

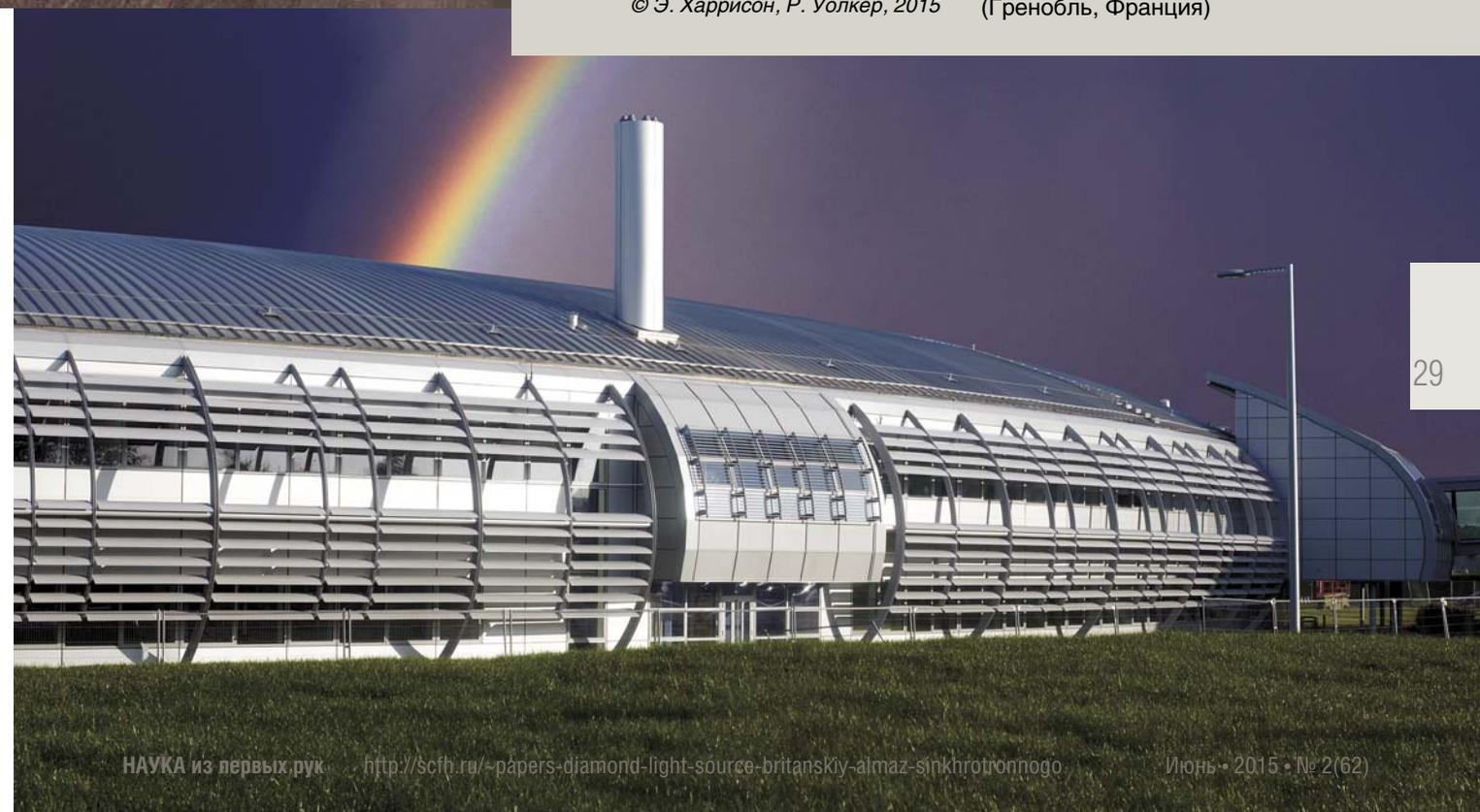


УОЛКЕР Ричард – технический директор компании «Diamond Light Source Ltd» (Оксфордшир, Великобритания) с 2002 г. Приглашенный профессор физики в Университете Оксфорда

© Э. Харрисон, Р. Уолкер, 2015



ХАРРИСОН Эндрю – профессор, специалист в области химии твердого тела, с 2013 г. – генеральный директор компании «Diamond Light Source Ltd» (Оксфордшир, Великобритания). Ранее работал генеральным директором источника нейтронов Института Лауэ-Ланжевена (Гренобль, Франция)



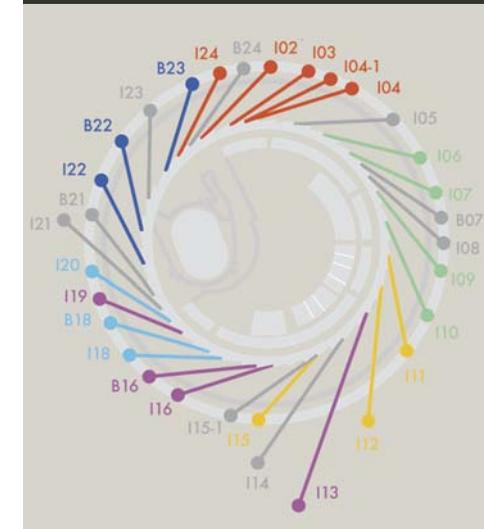
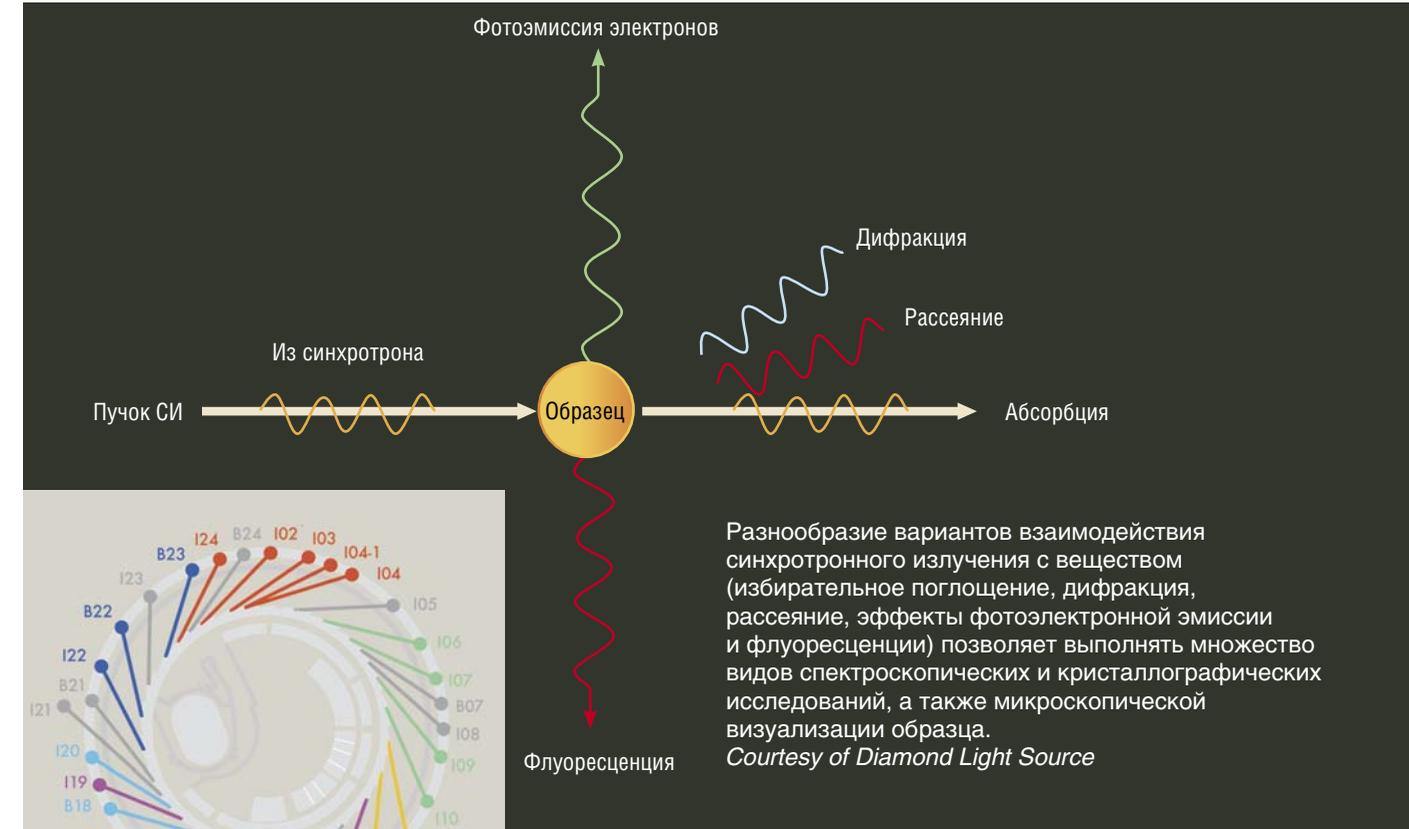


Ускорительный комплекс *Diamond Light Source* производит синхротронное излучение в диапазоне от рентгеновского до инфракрасного. Накопительное кольцо представляет собой 24-периодную структуру периметром 562 м, энергия электронного пучка – 3 ГэВ. Затраты на строительство комплекса составили 260 млн фунтов, годовой бюджет, включая затраты на исследования и эксплуатационные расходы, – 50 млн фунтов. Сегодня здесь работает 25 пользовательских станций разной специализации (справа), еще восемь находятся в стадии разработки. *Courtesy of Diamond Light Source*

Синхротронное излучение исторически, как известно, явилось «побочным продуктом» исследований в физике высоких энергий, поэтому первоначально его источником служили лишь ускорители, предназначенные для исследования элементарных частиц, дававшие весьма ограниченный выход СИ. Последующая реконструкция таких ускорителей путем создания специальных кольцевых накопителей полностью не решила проблемы, поскольку при этом можно было использовать только пучки частиц относительно малых энергий.

Первый в мире источник второго поколения, предназначенный исключительно для получения синхротронного излучения, – ускоритель электронов до энергии 2 ГэВ с кольцевым накопителем, был построен близ Дарсбери в английском графстве Чешир и успешно проработал с 1981 по 2008 г. Его эстафету принял ускорительный комплекс *Diamond Light Source* (DLS), ставший крупнейшим научным проектом Великобритании за последние сорок лет. DLS относится уже к источникам СИ 3-го поколения, которые

Компания «Diamond» была основана в 2002 г. как совместное венчурное предприятие с ограниченной ответственностью, финансируемое правительством Великобритании в рамках Совета научно-технических организаций (STFC) и треста *Wellcome Trust*, которые владеют 86% и 14% акций соответственно. На сегодня здесь работает свыше 500 человек – ученых, инженеров, техников и вспомогательного персонала из более чем 40 стран мира. На деятельность компании влияют комитеты, представляющие основные группы заинтересованных сторон, в том числе Консультативный комитет по науке, Комитет пользователей и Комитет промышленной науки

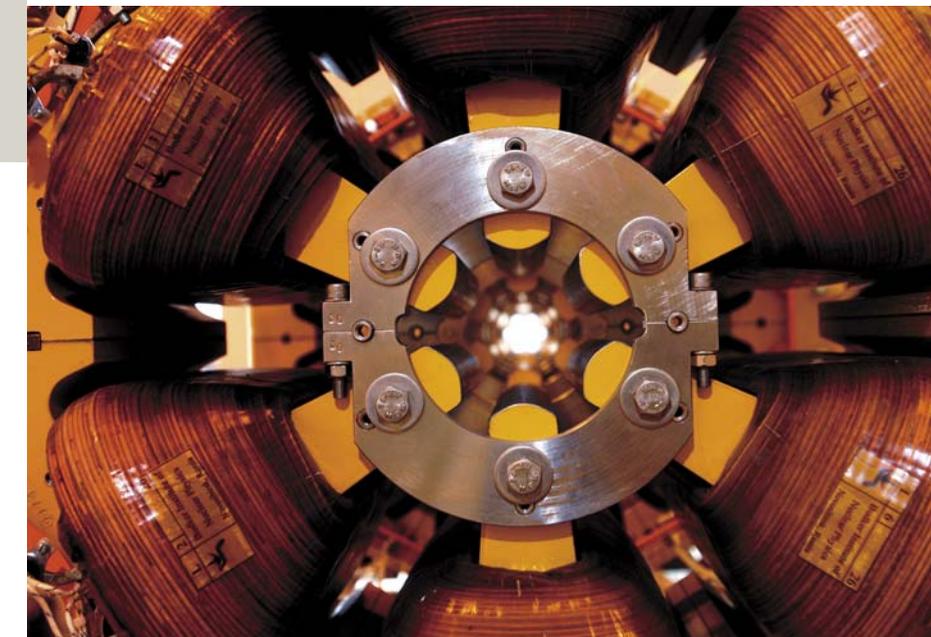


**Специализация рабочих станций**

- Кристаллография макромолекул
- Исследование аморфных сред
- Спектроскопия
- Исследование материалов
- Экстремальные условия
- Исследование поверхности
- В тестовой эксплуатации

характеризуются более высокой спектральной яркостью и пространственной когерентностью излучения благодаря использованию специализированных вставочных устройств (вигглеров и ондуляторов) и поворотных магнитов.

Строительство DLS началось в Южном Оксфордшире в марте 2003 г., а уже в январе 2007 г.



Последовательность таких шестиполюсных электромагнитов, разработанных и изготовленных в ИЯФ СО РАН, направляет пучок электронов в циклотроне DLS. *Courtesy of Diamond Light Source*



## От хрупких белковых кристаллов...

DLS начал свою деятельность с трех пользовательских линий для кристаллографического исследования макромолекул. Это было вызвано высоким «спросом», так как в Великобритании сложилось очень активное сообщество структурных биологов. Рентгеновская кристаллография, начавшаяся в 1912 г. с работ У.-Г. и Л. Брэггов, позволяет использовать для определения точного положения атомов внутри объекта дифракционную картину, получающуюся при «освещении» любого кристаллизованного образца рентгеновскими лучами. Именно с помощью рентгеновской кристаллографии была открыта знаменитая двойная спираль ДНК, сегодня же этот метод широко используется для изучения самых разных биомолекул и более сложных биологических объектов, таких как вирусы, а также при разработке нанотехнологических материалов и т. п.

Внутри синхротронного кольца DLS сегодня располагается уникальная лаборатория для исследования мембранных белков. Дело в том, что четверть всех известных на сегодня белков встроены или ассоциированы с мембранами клеток или клеточных органелл, и именно эти белки являются мишенью для более чем половины всех современных лекарственных препаратов. Для рентгеноструктурного анализа белки обычно переводятся в кристаллическую форму, однако кристаллизация мембранных белков представляет собой реальную проблему. И то, что лаборатория находится буквально в паре метров от пучка СИ, очень помогает при изучении таких «нежных» белковых образцов.

Роботизированные системы позволяют за день подвергать рентгеноструктурному анализу сотни образцов, причем половина всех измерений проводится в режиме удаленного доступа. *Courtesy of Diamond Light Source*



Для определения структуры нативных белков и нуклеиновых кислот используется вакуумный рентгеновский дифрактометр. Проведение исследования в вакууме необходимо, так как в воздухе «мягкие» рентгеновские лучи сильно рассеиваются. *Courtesy of Diamond Light Source*

открыли свои двери для пользователей первые рабочие станции комплекса. Нужно отметить, что в его строительстве принимали участие и российские специалисты, в том числе из новосибирского Института ядерной физики СО РАН, который поставил 168 шести полюсных магнитов и два сверхпроводящих вставочных устройства для рабочих линий I-12 и I-15, построенных на первом этапе строительства центра.

Когда DLS начал работать, он был одним из самых ярких источников синхротронного излучения в мире: на этом ускорителе синхротронного типа электроны разгоняются до энергии 3 ГэВ, а благодаря специализированным вставочным устройствам производится синхротронное излучение в 10 млрд раз ярче солнечного, в широком диапазоне длин волн ( $6 \cdot 10^{-12}$ – $2 \cdot 10^{-3}$  м). Такие характеристики СИ позволяют получать с его помощью информацию на атомном уровне и, при необходимости, в режиме реального времени, что дает возможность решать широкий ряд задач в самых актуальных областях современной науки и технологии, от структурной биологии до катализа и нанотехнологий.

## ЗДОРОВОЕ НАСТОЯЩЕЕ

Более 40% исследований, проводимых сегодня на британском ускорительном комплексе DLS, относятся к наукам о жизни. Здесь изучается атомная и молекулярная структура вирусов и бактерий, вызывающих заболевания человека и животных, исследуются клеточные процессы, приводящие к возникновению патологий, а фармацевтические компании тестируют потенциальные лекарственные средства.

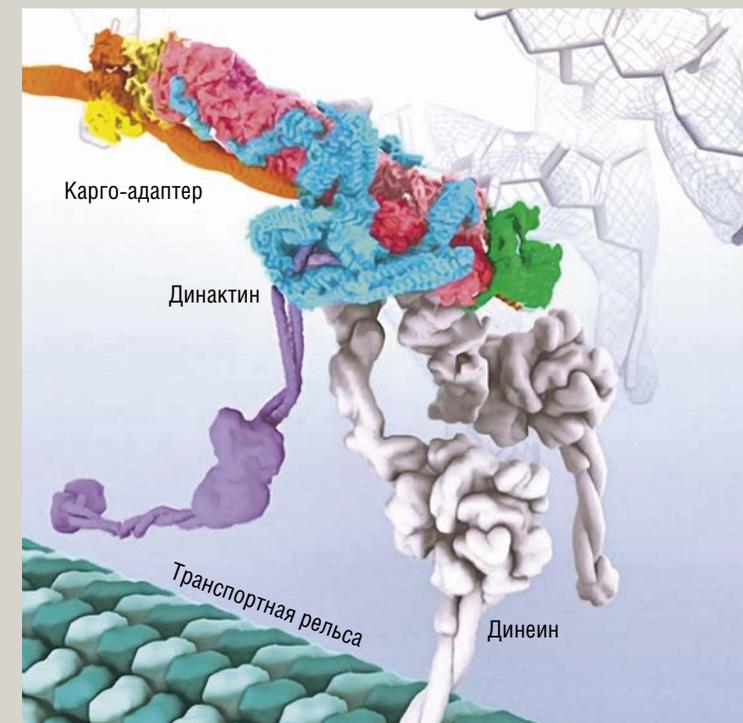
Одной из глобальных проблем современного здравоохранения является возникновение у микроорганизмов (от бактерий до грибов) устойчивости к химиопрепаратам, в том числе лекарственная устойчивость бактерий к антибиотикам. Поскольку механизмы возникновения подобной устойчивости очень различны, то и способы борьбы с ними должны быть разными. Исследования грамотрицательных бактерий, вызывающих широкий спектр инфекций, от сальмонеллеза и гонореи до менингита, показали, что их наружная поверхность покрыта настоящим камуфляжем из молекул липосахаридов, которые скрывают бактерию от иммунной системы организма и служат барьером против антибиотиков. С помощью СИ удалось точно определить структуру бактериального белка, ответственного за окончательный этап создания этого «защитного щита». На основе этих результатов можно создать новое поколение антибиотиков, активных в отношении широкого спектра возбудителей (Dong *et al.*, 2014).

Еще одним шагом в понимании механизмов, помогающих бактериям «обманывать» иммунную систему человека, является исследование структуры и действия «молекулярной линейки», регулирующей синтез полисахаридных полимеров бактериальных оболочек. Этот процесс сродни отрезанию куска ткани от рулона: когда полимер вырастает до определённой длины, его синтез останавливается. Хотя концепция «молекулярной линейки» восходит к началу 1970-х гг., сам этот белок удалось визуализировать на молекулярном уровне впервые с помощью СИ. И хотя эта работа относится к области структурной биологии, она может дать химикам элегантное решение для контроля над полимеризацией, что является проблемой для многих производственных процессов (Hagelueken *et al.*, 2014).

Сегодня около трети населения земного шара инфицированы туберкулезной палочкой: после ВИЧ эта бактерия убивает больше людей, чем любая другая инфекция. С каждым годом все чаще встречается и лекарственно-устойчивая форма туберкулеза – такие бациллы гораздо агрессивнее и живучее, чем обычные. Проблема борьбы с инфекцией в том, что эти бациллы покрыты особым защитным восковым налетом. Фермент, участвующий в производстве этого вещества, был открыт еще 18 лет назад, однако на получение единственного кристалла бактериального белка меньше булавочной головки у ученых из Окс-

фордского университета и Кингстона ушло около 15 лет работы! Анализ этого поистине драгоценного кристалла с помощью СИ позволил установить симметрию и четкую пространственную структуру белка, который должен стать потенциальной мишенью для новых противотуберкулезных лекарств.

Большие фармацевтические перспективы имеют и результаты исследования транспортного механизма наших клеток. Одним из ключевых компонентов такой транспортной сети является белковый комплекс динеин, который работает как маленький «мотор», перенося различные грузы по клетке. Однако динеин транспортирует не только «полезный груз», такой как митохондрии или молекулы мРНК, несущие информацию о составе новых белков, но и токсичные элементы. Среди последних – агрегированные белки, которые вызывают гибель нервных клеток, что приводит к развитию деменции и болезни Паркинсона. Кроме того, динеин могут захватывать вирусы (например, из семейства герпесвирусов), которые таким образом попадают в ядра



Модель структуры транспортного комплекса, состоящего из цитоплазматического белкового динеина, связанного через карго-адаптер аппарата Гольджи с белком динактином. Динеин опускается вниз, чтобы связаться с транспортной «рельсой», вдоль которой он будет тащить свой груз. На заднем плане – икебана из электронных структур комплекса, полученных методом криоэлектронной микроскопии. *Дизайнер – Джанет Иуоце (Janet Iwasa), Университет штата Юта. Courtesy of Diamond Light Source*

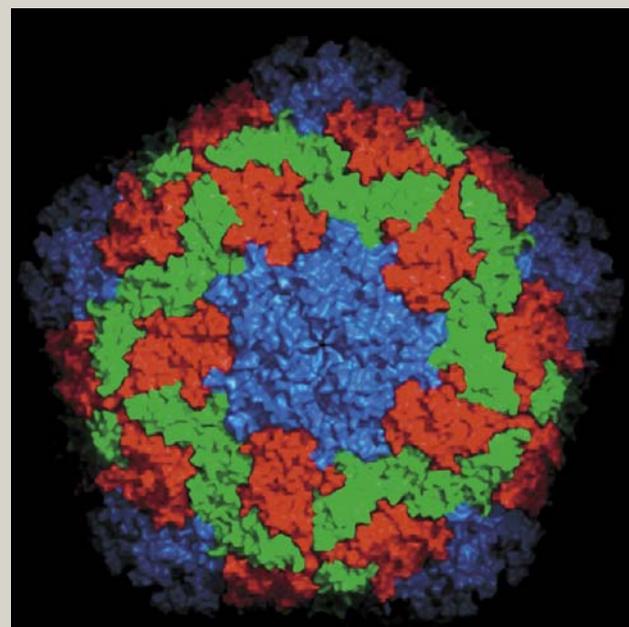
Мощный пучок жестких (53—150 кэВ) рентгеновских лучей и два универсальных экспериментальных отсека станции I-12 (JEEP) позволяют проводить долговременные исследования с помощью визуализации, томографии и дифракции. На фото – второй экспериментальный отсек, в котором можно разместить крупный испытуемый образец весом до двух тонн. Courtesy of Diamond Light Source



нервных клеток и таким способом провоцируют вспышку заболевания. Используя синхротронное излучение станции I-03, ученым из Медицинского центра Кембриджского университета впервые удалось визуализировать этот сложный субклеточный процесс и описать сценарий работы динеина в составе белкового комплекса.

С использованием СИ удалось пролить свет на еще один нейродегенеративный процесс – болезнь Альцгеймера. Оказалось, что формирование в пораженных нейронах глыбок белка бета-амилоида сопровождается накоплением в них нейротоксического вещества – двухвалентного железа. Это знание открывает новые направления в разработке препаратов, способных останавливать этот процесс, а также создания ранней МРТ-диагностики, которую можно будет

Используя две рабочие кристаллографические станции DLS – I-03 and I-24, команда ученых из Пекина и Оксфорда сумела впервые в мире определить точную, вплоть до отдельных атомов, молекулярную структуру вируса гепатита А. Courtesy of Diamond Light Source



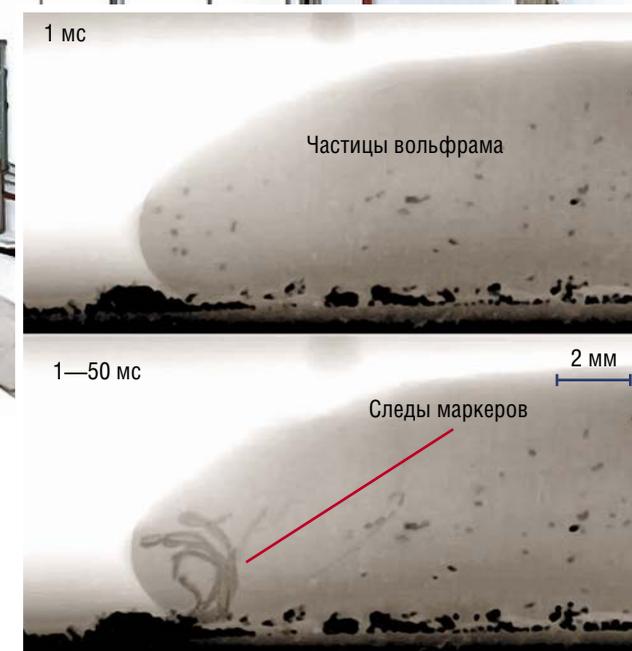
проводить еще до наступления необратимого повреждения мозга (Everett *et al.*, 2014).

Специально модифицированные кристаллографические станции центра предоставляют уникальные возможности для работы с вирусами – старейшими и самыми распространенными живыми организмами на нашей планете, многие из которых патогенны для человека. Вирусы изменяются столь стремительно, что восстановить их эволюционную историю крайне трудно, однако данные о ней крайне важны, чтобы успешно противостоять этим инфекционным агентам, не имеющим клеточного строения и устойчивым к действию большинства известных химиопрепаратов.

Одно из недавних достижений, сделанных с помощью СИ, – определение точной атомной структуры вируса гепатита А командой ученых из Пекина и Оксфорда. Оказалось, что этот вирус, вероятно, является недостающим эволюционным звеном между пикорнавирусами, заражающими людей и животных (к ним относится вирус полиомиелита), и вирусами насекомых. Вероятно, именно этим обстоятельством можно объяснить особую выносливость вируса и его необыкновенную устойчивость к высоким температурам и агрессивным средам. Неудивительно, что несмотря на наличие вакцины, эта болезнь продолжает поражать до полутора миллионов человек ежегодно.

Вирусы представляют серьезную угрозу не только для человека, но и сельскохозяйственных животных. Один из наиболее опасных инфекционных агентов – вирус ящура, из-за которого только в Великобритании в 2001 г. погибло свыше 7 млн голов крупного рогатого скота. Для борьбы с этим заболеванием в мире ежегодно требуется 3—4 млрд доз вакцины. С использованием микрофокусного пучка СИ рабочей станции I-24 был разработан новый тип вакцины, в которой в качестве основы используется не сам вирус, а его искусственно созданная «пустая» белковая оболочка. Вакцина, не содержащая живых вирусов, более безопасна и остается стабильной при обычных температурах что позволяет легко транспортировать и использовать ее в любых условиях. (Porta *et al.*, 2013).

Для динамической визуализации (1000 кадров/сек) потоков в расплаве стали во время электродной сварки в качестве маркеров использованы крупинки вольфрама. Наложение друг на друга рентгенограмм сварочного шва, полученных в течение 50 мс, проявляет картину вихревых течений в металле и демонстрирует, что часть капли не успела застыть. Courtesy of Diamond Light Source



Наконец, DLS является единственной в Европе организацией, предоставляющей возможность работать с живыми вирусами и такими инфекционными белковыми агентами, как прионы, относящиеся к 3-й категории биологической опасности.

Кристаллографические исследования на станциях в значительной мере автоматизированы, поэтому за восьмичасовую рабочую смену исследователи успевают изучить до нескольких сотен образцов. Если же пользователь не может сам присутствовать при эксперименте, он может контролировать его дистанционно, через двустороннюю видеосвязь.

Результаты работы DLS в рентгеновской кристаллографии биомолекул говорят сами за себя: сегодня центр занимает третье место в мире по числу расшифрованных белковых структур, хранящихся в мировом банке данных. Здесь постоянно ведутся и исследования, направленные на разработку новых препаратов для лечения рака, болезней сердца, вирусных и бактериальных инфекций, ранней диагностики нейродегенеративных заболеваний и других патологий.

### ... ДО ДВУХТОННЫХ СТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

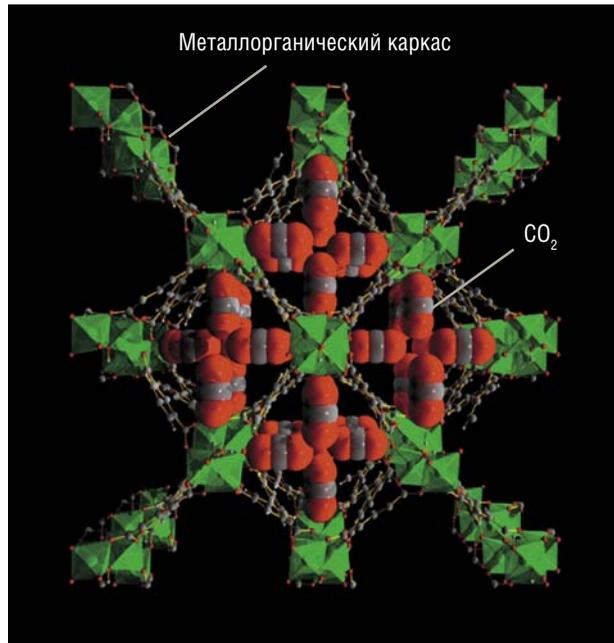
Но структурная биология и медицина – далеко не единственные области, где зарекомендовал себя DLS. Экологи используют многопрофильные и пользовательские станции СИ для поиска способов очистки загрязненной территории; вулканологи и геологи – для проведения экспериментов при экстремальных

температурах и давлениях, имитирующих условия в земных глубинах; археологи изучают предметы древнего искусства, химики создают новые материалы, а технологи – проверяют старые и т.п.

Сегодня в центре работает 25 пользовательских станций самого разного назначения, и еще 8 планируется ввести в строй до конца 2016 г.

Среди уникальных пользовательских линий центра – многоцелевая станция I-12 (JEEP), где проводятся эксперименты на материалах с высокой плотностью, в том числе металлах. В первом отсеке станции можно исследовать образцы размером от песчинки до нескольких сантиметров. То, что этот отсек находится на расстоянии всего лишь 50 м от места генерации СИ, обеспечивает высокую интенсивность пучка, необходимую для проведения дифракционных экспериментов и микроскопии. Во втором экспериментальном отсеке, расположенном за пределами главного здания, проводятся крупномасштабные и долгосрочные эксперименты для промышленных целей. Здесь исследователи могут вести непрерывный контроль за внутренним состоянием (напряжением кристаллической структуры) инженерных объектов в условиях, моделирующих реальную промышленную эксплуатацию. И в этом случае образцы могут достигать длины несколько метров и веса до 2 т!

Проследить за изменчивостью характеристик порошка или поликристаллического образца в течение длительного времени позволяет еще одна уникальная рабочая линия – I-11, предназначенная для порошковой дифрактометрии. Образцы при этом помещаются в особой «клетке», где они могут находиться от нескольких



С помощью порошковой дифрактометрии и метода неупругого рассеяния нейтронов изучаются химические процессы селективного связывания молекул в пористых органических структурах, которые используются для отделения редких и вредных компонентов и разделения хиральных молекул. *Courtesy of Diamond Light Source*

недель до года и даже более. Большой экспериментальный отсек станции дает возможность вести сразу несколько параллельных экспериментов с еженедельным сбором рентгеноструктурных данных.

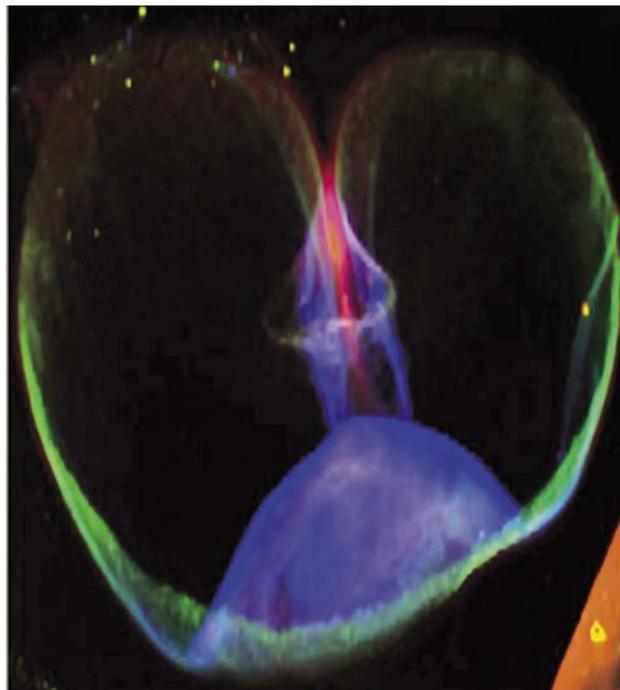
Одно из актуальных направлений современного материаловедения – структурный анализ поверхностей и интерфейсов (фазовых границ). Рабочая линия I-09 позволяет исследовать атомные и электронные структуры вещества вблизи границы раздела фаз с высоким пространственным разрешением и химической избирательностью. Для этого одновременно используется целый набор методов: от фотоэлектронной спектроскопии и фотоэлектронной дифракции до рентгеновской абсорбционной и отражательной спектроскопии. Достичь такого результата, а также добиться эффективного поглощения излучения на краях образца, что особенно важно при анализе сложных поверхностей, удалось с помощью двух ондуляторов, установленных в циклотроне наклонно друг к другу. Один из них генерирует «мягкие» (с длиной волны 1–10 нм) рентгеновские лучи, другой – «жесткие» (0,05–0,5 нм), при этом оба пучка СИ «освещают» одно и то же место исследуемого образца.

## Время «открытых дверей»

DLS – крупнейший британский исследовательский центр, и здесь сделано все, чтобы обеспечить пользователям, число которых за год составляет свыше 3 тыс. человек, максимальные удобства. Центр работает круглосуточно при шестидневной рабочей неделе (за исключением двухмесячного ежегодного техобслуживания), т. е. около 5 тыс. часов ежегодно.

Спрос превышает предложение, поэтому заявки принимаются на конкурсной основе, при этом решения о допуске принимаются не руководством компании, а группой независимых экспертов в различных областях науки. Среди пользователей – сотрудники университетов, научно-исследовательских и промышленных организаций, а также частные лица. При условии открытой публикации полученных результатов услуги центра предоставляются бесплатно, причем доля таких пользователей должна составлять не менее 80–90%. Что касается платного доступа, то сейчас этой услугой

С помощью СИ на I-18 Э. Нил с Ротамстедской сельскохозяйственной станции ищет способы повысить доступность питательных веществ зерна пшеницы, что может помочь решить проблему недоедания в развивающихся странах. На фото зерна цветом отмечены места концентрации различных микроэлементов (зеленым – железо, красным – цинк, фиолетовым – марганец). Рентгенофлуоресцентный элементный анализ. Фото Э. Нила (Великобритания). *Courtesy of Diamond Light Source*



## ОСВЕЩАЯ ПРОШЛОЕ

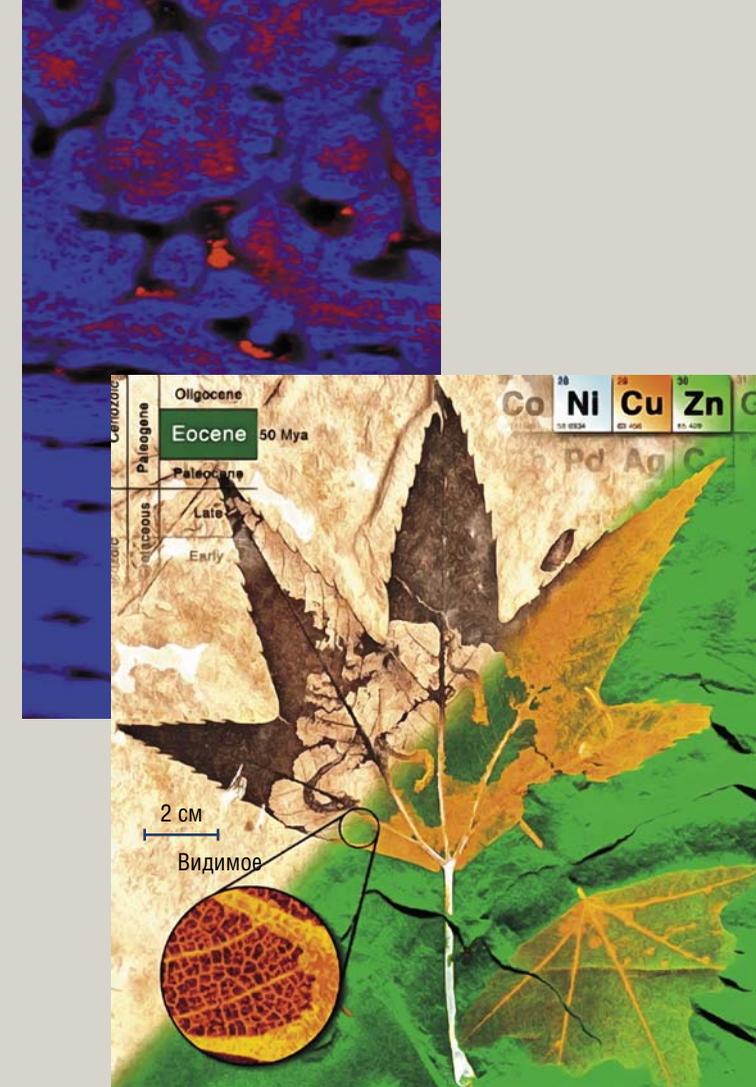
Одной из наиболее интригующих загадок далекого прошлого до сих пор остаются динозавры. Изучение окаменевших останков этих доисторических созданий с использованием синхротронного излучения DLS позволило приоткрыть завесу тайны над их удивительной жизнестойкостью, позволившей динозаврам царствовать на планете в течение многих миллионов лет.

Команда ученых из Университета Манчестера впервые использовала микрофокусную спектроскопию рабочей станции I-18 для изучения трещин, переломов и разрывов на костях хищных динозавров возрастом 150 млн лет. При обычном исследовании такие окаменевшие кости подвергаются рассечению, однако синхротронная визуализация позволила не только обнаружить следы заживших травм, многие из которых были бы летальны для человека, но и описать «химический сценарий» восстановления костей динозавров. Диагностирование защитных механизмов этих паразитических животных важны не только для эволюционных исследований: в конечном счете химия нашего тела и какого-нибудь аллозабра не так уж и отличается, и понимание того, как шел процесс заживления у динозавров может помочь разработать новые методы диагностики и лечения множества современных болезней.

Синхротронное исследование окаменевших останков динозавров дает и неожиданное решение для ... экологической проблемы захоронения ядерных отходов. Оказалось, что фосфат кальция – ключевой элемент костной ткани, обладает способностью связывать радиоактивные элементы из среды, в которой эти кости были захоронены. На основе этого вещества могут быть созданы химические структуры, которые смогут удерживать в себе ядерные отходы в течение длительных периодов времени.

Под «прицел» СИ попали не только ископаемые животные: команде ученых из Университета Манчестера, DLS и Стэнфордской лаборатории синхротронного излучения с помощью микрофокусной спектроскопии удалось подтвердить, что элементный состав даже окаменевших растений сохраняется на протяжении сотен миллионов лет. Оказалось, что распределение меди, цинка и никеля в хорошо сохранившихся ископаемых листьях эпохи эоцена и листьях современных растений очень схоже. И, по-видимому, именно медь выступила в качестве естественного антибиотика, замедлившего обычный микробный распад хрупких тканей листа. Эти результаты открывают возможность изучения биохимии растений, живших на планете в глубокой древности, и проследить возможные изменения в использовании металлов в растительном царстве на протяжении большого геологического периода.

Вот так существа, умершие много миллионов лет назад, теперь помогают ученым, благодаря использованию



Вверху – найденная кость аллозабра помимо естественного элемента – кальция (синий), содержит необычно много цинка (красный).

Внизу – композитное изображение окаменевшего листа дерева, возрастом 50 млн лет, сделанное в видимом и рентгеновском свете. Фиктивные цвета рентгеновской половины показывают наличие металлов (никеля Ni, меди Cu, цинка Zn), которые концентрируются в анатомических структурах листа. Также видны характерные воронкообразные изогнутые трубки, представляющие собой отходы пищеварения древних гусениц; их микроэлементный состав такой же, как и у листьев. Рентгенофлуоресцентный элементный анализ. *Courtesy of Diamond Light Source*

синхротронного излучения, получать результаты на переднем крае современной науки, от разработки безопасных промышленных технологий до биомедицинских исследований. Как точно заметил один из ведущих экспертов Великобритании по динозаврам Ф. Мэннинг из Университета Манчестера, «суть науки состоит не только в том, чтобы находить ответы, но и в том, чтобы задавать действительно хорошие вопросы...»

## ЗАГЛЯНУТЬ В БУДУЩЕ

Огромные возможности синхротронного излучения сегодня широко используются в материаловедении и инженерии для создания новых материалов и эффективных и экологически чистых промышленных технологий.

Так, одной из актуальных проблем переработки сырой нефти является разделение сложной газообразной смеси углеводородов на отдельные «чистые» компоненты. Для этих целей обычно используется криогенная дистилляция, требующая огромных затрат энергии для поддержания высоких давлений и низких температур. Инновационным решением стал новый пористый металлоорганический материал, своего рода «химическая губка», изготовленная из доступных компонентов и способная абсорбировать из нефти различные компоненты с разной скоростью. С помощью синхротронного излучения DLS было доказано, что новый материал «NOTT-300» хорошо работает в реальных условиях. Его применение может революционизировать нефтеперерабатывающую промышленность, значительно сократить ее энергопотребление.

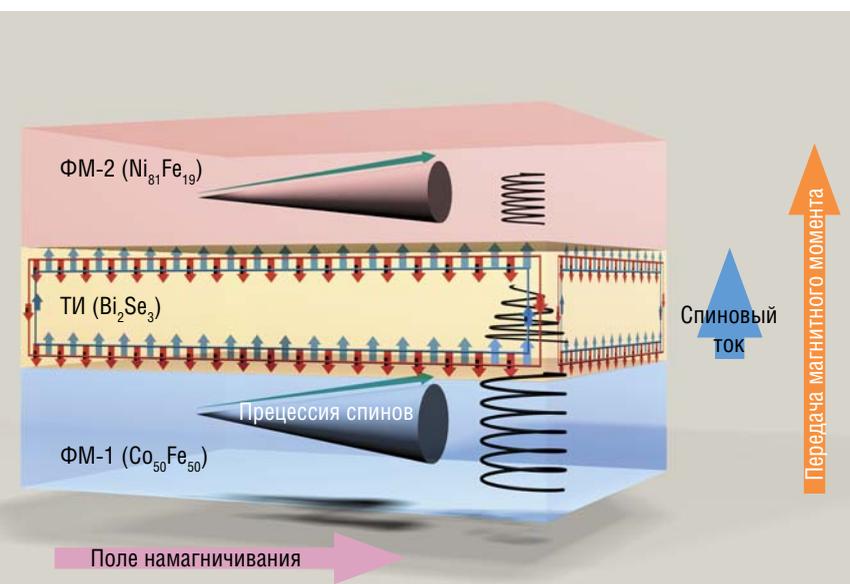
Одним из наиболее перспективных наноматериалов для электроники в

наши дни считается графен, представляющий собой листы толщиной в один слой атомов углерода. Этот двумерный, по сути, материал обладает очень высокой электрической проводимостью, однако для практического использования его иногда приходится укладывать множеством слоев. С использованием синхротронного излучения станции I-05 DLS был открыт новый тип материала, имеющий электронные свойства графена, но гораздо более простой в использовании благодаря своей «трехмерности». Этот суперматериал, представляющий собой гибрид 3D-версии графена и того, что называют «топологическим изолятором», может совершить настоящий переворот в производстве новых электронных гаджетов, которые должны стать меньше, быстрее и менее «прожорливыми» (Yang *et al.*, 2015).

Значительно улучшить способы магнитного хранения информации позволили успехи в спинтронике – быстро развивающейся области приборной технологии, базирующейся на манипулировании электронными спинами. Однако разработка спинтронических аналогов активных электронных устройств оказалась намного более сложной задачей. Недавно в результа-

те сотрудничества экспериментаторов и теоретиков из семи стран Европы и Азии было показано, что полупроводник с химической формулой  $WSe_2$  проявляет поверхностные спин-поляризованные электронные состояния, в то время как в целом объеме инверсионная симметрия сохраняется. Это исследование, в котором для спектроскопических измерений фотозмиссии использовалась рабочая станция I-05, открывает возможности создания нового класса материалов, в которых спиновыми состояниями можно управлять, что представляет большой интерес для ряда логических приложений.

«Спиновый клапан» – возможный элемент будущих квантовых компьютеров, может быть создан из двух разных ферромагнетиков (ФМ) с тонкой (менее 20 нм) прослойкой из немагнитного материала со свойствами так называемого «топологического изолятора» (ТИ), эффективная передача электрического заряда возможна только по его поверхности. В ферромагнетиках под действием поперечного радиочастотного магнитного поля вектор намагниченности будет прецессировать вокруг вектора поля намагничивания, в результате чего электроны с разными спинами будут стремиться в противоположных направлениях, образуя спиновую поляризацию. Прослойка ТИ играет роль «фильтра», отсекающего зарядовый ток и обеспечивающего чисто спиновый ток от ФМ-1 к ФМ-2. Методом резонансного поглощения на рабочей станции I-10 DLS удалось измерить намагниченность каждого ферромагнитного слоя в отдельности и подтвердить возможность передачи информации, закодированной в электронных спинах, что было бы невозможно с помощью обычной техники магнитометрии с разрешающей способностью около 100 нм (Baker, 2015)



Вид на центр синхротронного излучения в пору цветения рапса.  
Courtesy of Diamond Light Source

пользуется около 80 промышленных потребителей, и это число растет по мере того, как увеличивается число рабочих станций DLS. Более того, примерно пятая часть академических пользователей также декларирует, что полученные ими результаты могут быть непосредственно использованы в промышленности.

На DLS также проходят обучение студенты и аспиранты (сейчас их около 700, при этом 50 из них получают специальные стипендии на обучение) и технический персонал. А дважды в год, на «день открытых дверей», его посещает около 2 тыс. людей самого разного возраста, образования и профессии, которые интересуются исследованиями на переднем крае современной науки.

Конечно, производство и использование синхротронного излучения – предмет, нелегкий для понимания, ведь его нельзя пощупать или увидеть, поэтому на DLS имеется специальный «отдел по коммуникациям». Просветительская работа организована так, чтобы общение с широкой публикой происходило на самых разных уровнях, от младших школьников до пенсионеров преклонного возраста. Так, в канун прошлого рождества центр организовал необычное мероприятие для детей младшего возраста, на котором они строили мини-модель DLS из деталей любимого всеми детьми конструктора *Lego*. Благодаря такой игровой подаче непростого материала любой ребенок может наглядно увидеть, как организована командная работа внутри огромного синхротронного комплекса.

В арсенале просветительской деятельности центра – постоянно обновляемый новостной раздел на веб-сайте центра; брифинги и интервью с журналистами, которые проходят буквально каждую неделю; лекции, которые читают в школах сотрудники DLS; собственные тематические выставки и участие в выставках национального масштаба и, конечно, научно-популярные публикации.

При общении с широкой общественностью акцент обычно делается не на техническую сторону производ-

ства СИ, а на области его применения – от археологии до фармацевтики, которые вызывают интерес и достаточно просты для понимания. Ведь большую часть из нас, как правило, гораздо больше интересует не устройство того или иного технического девайса, а цели, для которого он используется. При этом всегда можно найти некий разумный баланс между научной терминологией и доступностью информации, которую нужно донести до самых широких масс.

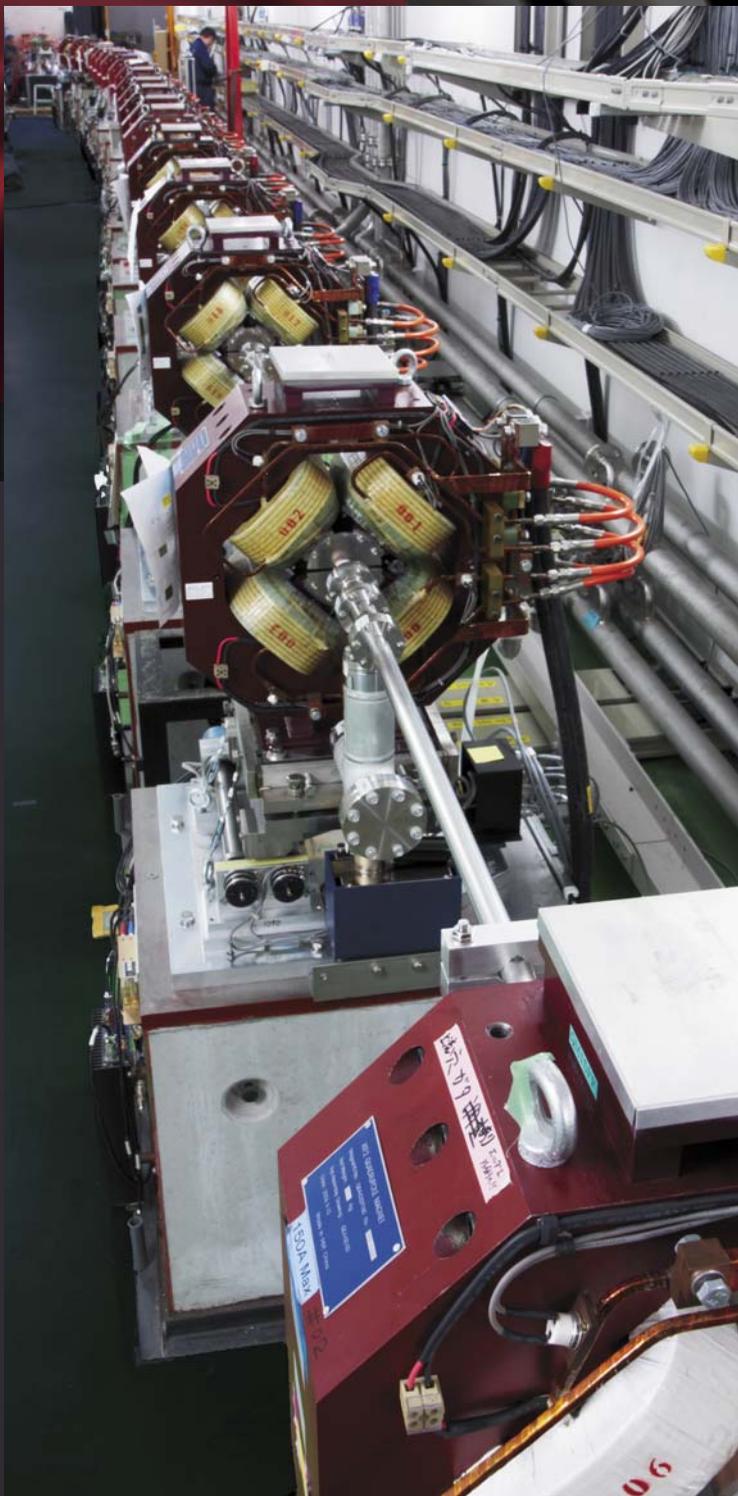
Все интересные открытия, которые были сделаны на DLS за его пока недолгую восьмилетнюю историю, просто невозможно перечислить. Можно лишь упомянуть, что сотрудники центра вместе с его пользователями за это время опубликовали свыше 3,5 тыс. научных работ в самых актуальных научных областях, от молекулярной биологии и медицины до электроники.

Чтобы сохранить центр в авангарде мировой синхротронной науки, в DLS сейчас разрабатывается 10-летняя стратегия развития объекта, которая базируется на успешном опыте взаимодействия с другими исследовательскими организациями в таких областях, как разработка детекторов радиации, новых инструментов для электронной микроскопии и т. п.

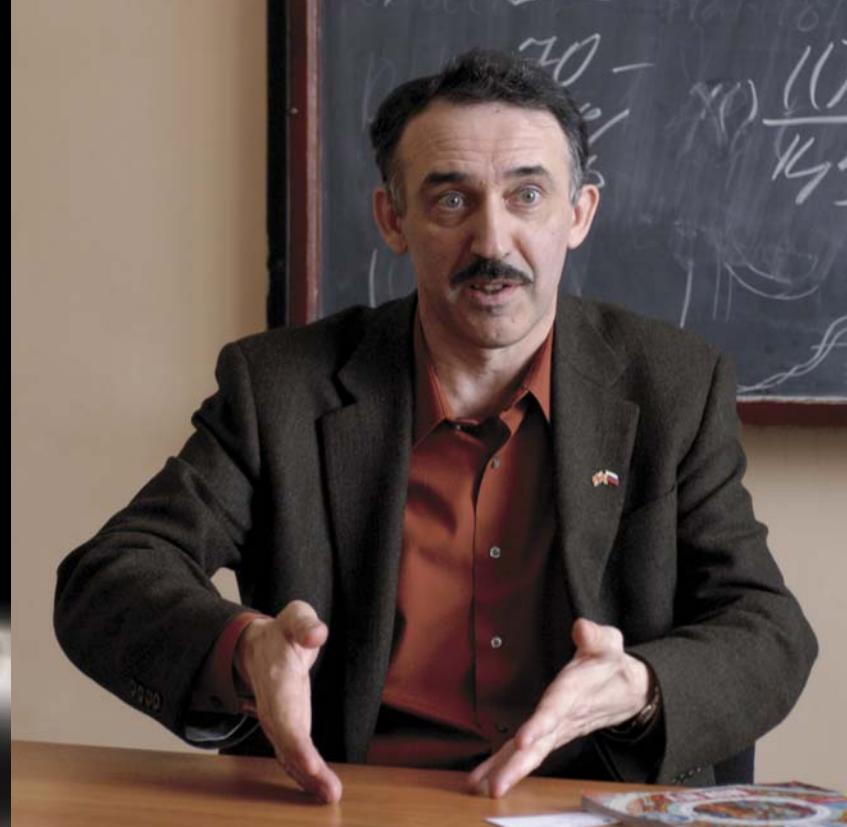
Таким образом, к 2022 г. центр должен радикально обновиться. Все это делается для того, чтобы в XXI в. Великобритания обладала как можно более совершенным универсальным научным инструментом познания мира, каким на сегодня является синхротронное излучение.

В публикации использованы материалы с сайта <http://www.diamond.ac.uk>

Редакция благодарит Отдел науки и инноваций Посольства Великобритании в Москве за помощь в подготовке публикации



Профессор Оксфордского университета, директор Института ускорительной физики им. Джона Адамса (Оксфорд, Великобритания) Андрей Анатольевич Серый на встрече с редакторами журнала «НАУКА из первых рук». Новосибирск, 2015



# Эпоха Ускорения

Прежде чем стать директором британского научно-исследовательского института, бывший выпускник физфака Новосибирского государственного университета Андрей Серый прошел немалый путь. Сначала работа в Новосибирском Академгородке, в Институте ядерной физики СО РАН, затем в филиале ИЯФ в Протвино. До того, как А. Серый в 1999 г. был приглашен на работу в Стэнфордский центр линейных ускорителей (Калифорния, США), он успел поработать в Центре атомной энергии под Парижем и в Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми около Чикаго. В 2008 г. за вклад в разработку линейного коллайдера он был избран членом Американского физического общества, а через два года возглавил Институт ускорительной физики, названный в честь известного британского физика Джона Адамса, бывшего одним из генеральных директоров ЦЕРНа. Свои исторические и научные «корни» Андрей Серый не забывает, проявляя в своей заботе порой и юмор: в частности, вместе с женой, выпускницей ФЕНа НГУ, они учредили стипендию для успешных студентов университета, но только для женатых пар с двух факультетов – ФФ и ФЕН

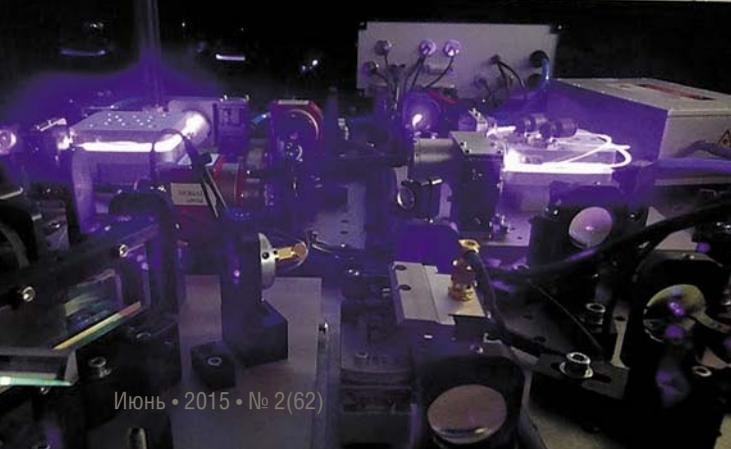
© А. А. Серый, 2015

Одним из самых зрелищных явлений, наблюдаемых невооруженным глазом, является метеорный поток – широкий пылающий след, оставляемый мельчайшими крупинками вещества. Еще более удивительно полярное сияние, вызываемое столкновением с атмосферой субатомных элементарных частиц, разгоняемых Солнцем. Космические лучи – элементарные частицы крошечной массы, которые входят в земную атмосферу с энергией крикетного мяча, – наблюдать гораздо труднее, да и механизм их ускорения пока остается загадкой. Однако в земных условиях люди научились разгонять элементарные частицы в искусственных ускорителях, что дало возможность не только изучать фундаментальные основы мироздания, но и открыло перспективы для создания новых технологий.

На сегодня энергия элементарных частиц, получаемая в ускорителях, не достигает и миллионной доли самых «энергичных» космических частиц, однако физики

*Ключевые слова:* физика высоких энергий, синхротронные источники света, плазменное ускорение, компактные источники света, комптоновские источники света.

*Key words:* accelerators, high energy physics, synchrotron light sources, plasma acceleration, compact light sources, compton light sources





«В нашем институте работает 25 профессоров, остальные – «постдоки» и аспиранты. Все вместе (около 80 человек) мы составляем большую «ускорительную» команду; администраторов, конструкторов и других технических работников предоставляют Оксфордский университет, Имперский Колледж и Ройал Холлоуэй. Университеты берут на себя и все заботы по патентованию, публикациям, грантам и т. д., поэтому сами ученые освобождены от рутинной работы по поддержке своих исследований. Однако такая академически свободная атмосфера не означает, что мы делаем то, что пожелаем, – мы прислушиваемся и к советам независимых экспертов. Периодически, раз в несколько лет, создается комиссия приглашенных экспертов, которой мы предоставляем отчет о том, что сделано и что планируется сделать. Есть разные критерии оценки работы ученых, и это не только число публикаций. Кстати сказать, в ускорительной физике не бывает очень уж много публикаций. Есть даже такая шутка: «мы публикуемся в железе и бетоне». Наши установки – это и есть наши публикации. И комиссии, которые нас оценивают, это понимают. Что же касается финансирования института, то примерно треть его составляет зарплата профессоров – это постоянная стабильная часть. Еще одна треть – это базовое финансирование от британского аналога российского Министерства образования и науки, и для его продления требуется один раз в несколько лет предоставлять отчет и планы на будущее. Последнюю треть финансирования составляют гранты, проекты, договоры, сотрудничество с компаниями и т. д. – и за эти деньги нам приходится бороться почти ежедневно, преодолевая большую конкуренцию, естественную для современной науки»

**Ежегодно десятки миллионов людей пользуются диагностикой и лечением с помощью ускорителей заряженных частиц, а рыночная стоимость всей продукции, произведенной за год с их помощью, составляет более 500 млрд долларов (Accelerators for America's Future, DOE, 2009). Ускорительная техника использовалась и в трети всех исследований, удостоенных Нобелевских премий по физике (Chao *et al.*, 2010)**

и инженеры не отстают от природы: они создали методы одновременного ускорения многих и многих миллиардов частиц, при этом научившись фокусировать их поток и сжимать его до крошечных размеров. Так, одна из самых амбициозных современных ускорительных установок – Большой адронный коллайдер в ЦЕРНе – ускоряет протонные пучки до энергии, эквивалентной энергии Боинга-747 в момент взлета, при том что эта энергия сосредоточена в «точке» диаметром тоньше человеческого волоса.

Тот факт, что мы, следуя примеру великой эпохи Возрождения, готовы в настоящее время посвятить столько усилий изучению самых фундаментальных основ природы и вкладывать огромные средства в ускорители и другие машины, делающие подобные исследования возможными, служит признаком цивилизованного общества. Безусловно, существует также множество практических задач, которые требуют внимания «ускорительных» ученых. И в данном случае наука и практика вполне совместимы: поддержка фундаментальных исследований обеспечивает создание установок и технологий, пригодных для широкого использования, в то же время стимулируя обучение специалистов, способных вести исследования, нацеленные на будущее.

К исследовательским центрам Великобритании, в которых занимаются подобными работами, относятся Институт ускорительной физики им. Джона Адамса (JAI) и его аналог на северо-западе Англии Институт ускорительной физики и технологии им. Кокрофта (CI), созданные в 2004 г. Оба эти института являются достаточно уникальными организациями, так как они созданы на базе нескольких университетов. Так, Институт им. Джона Адамса был первоначально организован Оксфордским университетом и Лондонским университетом Ройял Холлоуэй, а с 2011 г., благодаря усилиям нынешнего директора JAI, партнером центра стал и Имперский колледж Лондона.

Институт им. Джона Адамса работает в тесном сотрудничестве с известными британскими и международными исследовательскими орга-

низациями, в том числе с ЦЕРНом, Резерфордской лабораторией и синхротронным центром «Даймонд»\*, а также с промышленными предприятиями. Новые ускорители для фундаментальных наук разрабатываются здесь одновременно с системами, имеющими медико-биологические и промышленные приложения. JAI получил международную репутацию также в качестве центра подготовки следующего поколения физиков-ускорительщиков для национальных исследовательских лабораторий и промышленных производств.

### «Перекрестное опыление»

Не всегда возможно предугадать, какие из инновационных результатов, полученных при разработке новых ускорителей частиц для фундаментальной физики элементарных частиц, могут иметь практические приложения в других областях науки, медицины или техники.

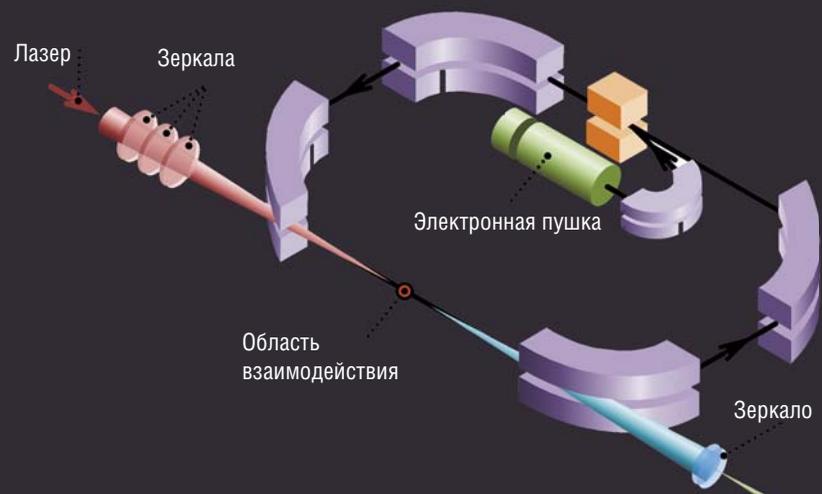
\* Подробнее о центре *Diamond Light Source* читайте на с. 28–39

Кто бы мог предвидеть, к примеру, что попытки наладить информационную коммуникацию в рамках такого глобального научного проекта, как ЦЕРН, могут привести к созданию «всемирной паутины» – Интернета, который сейчас буквально захватил весь мир? А на основе самых продвинутых детекторов элементарных частиц удалось создать лучшие масс-спектрометры для химических и биологических исследований.

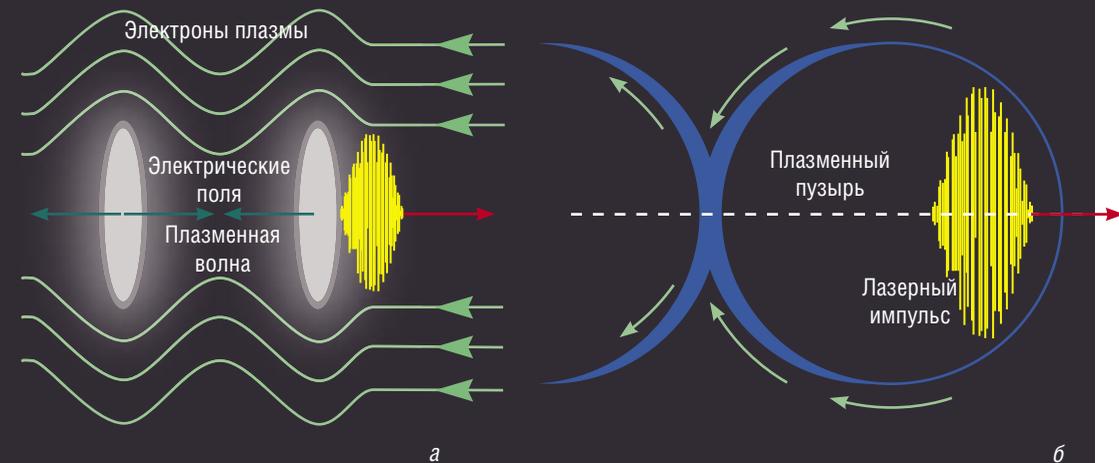
Примером современной научно-технической проблемы является создание, накопление и фокусировка пучков таких короткоживущих элементарных частиц, как мюоны. Эти частицы нестабильны по своей природе, однако в будущем они могут быть использованы для создания относительно компактных ускорителей следующего поколения. А методы фокусировки мюонных пучков, которые сегодня активно исследуются в Институте им. Джона Адамса, как оказалось, могут иметь интересные приложения и в медицине.

Установка ATF2 была построена в Исследовательском центре физики высоких энергий КЕК (Япония) для проверки идеи итальянского физика П. Раймонди и А. Серого, позволяющей укоротить систему фокусировки для линейных коллайдеров с нескольких километров до нескольких сот метров. Оптическая система для ATF2 была спроектирована Серым, который затем руководил и ее созданием. Сейчас установка успешно работает и достигла плановых параметров: пучок электронов энергии 1 ГэВ удалось сфокусировать до очень малого размера – всего 40 нм по вертикали.  
Фото Н. Тогэ (КЕК, Япония)





Создатели квантовой физики называли «игрой в бильярд фотонами и электронами» эффект Комптона, суть которого состоит в упругом рассеивании электромагнитного излучения на свободном электроне. На основе этого эффекта создаются компактные источники рентгеновского излучения: столкновение лазерных фотонов с пучком электронов приводит к их отражению со значительным увеличением их энергии. На схеме – принципиальное устройство комптоновского источника. Рис. Е. Серой



Рентгеновские лучи

Так, идеи, возникшие в ходе разработки мюонного коллайдера, вдохновили исследователей на разработку новой конструкции устройства для антираковой терапии. В наши дни для этого чаще всего используются ускорители электронов, которые и генерируют рентгеновское излучение, направленное на уничтожение клеток опухоли. В более современном методе терапии вместо электронов используются протоны или даже легкие ионы, что позволяет вести по опухоли более «прицельный огонь» и облучать как можно меньший объем окружающих здоровых тканей, сводя к минимуму поражение чувствительных органов. С помощью методов, разрабатываемых сегодня в JAI, эти ионные пучки могут быть направлены более точно и действовать более эффективно.

Степень «перекрестного опыления» между научными исследованиями в JAI и в промышленности можно проиллюстрировать еще массой примеров. В частности, исследования когерентного излучения электронных пучков стимулировали создание компактных терагерцовых источников с потенциальными приложениями в области информационных технологий, в биологических и медицинских науках. А методика измерения абсолютного расстояния, разработанная в ходе конструирования линейных коллайдеров, сейчас интегрируется в метрологический инструмент, которым будут пользоваться не только для калибровки станков с ЧПУ и геодезических инструментов, но даже для контроля деформации корпусов авиалайнеров.

### Рентгеновский «взгляд»

Все более важную роль в ускорительной физике начинают играть лазеры. Разработанные в JAI лазерные методы диагностики электронного пучка позволяют

измерять его свойства, не разрушая ни пучок, ни сам детектор. Но еще более интересные результаты ожидаются при использовании лазеров, которые будут управлять самим процессом ускорения.

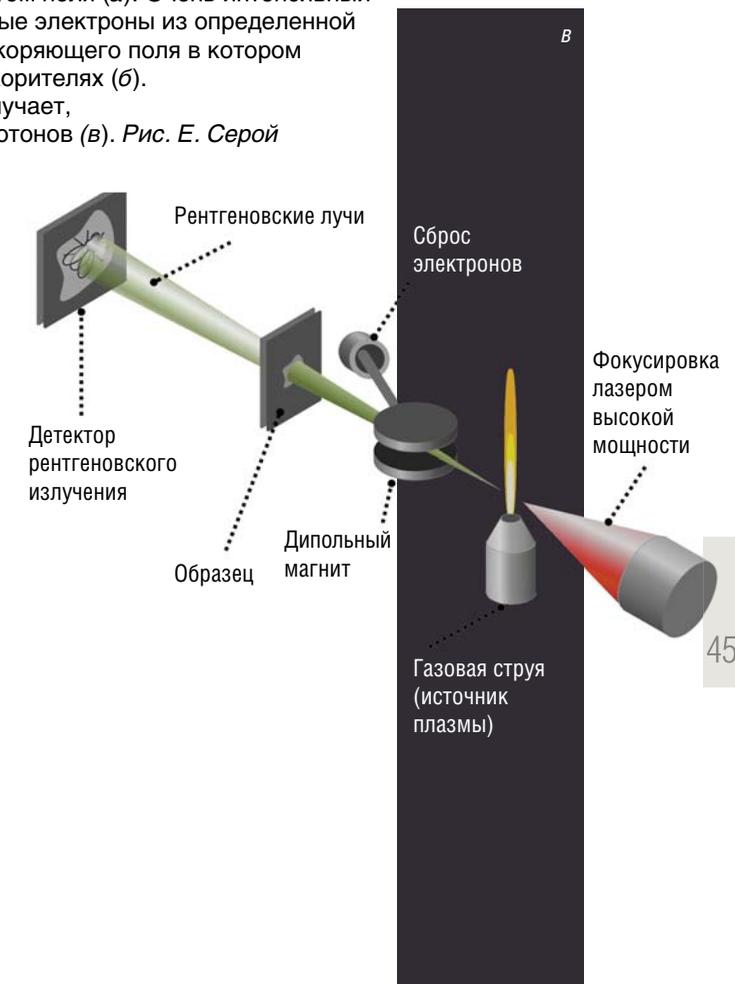
Сегодня обычные лазеры видимого света с длиной волны излучения около полмикрона можно встретить почти везде – от проигрывателя компакт-дисков до магазинных сканеров. Но ускорительная физика и техника позволяют создать рентгеновские лазеры с длиной волны субнанометрового диапазона: их излучение из-за малой длины волны незаменимо для анализа структуры биологических макромолекул, новых материалов, анализа быстропротекающих процессов. Источником таких высокоэнергичных фотонов служат релятивистские электроны, получаемые в ускорителях. И основными препятствиями, которые сдерживают широкое использование таких рентгеновских лазеров, являются их размеры и высокая стоимость (например, LCLS, запущенный в калифорнийской ускорительной лаборатории SLAC, имеет длину около километра и стоимость – около 500 млн долларов).

Обычные ускорители, как известно, основаны на механизме ускорения частиц в резонаторах – металлических сосудах определенной формы, способствующей возникновению условий для создания ускоряющих полей. Но способность металлов выдерживать сильные электромагнитные поля ограничена из-за возможных электрических пробоев и разрушения стенок резонатора. Однако в плазме, возникающей в потоке газа под воздействием интенсивного пучка частиц или лазерного импульса, можно создать подходящую для ускорения волну, амплитуда которой не будет ограничена пробоями, ведь плазма – это материал, который сам по себе уже «разрушен». Сильное электрическое поле в плазменном «кильватерном» следе (подобном тому,

еще один подход к созданию компактных источников излучения – использование лазерно-плазменного ускорения. В этом случае короткий и интенсивный лазерный импульс расталкивает электроны плазмы, которые затем притягиваются к ионам, создавая плазменную волну с очень высоким градиентом поля (а). Очень интенсивный лазерный импульс способен вытолкнуть все плазменные электроны из определенной области, создавая «плазменный пузырь», градиент ускоряющего поля в котором может в тысячу раз превышать таковой в обычных ускорителях (б). Ускоренный в плазме пучок электронов в ней же и излучает, создавая яркий и точечный источник рентгеновских фотонов (в). Рис. Е. Серой

что оставляет корабль на поверхности моря) позволит ускорять частицы до высоких энергий на гораздо меньших расстояниях, чем в обычном ускорителе. Прямое столкновение пучка частиц и лазерного света открывает еще одну возможность в отношении создания рентгеновских источников света благодаря использованию эффекта Комптона (когда фотоны видимого света отражаются от релятивистских электронов, уменьшая длину своей волны до субнанометрового уровня).

Самый очевидный результат взаимодействия ускорительной физики с лазерной и плазменной физикой – создание новых компактных рентгеновских лазеров и источников света. Первый, более простой тип комптоновских рентгеновских источников в настоящее время уже активно разрабатывается, а для более сложного потребуются сверхпроводящий ускоритель с рекуперацией энергии, который обеспечит значительно более сильный поток электронов и, соответственно, более высокую рентгеновскую яркость. Наконец, наиболее сложной, но и самой перспективной задачей является создание лазера на свободных электронах на основе лазерно-плазменного ускорения. Сложность этой задачи очень высока, но и возможный выигрыш от ее решения огромен, что вдохновляет и JAI, и другие исследовательские группы во всем мире работать над этим многообещающим направлением.





Наука  
и производство.  
Рис. Саши Серой

Вопросами взаимодействия лазерного света, плазмы и пучка ускоренных частиц сегодня занимаются в различных научных организациях по всему миру. В том числе с участием сотрудников Института им. Джона Адамса уже удалось достичь темпа лазерно-плазменного ускорения, превышающего темп ускорения в стандартных ускорителях в тысячу раз, и начать использовать ускоренные пучки для генерации излучения для медицинских приложений.

Уже первые полученные результаты свидетельствуют, что плазменные ускорители являются очень яркими источниками рентгеновского излучения, которое характеризуется такими уникальными свойствами, как сверхкороткая длительность импульсов (несколько фемтосекунд) и чрезвычайно малый размер излучающей области (доли микрона). Все это дает возможность достижения гораздо более высокой точности временного и пространственного разрешения по сравнению с существующими источниками.

Появление нового семейства компактных плазменных ускорителей даст возможность и университетам, и промышленным лабораториям самостоятельно проводить исследования в биологии, медицине и материаловедении, которые доступны сегодня только в крупных технологических центрах.

## Да будет свет!

Одна из важных функций Института Джона Адамса – просветительская. Донести восхищение наукой и понимание ее, пусть и на простом уровне, до широкой аудитории – это не просто одна из многих задач института, но одна из основных официально прописанных целей его работы.

**В мире науки и инноваций «долиной смерти» называют трудно преодолимый барьер между самой наукой и промышленностью. Суть проблемы и противоречия здесь в том, что, с одной стороны, для производства нужен готовый образец, так как воплотить на практике «сырую» идею трудно, да и коммерческий риск может в этом случае оказаться слишком высок. Но, с другой стороны, создание образца, готового к производству, как правило, не входит в задачу ученых. Поэтому путь от идеи и экспериментальных демонстраций до коммерческих приложений очень тернист. Трудность представляет собой наведение «моста», т. е. продвижение технологически готовых научных идей от научно-исследовательских институтов до промышленных предприятий. Для решения этой общемировой проблемы применяются разные подходы, чтобы привлечь инвесторов и довести какое-то интересное решение до промышленного использования. В частности, в нашем институте мы пытаемся преодолеть эту проблему, работая одновременно над несколькими вариантами компактных источников излучения**

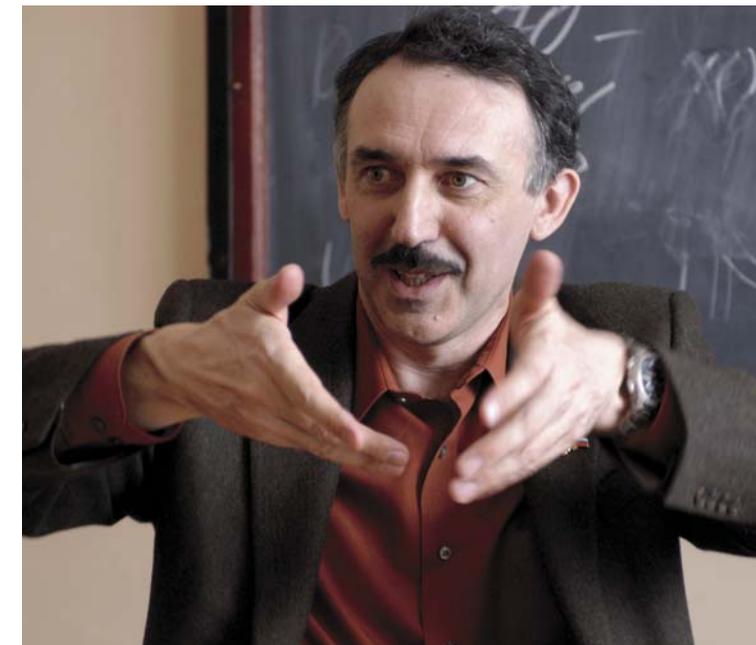
Сотрудники института постоянно стремятся к тому, чтобы сделать ускорительную физику доступной и привлекательной для самой широкой публики, прежде всего для детей, школьных учителей, представителей других наук и промышленности. Ведь мало кто знает, что ускорители частиц встречаются в нашей повседневной жизни гораздо чаще, чем можно было бы подумать. Их широко применяют в областях, весьма далеких от физики: от уничтожения раковых опухолей, дезинфекции медицинских средств и продуктов питания до выявления подделок произведений искусства!

Среди популяризаторской деятельности JAI стоит отметить уникальное захватывающее шоу для школьников «Ускоряйтесь!» с использованием пляжных мячей, жидкого азота и огромных огненных шаров, с помощью которых проводят демонстрацию работы ускорителей; ежегодный музыкальный фестиваль, на котором концерты совмещаются с научными лекциями, а также «Призыв» – ежегодная летняя школа для учителей физики старших классов, где они получают представление о работе Большого адронного коллайдера и других подобных ускорителей и даже могут иметь возможность изготовить простую модель ускорителя либо пузырьковой камеры из подручных средств.

Сотрудники института периодически читают лекции в школах, готовят научно-популярные публикации, и все это при относительно небольшом штате, большую часть которого составляют аспиранты. К этому нужно добавить, что институт выпускает в научную жизнь ежегодно около 5–8 специалистов квалификации PhD (доктор философии) – примерно столько же, сколько признанный мировой центр в области ускорителей – новосибирский Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера, где работает около 3 тыс. человек. «Производство» высококвалифицированных специалистов с глубокими теоретическими знаниями, практическими навыками и гибким умом – важнейшая задача JAI.

**М**ир ускорительной физики должен работать как единый организм, в котором фундаментальные и прикладные компоненты находятся в равновесии. Физик, который думает о кварках и космических лучах, может в следующую минуту стать инноватором, обдумывающим создание настольного рентгеновского аппарата для больниц или промышленности.

Следуя этому принципу, Институт ускорительной физики Джона Адамса полон решимости довести свои фундаментальные исследования до промышленного применения уже в ближайшем будущем. Мы надеемся, что наши исследования помогут создать компактные источники синхротронного излучения, основанные на принципе синергии лазеров и новых ускорителей, которые будут способны революционизировать всю область ускорительной физики и ее приложений, подобно тому, как это случилось с лазерами видимого света, подстегнувшими науку и промышленность в XX в. В частности, создание очень компактных источников рентгеновских импульсов – первое практическое приложение плазменных ускорителей – может стать вдохновляющим примером преодоления «долины смерти», лежащей между ускорительной наукой и технологическими инновациями.



«Как научный результат превратить во что-то вещественное и полезное? Этим вопросом я серьезно заинтересовался совсем недавно. Раньше, когда занимался чисто фундаментальной наукой, меня это волновало гораздо меньше. Может быть, этот вопрос пришел с возрастом, может быть, вместе с ответственностью в связи с теперешней должностью.

Пройти весь путь от научной идеи до реализации – это вызов. Хочется понять, как правильно выбрать те проекты, которые стоит довести до логического завершения и как этого добиться.

Мы стараемся ориентировать своих сотрудников на такие практические задачи, мотивировать их. Например, есть идея создать новый рентгеновский источник, но его параметры могут варьироваться в широком диапазоне – он может работать на материаловедение, на медицину... Какие параметры выбрать и как сделать его более компактным? Или, к примеру, как сделать, чтобы он лучше прочих смог диагностировать какой-то вид рака? И после того, как сама идея созрела, начинается тот длинный путь, который требует и времени, и сил, и ресурсов. Для начала нужно найти один, наиболее выигрышный вариант. И если он заработает, можно будет делать различные версии этого инструмента. Но все же сначала нужно эту первую тропинку протоптать...

А вообще у нас есть сильная мотивация и от правительства, и от университетов: пытаться в первую очередь смотреть на те вещи, которые можно осуществить на практике, искать реальные приложения и возможности их реализовать»

О. А. КРАСНИКОВА

# В Арктику на воздушном шаре

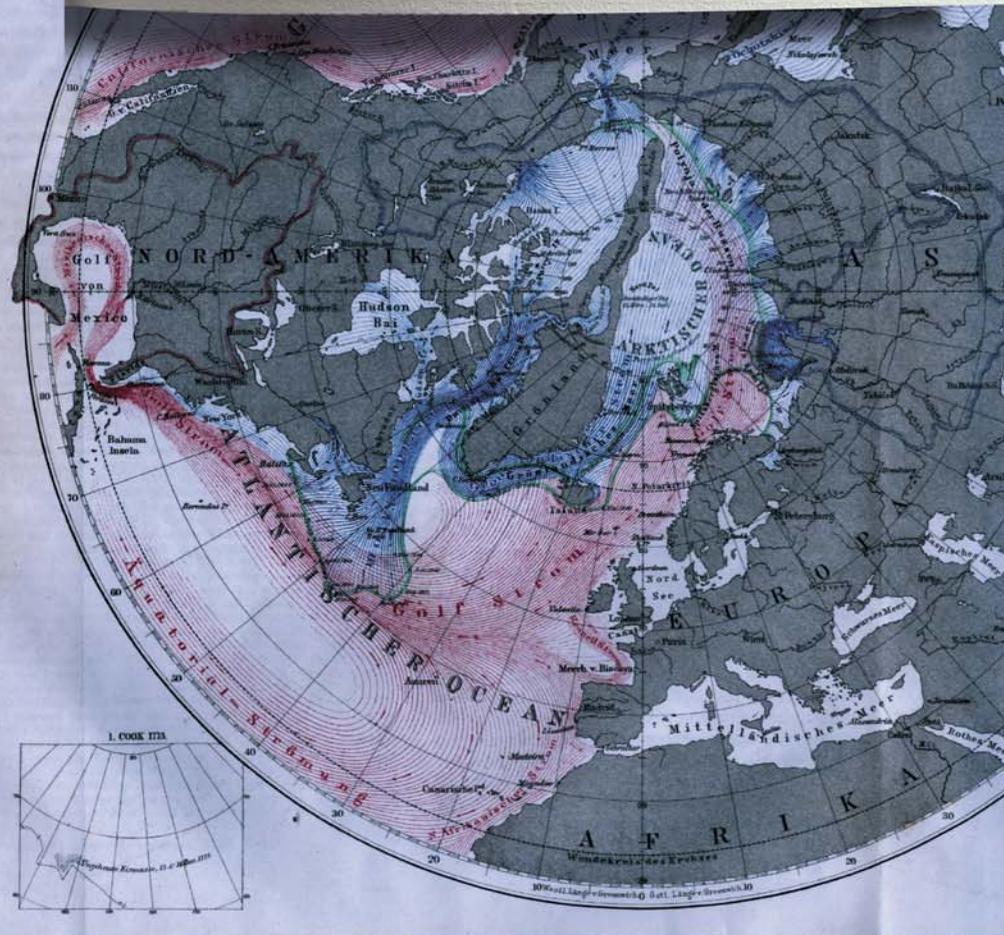
До настоящего времени общество «Аэроарктик» не имеет в отечественной научной и научно-популярной литературе единого полного названия. В публикациях в советской прессе 1920-х гг. также нет единства. Так, в «Трудах Второй полярной конференции», состоявшейся в Ленинграде 18—23 июня 1928 г., о которой речь пойдет ниже, оно названо: «Международное общество изучения полярных стран посредством воздухоплавательных аппаратов». Очевидно, такое разнообразие связано с возможностями вольного перевода. Поэтому мы остановимся на названии, которое использовал один из его основателей, Л. Л. Брейтфус, на титульном листе своей книги «Арктическая область» (Л., 1928): «Международное Общество по изучению Арктики при помощи воздушного корабля»

Карта Северного полушария, Антверпен, 1593 г. Автор Герард де Иуде. Public domain

## К истории Общества «Аэроарктик» и Полярной комиссии Академии наук

«Аэроарктик», или Международное Общество по изучению Арктики при помощи воздушного корабля было основано в Берлине в 1924 г. Оно просуществовало немногим более 10 лет, оказавшись заложником политических устремлений пришедшего к власти Адольфа Гитлера. Но действия Общества успели оказать большое влияние на развитие идей научного изучения полярных регионов и международную кооперацию ученых – иностранных, советских и российских, оказавшихся за рубежом после событий 1917 г.

Что касается практических результатов, то это хорошо всем известный полет дирижабля LZ 127 над Арктикой в 1931 г. В истории этого полета, казалось бы, хорошо известного и многократно описанного в научной и популярной литературе, до сих пор немало «заклеенных страниц», и она требует особого рассмотрения. Однако наше повествование посвящено предыстории образования и первым годам существования «Аэроарктик». Здесь важно то, насколько деятельность этого общества оказалась, как выяснилось, связанной с работами Полярной комиссии Академии наук и ее самых активных лиц



КРАСНИКОВА Ольга Алексеевна – кандидат исторических наук, заведующая сектором картографии Библиотеки РАН (Санкт-Петербург). Действительный член Русского географического общества, секретарь Комиссии истории географических знаний Санкт-Петербургского отделения РГО. Автор более 150 научных работ

© О. А. Красникова, 2015

«Милостивые государыни и государи. Я считаю для себя тяжелой задачей выступать перед аудиторией, заинтересованной прежде всего в развитии сообщения с помощью летательных машин. Воздушный корабль не является опасным конкурентом аэроплана, как это многие полагают, и я почту себя счастливым, если мне удастся это сегодня доказать вам. Земной шар достаточно обширен для того, чтобы оба рода воздушного сообщения имели на нем достаточно места. ... Воздушный корабль может конкурировать лишь с паровозными сообщениями, ибо там, где скорый поезд или аэроплан могут успешно работать, экономического успеха не может быть у воздушного корабля, главная задача которого – в трансокеанских сообщениях и в некоторых случаях – в материковых», – так начал свое выступление на заседании Датского Аэронавтического общества в Копенгагене 4 декабря 1924 г. капитан Вальтер Брунс (Walter Bruns, 1889–1955).

Постепенно разворачивая наш сюжет, мы доберемся до подробностей, касающихся этого события, но для начала хотелось бы обратить внимание на терминологию того времени, связанную с воздухоплаванием. «Воздушный корабль» – это не любое летательное средство. К тому времени уже появились и активно действовали аэростаты различных типов, вертолеты, аэропланы и др. Научные определения для них существовали отдельно, а в повседневной речи нередко использовались

Трудно отказать себе в удовольствии привести несколько основных определений, связанных с воздухоплаванием того времени:

Аэростат (упрощенно и не вполне точно – воздушный шар) – летательный аппарат, использующий для полета подъемную силу заключенного в оболочке газа (или нагретого воздуха), с плотностью меньшей, чем плотность окружающего воздуха (согласно закону Архимеда).

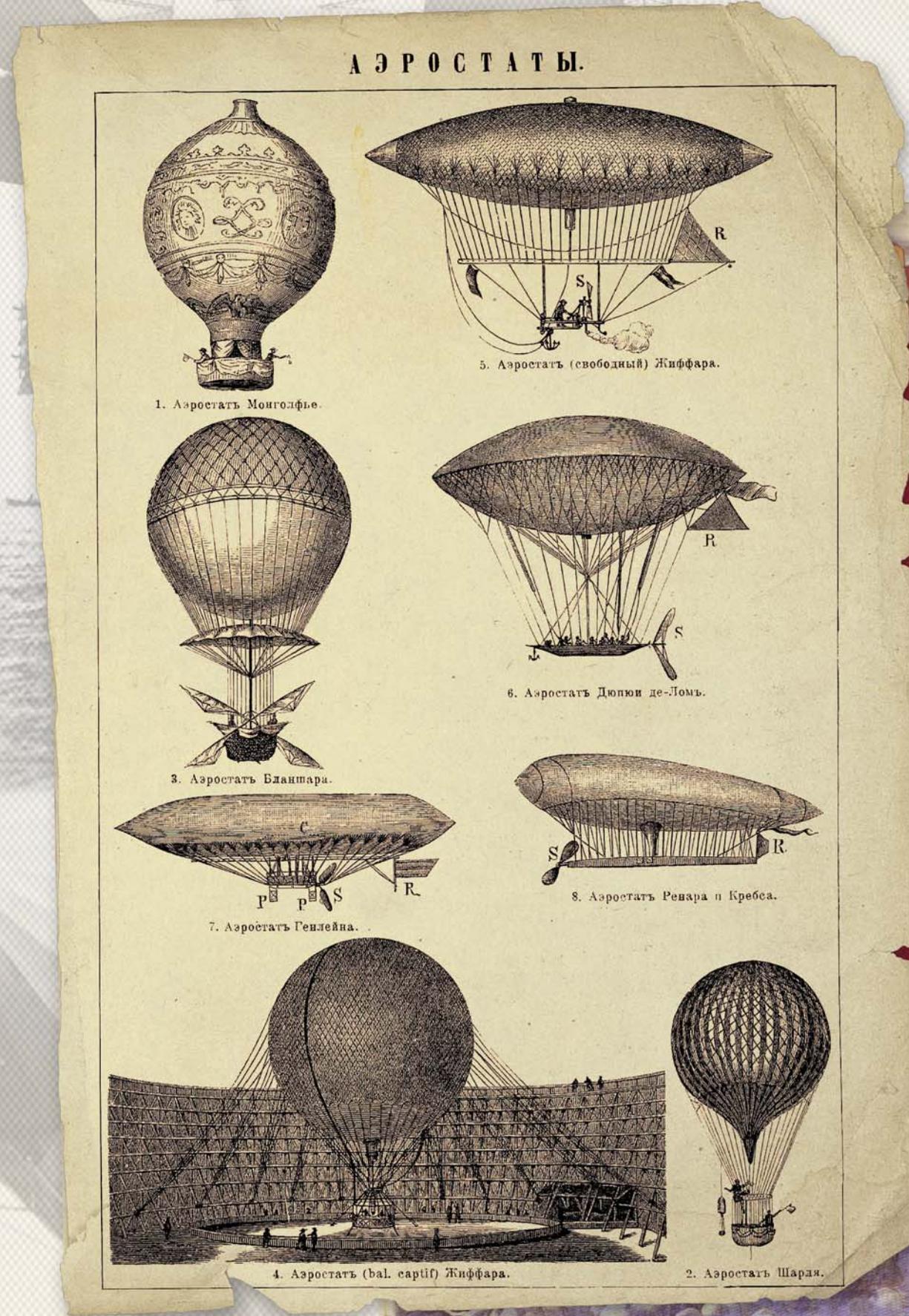
Различают привязные, свободнолетящие и аэростаты с двигателем – дирижабли.

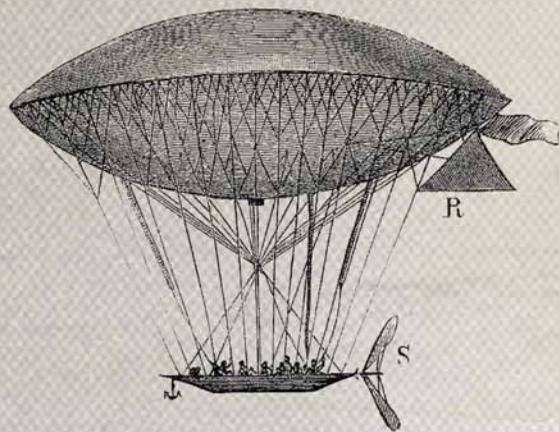
По типу наполнения аэростаты делятся на газовые – шарльеры, тепловые – монгольфьеры, комбинированные (газовые и тепловые одновременно) – розьеры. Для наполнения шарльеров применялись водород и (реже) светильный газ; но так как эти газы горючи, а их смеси с воздухом взрывоопасны, требовались дополнительные меры предосторожности. Указанного недостатка лишен инертный газ гелий, который также использовался в шарльерах; однако гелий был достаточно дорог, поэтому не использовался в воздухоплавании повсеместно. Монгольфьеры наполняли нагретым воздухом.

Дирижабль (от фр. *dirigeable* – управляемый) – летательный аппарат, представляющий собой комбинацию аэростата с винтовым электрическим двигателем либо с двигателем внутреннего сгорания и системы управления ориентацией (рули управления), благодаря которой дирижабль может двигаться в любом направлении независимо от направления воздушных потоков

Воздушные шары и дирижабли.  
Рисунок из Энциклопедического словаря Брокгауза и Ефрона, 1890–1907 гг.

Генеральный секретарь общества «Аэроарктик» капитан Вальтер Брунс





### ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ В РОССИИ

Россия достигла на поприще воздухоплавания значительных успехов. Не углубляясь далеко в историю, отметим, что существовали и отечественные общества, и специализированные печатные издания, посвященные этой теме. Профессиональные интересы были реализованы уже в 1869 г., когда под председательством генерала Э. И. Тотлебена была образована комиссия для обсуждения вопросов воздухоплавания применительно к военным целям. Но просуществовала она недолго – уже в 1876 г. ее работы были свернуты. Военное ведомство вернулось к вопросу о военном воздухоплавании лишь в 1884 г.: была восстановлена комиссия по применению воздухоплавания к военным целям (просуществовавшая до 1891 г.), а в 1885 г. образована под командованием А. М. Кованько, кадровая команда военных воздухоплателей, преобразованная в 1890 г. в учебный воздухоплавательный парк. В 1880 г. по инициативе Д. И. Менделеева при Императорском Русском техническом обществе был образован VII Воздухоплавательный отдел, первое заседание которого состоялось 16 января 1881 г. В январе 1908 г. был основан Всероссийский аэроклуб, с 1909 г. получивший название Императорского (под покровительством князя Александра Михайловича, ставшего его председателем), 22 апреля 1911 г. был учрежден Воздухоплавательный комитет в составе Главного инженерного управления, первым председателем которого стал военный инженер Н. Л. Кирпичев.

наименования, связанные с основными определяющими признаками. Так, аэроплан, самолет называли тогда «летательными машинами». А определение «воздушный корабль» относилось к аэростату и его разновидности – дирижаблю, что, вероятно, было связано с тем, что по грузоподъемности, удобству и дальности путешествий дирижабль более всего напоминал круизное судно или океанский лайнер.

Именно поэтому капитан Вальтер Брунс, рассказывая в Копенгагене на собрании Аэронавтического

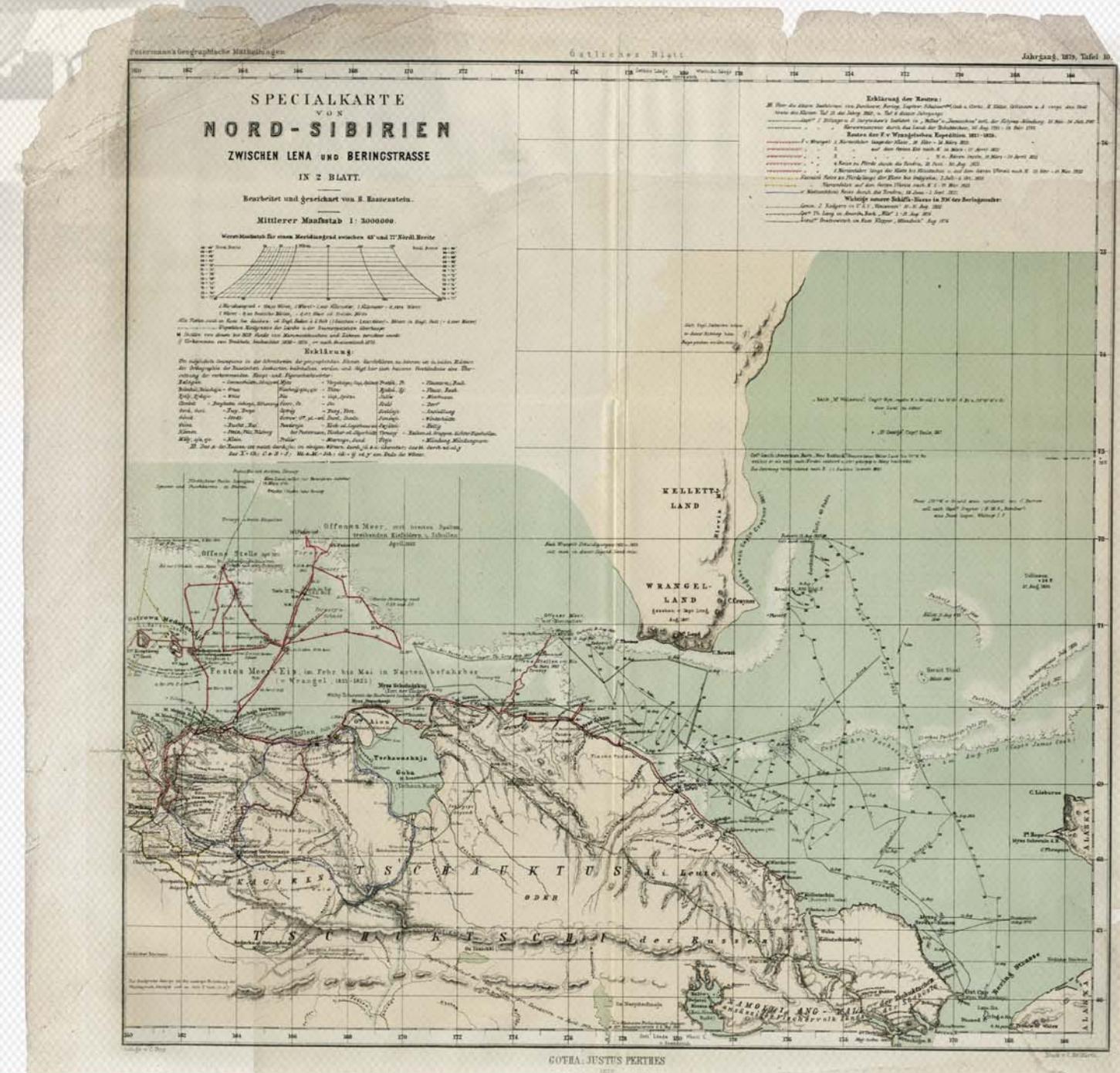
общества о воздушном корабле и убеждая слушателей в достоинствах этого способа перемещения, указывал на то, что дирижабль не сможет составить конкуренцию ни аэроплану, ни железнодорожному транспорту. И «Международное общество по изучению Арктики при помощи воздушного корабля», о которой пойдет речь – это организация, которая в своей деятельности предполагала использовать именно дирижабли.

### «Непроеденная» Арктика

«Аэроарктик», или Международное Общество по изучению Арктики при помощи воздушного корабля было основано в Берлине, в 1924 г. Оно просуществовало немногим более 10 лет, оказавшись заложником политических устремлений пришедшего к власти Адольфа Гитлера. Но действия Общества успели оказать большое влияние на развитие идей научного изучения полярных регионов и международную кооперацию ученых – иностранных, советских и российских, оказавшихся за рубежом после событий 1917 г. Что касается практических результатов, то это хорошо всем известный полет дирижабля LZ 127 над Арктикой в 1931 г. В истории этого полета, казалось бы, хорошо известного и многократно описанного в научной и популярной литературе, до сих пор немало «заклеенных страниц», и она требует особого рассмотрения.

Конец XIX–первая треть XX в. – это время наиболее активного интереса к Арктике, как научного, так и прагматического, связанного нередко с достижением политических целей. К началу 20-х гг. XX в. состоялось уже немало экспедиций и путешествий в Арктику. Но значительная часть этого обширного пространства оставалась непройденной, неизученной. Совсем недавно, отмечая в 2013 г. 100-летие открытия архипелага Северная Земля (названного самими мореплавателями-первооткрывателями «Тай-Вай», по именам кораблей экспедиции – «Таймыр» и «Вайгач» и получившего затем наименование «Земля Императора Николая II», существовавшее до 1926 г., ученые назвали это последним крупным географическим открытием на земле.

Однако в первой четверти XX в. еще не было уверенности в том, что вслед за этим не последуют и другие открытия в полярной области: неясно было, есть ли в арктическом пространстве другие земли и острова, и существует ли (и если да, то в какой форме) «Арктида» – северная земля, простирающаяся через приполюсные области и соединяющая Америку и Евразию. В то же время уже в XIX в. стало очевидно, что в климатическом и метеорологическом отношении Северное полушарие, да и весь земной шар зависят от того, что происходит в Арктике, следовательно, стоило обратить на нее самое пристальное внимание.



Карта Северной Сибири между Леной и Беринговым проливом в 2 листах / Bearb. und geseichnet V. Hassenstein. – 1: 3 000 000. – Gotha: J. Perthes, 1879. – Östliches Blatt (Tafel 10). Библиотека Российской академии наук, Санкт-Петербург

### «Воздушные суда» на службе у науки

Достижения в области техники позволили ставить совершенно новые задачи. Такая возможность появилась с развитием удивительных летательных аппаратов – аэростатов, которые сразу получили широкую область применения – как для научных исследований, так и для военных целей. И прежде, чем рассказывать об истории общества «Аэроарктик», необходимо вспомнить, что оно возникло не на пустом месте – у него было

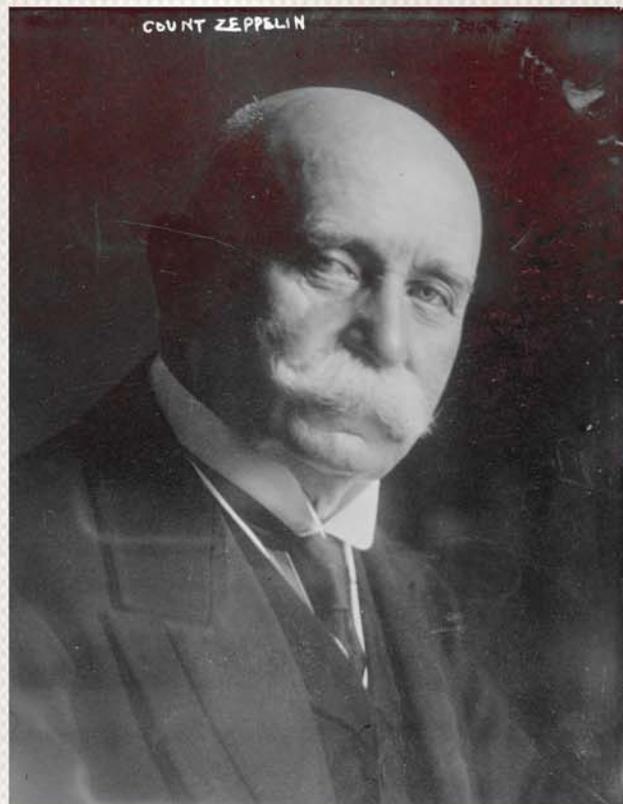
**БИБЛИОГРАФИЯ РОССИЙСКОГО ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ**

Вопросы воздухоплавания находили широкое отражение в отечественной печати. С 1880 по 1883 г. полковник (генерал-лейтенант по морскому ведомству с 1887 г.) П. А. Клиндер издавал под своей редакцией первый отечественный аэронавтический журнал «Воздухоплаватель», благодаря которому число энтузиастов воздухоплавания заметно возросло. 1 января 1881 г. в № 16 этого журнала было помещено первое описание проекта дирижабля «Россия» изобретателя и конструктора О. С. Костовича.

С 1903 по 1916 г. выходил другой журнал с тем же названием, издателем и редактором которого был Н. Я. Стечкин, — ежемесячный, иллюстрированный, научно-популярный и военный. С 1909 г. он стал считаться печатным органом Императорского Всероссийского клуба. В декабре 1896 г. на очередном заседании совета Русского технического общества ученые приняли решение об издании журнала «Воздухоплавание и исследование атмосферы». Один из отделов журнала был специально посвящен отчетам о заседаниях европейских воздухоплавательных обществ. В 1911 г. начал выходить ежемесячный журнал «Техника воздухоплавания» (издатель и редактор — военный инженер, преподаватель Николаевской инженерной академии и училища по начертательной геометрии, механике, математике и воздухоплаванию В. Ф. Найденов).

Выходили из печати и работы, посвященные истории отечественного воздухоплавания. Так, в 1856 г. генерал-лейтенант, артиллерист, изобретатель в области артиллерии, ракетной техники, приборостроения и автоматики К. И. Константинов опубликовал статью «Воздухоплавание» (журнал «Морской сборник», № 8), а в 1891 г. увидел свет труд первого русского аэролога, изобретателя в области ракетной техники М. М. Поморцева «Научные результаты 40 воздушных путешествий, сделанных в России», впервые обобщающий опыт аэрологических исследований. Начиная с середины XIX в. в России печатались книги по вопросам воздухоплавания, поток этих изданий постепенно нарастал, а научная ценность повышалась. В последнее десятилетие XIX в. их вышло в свет более ста...

Еще в предисловии к изданному в 1876 г. русскому переводу курса метеорологии норвежского ученого Г. Мона Д. И. Менделеев писал о том, что для изучения погоды очень важны поднятия на аэростатах, с помощью чего можно будет ответить на многие вопросы. Действительно, с развитием научного воздухоплавания исследования атмосферы составили целый отдел метеорологии.



Основатель дирижаблестроительной компании *Luftschiffbau ZEPPELIN GmbH* граф Фердинанд фон Цеппелин, 1910 г.  
*Library of Congress Prints and Photographs Division*  
*Washington, D.C. 20540 USA* <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>

немало предшественников: многочисленные, созданные в разные годы аэронавтические объединения. В конце XIX—начале XX вв. бурное развитие воздухоплавания в России и в странах Европы нашло отражение в том числе и в создании целого ряда специальных обществ и периодических изданий. К этому времени в мире уже была накоплена богатая история научных наблюдений с помощью неуправляемых аппаратов — воздушных шаров, зондов, аэростатов и др.

Начавшиеся с 1894 г. по инициативе русского изобретателя М. М. Поморцева международные работы — одновременные подъемы шведского, русских и немецких аэростатов с участием ученых-аэронавтов для метеорологических исследований в свободной атмосфере — доставили новые сведения и скоро стали повсеместным явлением. Для реализации этой идеи в более крупном масштабе в 1896 г. была основана Международная комиссия научного воздухоплавания, объединившая воздухоплавательные организации разных стран. Первым председателем нового общества стал немецкий метеоролог Гуго Гергезелль.

От России в состав комиссии вошли гидрометеоролог, академик, директор Главной физической обсерватории (с 1899 г. — Николаевской Главной физической обсерватории) М. А. Рыкачев, М. М. Поморцев, изобретатель и аэронавт А. М. Кованько и физик, сотрудник Главной физической обсерватории и В. В. Кузнецов. Теперь ученые разных стран могли проводить регулярные метеорологические исследования в свободной атмосфере и с 1886 по 1896 г. в России, Германии, Франции и Швеции состоялось 150 подобных воздушных экспедиций, география же подъемов на аэростатах постоянно расширялась. И вот летом 1907 г. по решению Международной комиссии научного воздухоплавания состоялось крупнейшее предприятие — одновременные запуски аэростатов и змеев в тридцати шести пунктах Северного полушария: в Петербурге, Москве, Киеве, Баку, Омске, Владивостоке, Манчестере, Вене, Цюрихе, Вашингтоне, Каире, на Азорских островах...

Удачное проведение именно этой научной акции 1907 г. привело профессора Г. Гергезелля, директора Аэрологической обсерватории в Линденбурге, к мысли

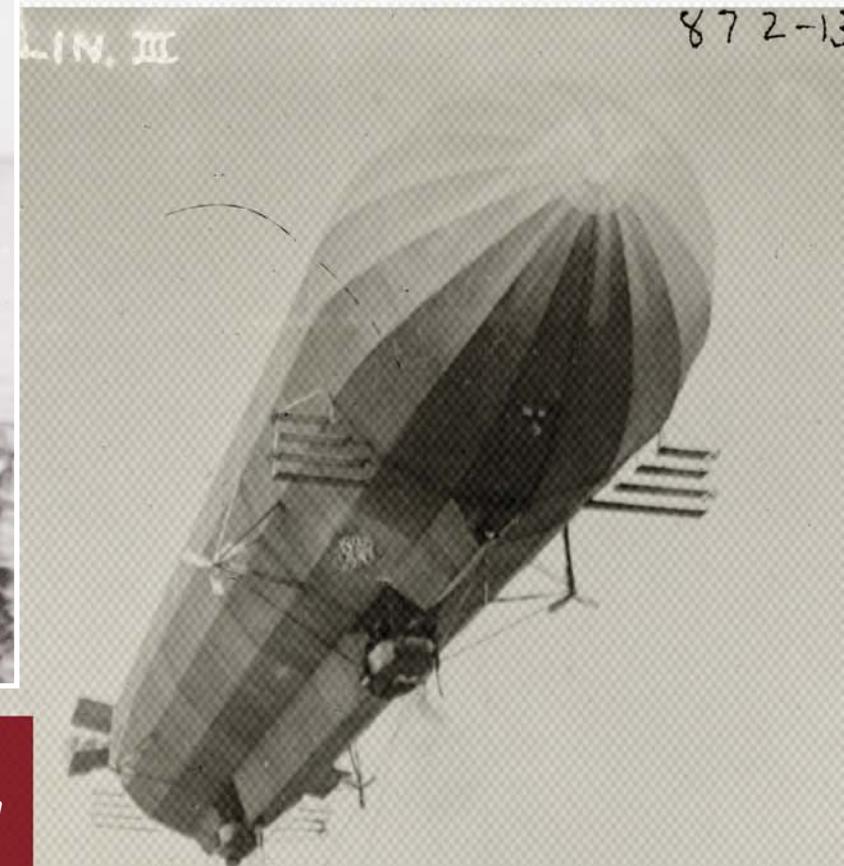
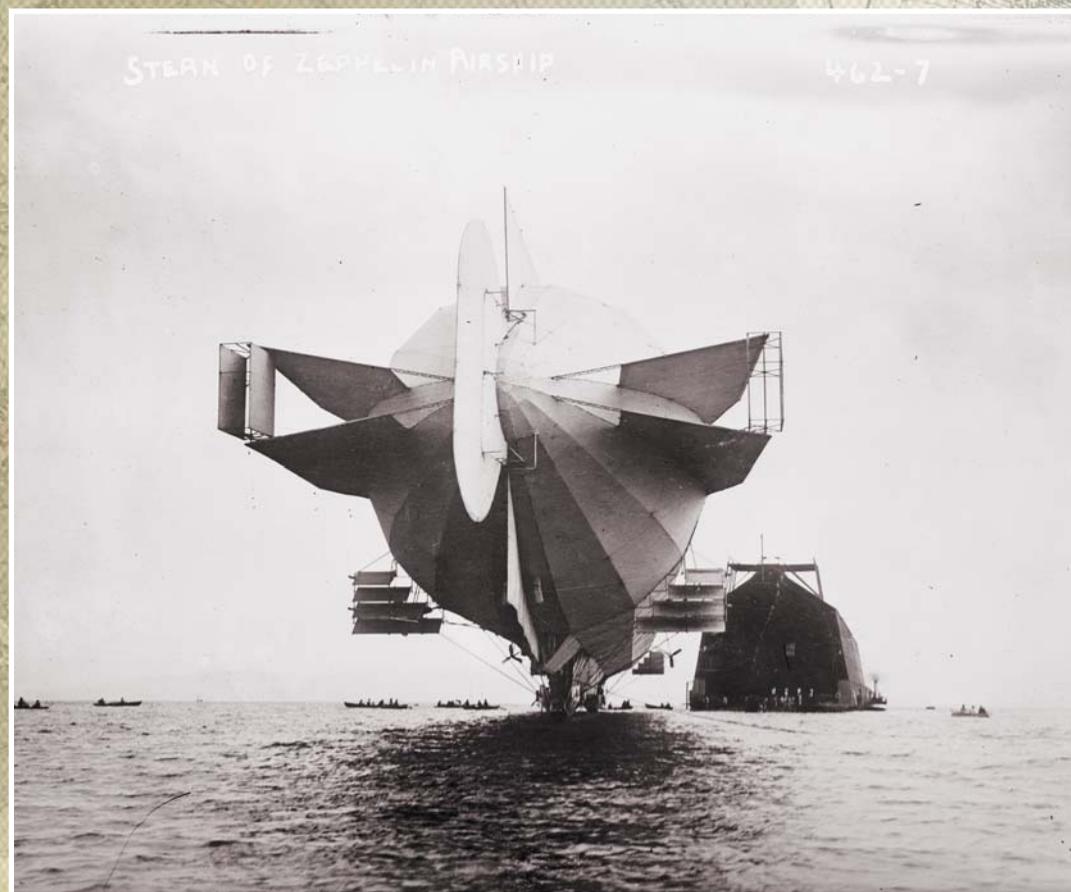
о том, что воздушный корабль может быть использован не только в метеорологических, но и в географических исследованиях. Об этом напишет позднее Л. Л. Брейтфус, российский/немецкий гидрограф, гидробиолог, непосредственный участник многих событий и, забегая вперед, заметим, один из самых активных членов Общества «Аэроарктик» (Брейтфус, 1928).

И тут случается удивительное совпадение. В сентябре 1908 г. в Германии была основана дирижаблестроительная компания *Luftschiffbau ZEPPELIN GmbH*. Собственником ее вскоре, в декабре того же года, стал основанный графом Фердинандом фон Цеппелином (1838—1917) фонд *Zeppelin Foundation*.

События, предшествовавшие этому, вкратце таковы. Первый дирижабль, разработанный и сконструированный офицером в отставке Фердинандом фон Цеппелином и его помощниками поднялся в воздух над

Цеппелин в полете, 1909 г.  
*Library of Congress Prints and Photographs Division*  
*Washington, D.C. 20540 USA* <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>





Граф Фердинанд фон Цеппелин, 1890 г.  
Library of Congress Prints and Photographs Division  
Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>

Дирижабль Цеппелин LZ3, в полете, 1907 г.  
Library of Congress Prints and Photographs Division  
Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>

Дирижабль Цеппелин LZ3 на земле, 1900 г.  
Library of Congress Prints and Photographs Division  
Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>



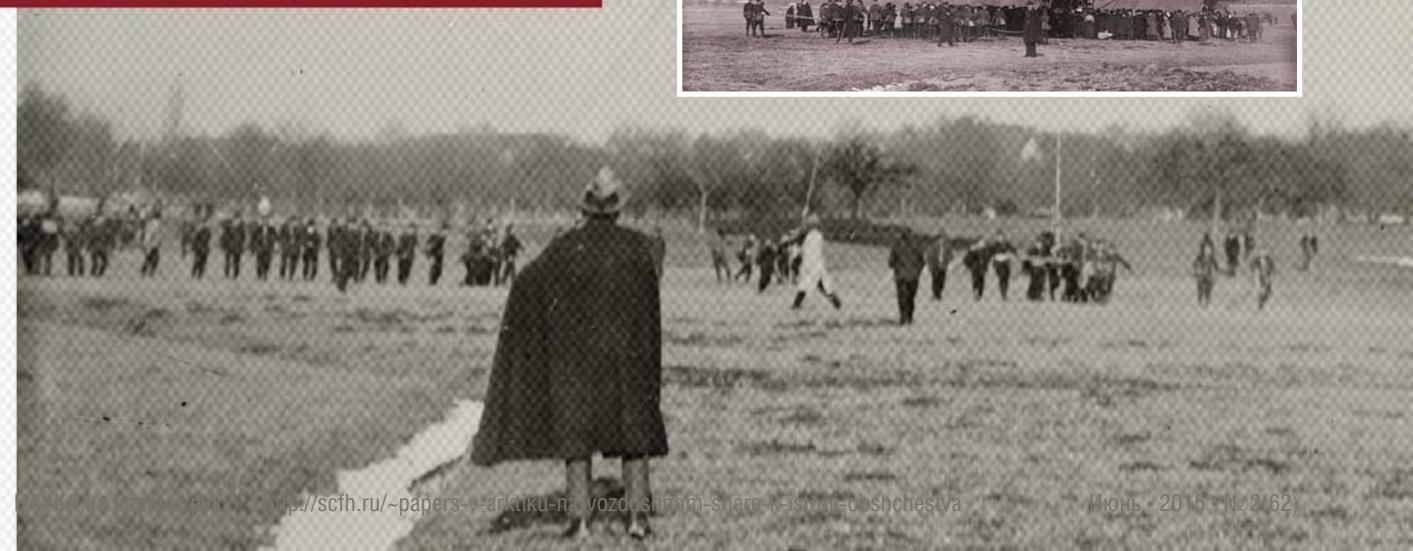
Боденским озером, недалеко от Фридрихсхафена еще в 1900 г. Первоначальный замысел Цеппелина состоял в том, чтобы усилить с помощью дирижаблей военную мощь Германии. Однако за несколькими удачными опытами последовала катастрофа, которая могла бы поставить крест на этой ветви развития дирижаблестроения. Четвертый дирижабль Цеппелина LZ4, в который были вложены все оставшиеся у него к этому времени средства, пришвартованный недалеко от Штутгарта, был уничтожен внезапно налетевшей бурей. Продолжать работы при полном отсутствии финансов было невозможно... И тут всего за несколько дней граждане Германии собрали для Фердинанда фон Цеппелина громадную сумму – около 6 млн марок – в поддержку начинания, повышавшего национальное самосознание и сулившего немалые выгоды. Так вышло, что крушение четвертого дирижабля Цеппелина, напротив, послужило развитию бизнеса: созданию специализированной компании *Luftschiffbau ZEPPELIN GmbH* и фонда Цеппелина – *Zeppelin Foundation*. А идея профессора Гергезелля, возможно, открывала перед ним новые горизонты...

Хвост дирижабля Цеппелин, 1908 г.  
Library of Congress Prints and Photographs Division  
Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>

В течение нескольких месяцев ведущие специалисты: географы, метеорологи, аэрологи, мореплаватели и путешественники – обменивались мнениями по вопросу об использовании воздушного корабля для географических исследований и, наконец, пришли к выводу, что надо попытаться осуществить такой полет над полярным пространством.

Ученые того времени не считали достижение Северного полюса самоцелью. Без изучения астрономии, биологии, геологии, метеорологии, океанографии и других составляющих природы полярных пространств оно осталось бы только спортивным достижением.

Здесь стоит напомнить, что идею о возможности достижения полюса на воздушном шаре высказал еще в 1845 г. французский аэронавт Жюль Франсуа Дюпюи-Делькур (*Dupuis Delcourt*, 1802–1864). Во Франции же был построен и первый «дирижабль»: аэростат веретенообразной формы длиной 44 м, оснащенный





Обложка иллюстрированного журнала *Illustrirtes Wiener Extrablatt* (25 сентября 1874 г.) с портретами Юлиуса фон Пайера (слева) и Карла Вейпрахта (справа).  
Источник: *Stadtchronik Wien, Verlag Christian Brandstätter, S. 320. Public domain*



Шведский исследователь Соломон Август Андрэ (1854—1897).  
Фото Gösta Florman.  
© Музей северных стран (Nordiska museet), Стокгольм.  
Фотография представлена Wikimedia Commons Музеем северных стран Nordiska museet в рамках совместного проекта Wikimedia Sverige

Фото фабрики воздушных шаров Генри Лашамбра в Париже, где был изготовлен знаменитый *Ornen*. 1890-е гг.  
Фото из книги Sven Lundström "Vår position är ej synnerligen god...", Carlsson bokförlag, Stockholm, 1997, p. 46. Public domain



наблюдениями по пути следования – метеорологическими, геомагнетическими, географическими и др.

Впервые Андрэ доложил о своем намерении на заседании Шведской академии наук 13 февраля 1895 г., а 15 февраля того же года – в Шведском географическом обществе. Проект изучали и во французской Академии наук, и в Парижском воздухоплавательном обществе, и на VI Международном географическом конгрессе, проходившем в Лондоне. Все эти авторитетные организации и собрания поддержали замысел Андрэ. Его сторонником стал и Н.А.Э. Норденшельд (*Nils Adolf Erik Nordenskiöld, 1832–1901*), известный знаток северных полярных пространств.

В том же 1895 г. и в петербургском «Метеорологическом вестнике» был напечатан присланный самим Андрэ доклад о планирующемся полете на аэростате к Северному полюсу. Несмотря на высказывания некоторых ученых и специалистов об отсутствии достаточного опыта у команды Андрэ и сомнения в достаточной технической оснащенности, решение было принято. Снаряжение и финансирование экспедиции осуществлялись под покровительством выдающихся людей Швеции – короля Оскара II, инженера, химика (впоследствии основавшего Нобелевскую премию) и барона Оскара Диксона, промышленника и филантропа, энтузиаста арктических исследований.

11 июля 1897 г. аэростат *Ornen* (Орел) с участниками проекта физиком Н. Стриндбергом, техником К. Френкелем и руководителем экспедиции С. Андрэ на борту стартовал при попутном ветре со Шпицбергена.

Карта Архипелага Земля Франца Иосифа, нарисованная его первооткрывателем Юлиусом Пайером.

*Nansen, Fridtjof: Farthest North, Vol. II, Constable & Co, London, 1897*

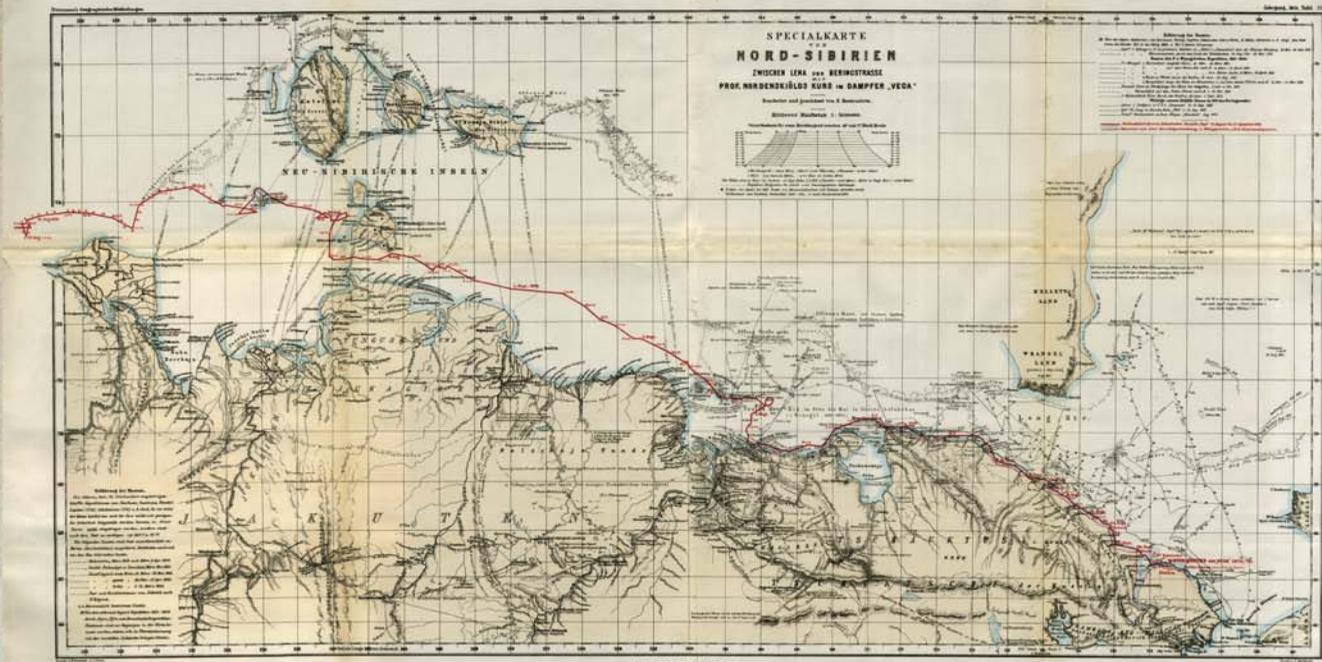
паровым двигателем, поднялся в небо 24 сентября 1852 г. в Версале. Управлявший им Анри-Жак Жирар, бывший железнодорожник, пролетел значительное расстояние – 31 км. Однако отправиться на подобном агрегате в неизведанные полярные пространства решились далеко не сразу, несмотря на то что для многих, кто отправлялся в Арктику, было очевидно, какую пользу могли принести «воздушные суда». «Какое огромное значение имело бы применение воздушных шаров для плавания в полярных льдах! Было бы чрезвычайно целесообразно подыматься на таких шарах с корабля хотя бы на несколько сот футов. Без сомнения, всякий корабль, который применит это средство, извлечет из него большую пользу», – так написал в 1876 г. Юлиус Пайер (1842–1915), руководитель австрий-

ской полярной экспедиции 1872–1874 гг., результатом которой стало открытие Земли Франца Иосифа (цит. по: Чернов, 1975).

Идея применить аэростаты различной конструкции для исследования полярных районов буквально носилась в воздухе начиная с 1870-х гг. Исследователи и путешественники разных стран выдвинули немало вполне приемлемых проектов, которые, однако, не были реализованы – некоторые из-за недостатка средств, другие – по иным причинам. И вот наконец появился наиболее близкий к нашему сюжету проект экспедиции, предложенный Соломоном Августом Андрэ (*Salomon August Andrée, 1854–1897*).

## В Арктику на воздушном шаре

Шведский полярный исследователь, инженер и естествоиспытатель С. Андрэ выдвинул план достижения Северного полюса на аэростате, управляемом с помощью системы парусов и гайдроба, с научными



На карте Северной Сибири между Леной и Беринговым проливом красной линией отмечен курс Н. А. Э. Норденшельда на пароходе «Вега». *Verarb. und gezeichnet V. Hassenstein. – 1: 3000 000. – Gotha: J. Perthes, 1879. (Tafel 17). Библиотека Российской академии наук, Санкт-Петербург*

14 июля шар, значительно потяжелевший от тумана и осадков, опустился на лед, и участники двинулись назад пешком, по пути стараясь производить метеорологические и другие естественно-научные наблюдения... 17-м октября, как выяснилось позднее, была датирована последняя запись в календаре-альманахе Стриндберга.

О судьбе путешественников долгие годы ничего не было известно. Последний лагерь экспедиции был обнаружен лишь через 33 года, 6 августа 1930 г., экипажем норвежского судна «Братвог», а тогда для всего мира они считались пропавшими. «Андрэ стал первым, кто проник в Арктику на воздушном средстве и осуществил свой полет тогда, когда управляемое воздухоплавание только зарождалось», – напишет годы спустя гидрограф, океанолог, полярный исследователь В. Ю. Визе. Однако тогда, в конце XIX в., трагический исход экспедиции Андрэ привел многих, даже из тех, кто прежде поддерживал его, к мысли о том, что такие путешествия и исследования неосуществимы.

## Вторая попытка

Возвращаясь к нашему основному сюжету – об осуществлении замысла Гергезелля использовать воздушный корабль для научных исследований в области географии, мы не можем не провести здесь вполне очевидные параллели. Бурная полемика, развернувшаяся в прессе и в научном мире о судьбе пропавшей экспедиции, за десять лет до того, как он высказал свою идею, еще свежа была в памяти тех, кто теперь должен был поддержать фактически то же самое, что попытался осуществить Андрэ. И здесь также сыграла немалую роль горячая поддержка самого авторитетного в мире специалиста – норвежского полярного исследователя Фритьофа Нансена (*Fridtjof Wedel-Jarlsberg Nansen, 1861–1930*), который полагал, что таким образом можно будет решить целый ряд проблем в области метеорологии, гидрографии и физической географии Арктики. В 1909 г. он написал профессору Гергезеллю: «В чисто географическом отношении такие путешествия с воздушными кораблями дадут громадные результаты даже и при условии, если не будет произведено спусков на по-

Станция шведского исследователя Соломона Андре на Шпицбергене.

*Source: Flickr Commons project, 2009. Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>*

верхность. Они укажут на распределение суши и моря довольно точно и позволят сделать важные заключения о топографии неизвестной еще части полярной области, что имеет громадное значение для решения вопроса о циркуляции гидро- и аэросферы. Работа Гелланд-Гансена и моя о Норвежском море\*, ... которую Вы получили, Вам покажет, какое большое значение я придаю этой проблеме. Мы сейчас гадаем лишь при помощи гипотез о том, что существует в неизвестных областях. Во время такой поездки возможно будет изучать распределение и состав ледяной поверхности в Полярном бассейне, что также имеет большое значение для проблемы циркуляции моря. В случае же, если воздушному кораблю явится возможность опускаться в разных местах на лед и задерживаться на несколько часов на одном месте, могут быть произведены весьма ценные океанографи-

\* Под этим названием Нансен подразумевал часть Атлантического океана, лежащую между Норвегией, Шпицбергом, о. Ян-Майеном, Исландией и Фарерскими и Шетландскими островами

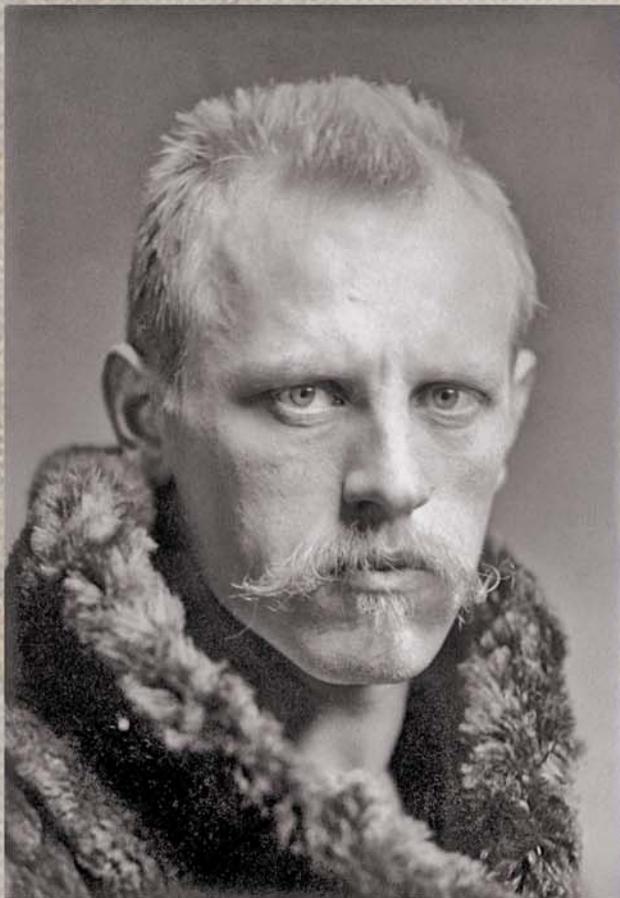
ческие наблюдения: промеры, сбор проб морской воды и наблюдения температуры на различных глубинах. Ко всему этому будут получены еще и очень ценные исследования над полярной атмосферой в различных слоях» (цит. по: Брейтфус, 1928).

Для того чтобы оценить возможность реализации такого проекта, летом 1910 г. на Шпицберген, который тогда еще был ничейной землей и откуда уже стартовали прежде аэростаты, отправилась небольшая экспедиция, в составе которой был сам профессор Гергезелль. Участие в поездке конструктора, Фердинанда фон Цеппелина, указывало на то, что речь идет уже вполне конкретно – об использовании аэростата с двигателем, т. е. дирижабля.

Как представлялось специалистам, полярные страны, наверное, самое благоприятное место для применения воздушных кораблей, требуется лишь настолько усовершенствовать их, чтобы они смогли противостоять сильному ветру и совершать беспосадочные полеты в течение нескольких дней.



7183. - SPITSBERGEN. ANDRÉ'S STATION PAA DANSKØEN.



Фритъёф Нансен в 1896 г.  
после возвращения из Арктики.  
Photo by Henry Van der Weyde.  
Public domain

В составе экспедиции был и Адольф Мите, выдающийся ученый, один из пионеров цветной фотографии (Adolf Miethe, 1862–1927). Занимался он съемкой в научных целях и здесь, на Шпицбергене. На следующий год в гавани Эбельтофт была организована геофизическая станция, где в течение двух последующих лет проводились метеорологические наблюдения с целью выяснения условий для аэронавигации.

Начавшаяся вскоре первая мировая война помешала дальнейшим исследованиям. И хотя эти работы послужили дополнительным стимулом к развитию в Германии дирижаблестроения, наибольший прогресс в этом деле был связан все же с военными действиями: германские вооруженные силы использовали дирижабли для разведки и ведения бомбардировок. К началу первой мировой войны в компании *Luftschiffbau ZEPPELIN GmbH* было построено несколько дирижаблей длиной 148 м, развивавших скорость до 80 км/ч, а всего с 1900

по 1916 г. в Германии было создано 176 аэростатов различных конструкций, из них 123 – только во время первой мировой войны. И подавляющее их число которых – от LZ 26 до LZ 119 – были произведены фирмой Фердинанда фон Цеппелина. Его фамилия и стала именем нарицательным для этих летательных аппаратов...

11 ноября 1918 г. первая мировая война завершилась Компьенским перемирием, означавшим капитуляцию Германии. Теперь многое зависело от международно-правовых вопросов, связанных с воздухоплаванием, которые оказали влияние на дальнейшее развитие дирижаблестроения.

По решению Верховного совета государств-победителей в 1918 г. была создана комиссия для продолжения работ по установлению международного воздушного права, начатых еще на парижской конференции в 1910 г. Тогда конференция закончилась безрезультатно, так как выработанный проект Конвенции из 55 статей отказалась подписать одна из стран-участниц – Англия. В 1913 г. была сделана еще одна попытка урегулировать воздушное сообщение, хотя бы между двумя странами – Германией и Францией, но начавшиеся военные действия обнулили заключенные соглашения.

И теперь, по завершении первой мировой войны, время для решения международно-правовых вопросов также было выбрано не самое удачное – в содержании статей договора явно отразилось деление государств на победителей и побежденных. Проигравшая сторона, Германия, вынуждена была расплачиваться по репарации, в том числе и «цеппелинами». Кроме того, согласно условиям Версальского мирного договора от 28 июня 1919 г., Германии запрещалось иметь многие современные виды вооружения, прежде всего боевую авиацию, и, следовательно, производить дирижабли, которые могли быть использованы как в военных, так и в мирных целях.

Кроме того, в договоре имелись статьи, предоставляющие воздушным судам победителей право летать над всей территорией побежденных государств: Версальский договор установил для победителей на пятилетний срок полную свободу для воздушных судов летать над территорией и территориальными водами Германии и опускаться на них (ст. 313), «пролетать транзитом, без спуска, в любое иностранное государство над территорией и территориальными водами Германии» (ст. 314). Военные воздушные суда победителей получили право летать над территорией Германии в течение всего срока, пока длится военная оккупация части германской территории. Проект Конвенции был выработан в 1919 г. и 13 октября того же года принят державами (Грабарь, 1927).

И тут снова на страницах нашего рассказа появляется Вальтер Брунс. В январе 1919 г. Брунс, бывший капитан

дирижабля, военный разведчик, выступил на заседании Общества естествоиспытателей в Герлице с докладом о возможности трансарктического сообщения с помощью воздушного корабля между Европой и бассейном Тихого океана (Брейтфус, 1928).

Предложенный маршрут был проложен через два города Советской России Архангельск и Петроград и предполагал налаживание пассажирских и грузовых перевозок, а также почты. Даже не обладая всем массивом архивных документов, можно, тем не менее, представить, когда и как именно был составлен его проект.

Прежде всего, вероятно, его появление связано с тем, что Брунс искал возможность применить свои знания и умения, оставшись, как и многие специалисты, не у дел еще до заключения Версальского договора.

Также можно высказать осторожное предположение, что на появление проекта оказало влияние членство В. Брунса в Германском обществе по изучению Восточной Европы («Остен-Европа»). Основанное в 1913 г. в Берлине, по инициативе социального историка Отто Хетча, Общество первоначально носило название

«Германское общество изучения России» (*Die Deutsche Gesellschaft zum Studium Russlands*). Цели и задачи ставились научные, однако политики часто находят свое применение движению научной мысли.

О том, какое значение придавалось в Германии этому объединению, свидетельствовало то, что уже на учредительном собрании было более ста делегатов, в том числе представители правительства, Министерств торговли, финансов, иностранных дел, офицеры рейхсвера, германское посольство в Москве в полном составе, прусский министр Фридрих Шмидт-Отт (*Friedrich Schmidt-Ott*, 1860–1956), ученые разных областей знания. Первым президентом общества стал граф Герман фон Хатцфельд. Общество просуществовало лишь с осени 1913 г. до лета 1914 г., а возродить его О. Хетч с коллегами смог только в июле 1918 г., и уже под новым названием – «Общество по изучению восточной Европы» (*Deutsche Gesellschaft zum Studium*

На Шпицбергене. 1910 г. Фото Адольфа Мите





Первый маршрут, предложенный Брунсом, проходил из Лондона через Петроград–Архангельск–полярную область–г. Ном на Аляске–о. Унимак (Алеутские острова) и затем в Йокогаму или в Сан-Франциско и по предварительным расчетам мог быть совершен за семь дней



Город Ном, Аляска. 1910 г.  
Source: Flickr Commons project, 2009.  
Library of Congress Prints and Photographs Division  
Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>

*Osteuropas*), сегодня это общество называется *Deutsche Gesellschaft für Osteuropakunde*.

По предварительному расчету Брунса выходило, что поездка, например, из Лондона через Петроград–Архангельск–полярную область – г. Ном на Аляске – о. Унимак (Алеутские острова) и затем в г. Йокогаму или в Сан-Франциско, могла быть совершена не более чем за 7 дней. Однако, представляя лишь технические возможности летательного аппарата, Брунс отдавал себе отчет в том, что реализация проекта возможна только после оценки его специалистами: географами, метеорологами, а также коллегами-воздухоплавателями.

Для рассмотрения этого проекта вскоре была образована специальная комиссия под председательством астронома, геодезиста, директора Геодезического института в Потсдаме, профессора Е. Кольшюттера. По заключению комиссии проект был в целом приемлемым, необходимо было лишь выяснить метеорологические условия в Арктической области и уточнить возможности современного воздушного корабля.

При этом не только для освоения предполагаемой трансарктической линии, но и для нужд синоптической метеорологии крайне важно было изучить северную полярную область, так как на картах сохранялись еще «белые пятна». Многочисленные обсуждения и подготовительные работы, в которых приняли участие специалисты (например, техническую его сторону оценивал известный конструктор воздушных кораблей, председатель Общества воздухоплавания в Германии, проф. Иоганн Шютте), позволили сделать вполне благоприятные заключения.

Проект, таким образом, теперь распадался на две крупные задачи: возможность реализации с его помощью научных задач в арктической зоне и осуществление

транспортных перевозок на огромные расстояния в направлении, до сих пор не освоенном. С этих точек зрения он в основном и рассматривался. И хотя проект получил теоретическое обоснование, но практически в Германии он не мог быть реализован из-за запрещения строить большие дирижабли...

## Путешествие через полюс

7 октября 1924 г. в Берлине состоялось заседание с участием профессора Фритьофа Нансена, на котором присутствовал также и председатель созданного в октябре 1920 г. Общества содействия Германской науке, бывший прусский министр, профессор Ф. Шмидт-Отт. На этом заседании Комиссия, образованная первоначально для оценки проекта Брунса, была преобразована в *Internationale Gesellschaft zur Erforschung der Arktik mit Luftfahrzeugen* – «Международное Общество по изучению Арктики при помощи воздушного корабля», или «Аэроарктик». Здесь усматривается параллель с образованием Полярной комиссии Академии наук в России, когда структура, созданная для решения вопроса об исследовании новооткрытой Земли императора Николая II, была преобразована в комиссию, на которую возложили задачу координировать все исследования в полярной области.

Ф. Нансен был избран председателем «Аэроарктик», капитан В. Брунс – генеральным секретарем. Фигура Нансена, лауреата Нобелевской премии мира за 1922 г., в данном случае была чрезвычайно важна не только придавая новому Обществу вес в научных кругах, но также являясь свидетельством того, что речь идет о мирном проекте, а не о нелегальном возрождении запрещенной после первой мировой войны германской авиации. Изложение предварительной работы комиссии было напечатано в докладной записке под заглавием: *Das Luftschiff als Forschungsmittel in der Arctis. Eine Denkschrift von Internat. Studiengesellschaft für Erforschung der Arctis mit dem Luftschiff (Berlin, 1924)* («Дирижабль в качестве исследовательских средств в Арктике. Меморандум Международной Исследовательской ассоциации для изучения Арктики с помощью дирижабля»).

В советской прессе это событие также нашло отражение. Так, в журнале «Самолет» в № 10 была опубликована статья о том, что в Европе создано Международное общество по исследованию полярных областей, которое возглавили виднейшие представители ученого мира отдельных государств, в том числе и СССР (Бобров, 1924).

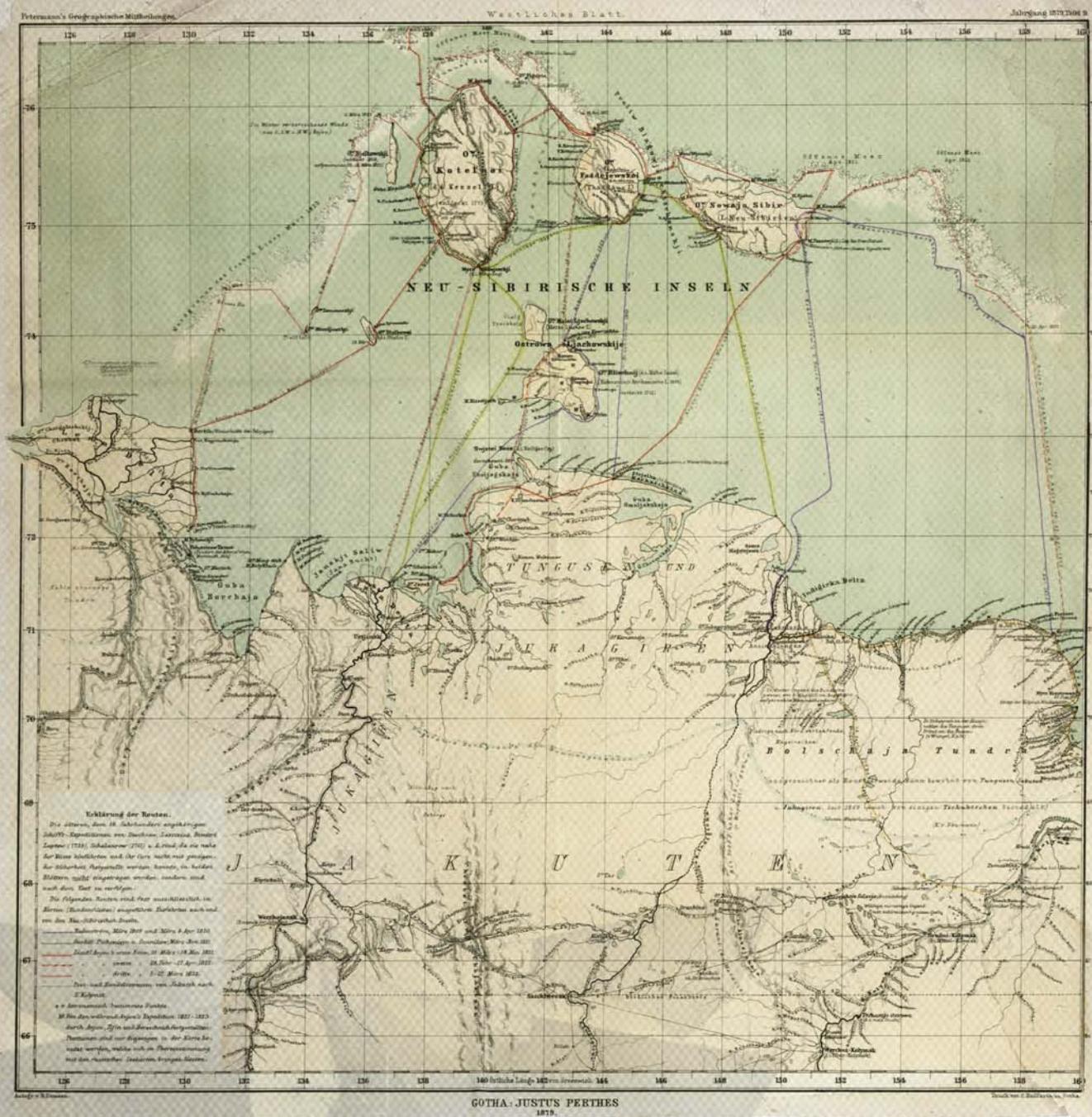
Событие, которое также добавило популярности новому обществу – состоявшийся всего неделей позже удачный перелет немецкого авиаконструктора и воздухоплавателя Гуго Эккенера (*Hugo Eckener*, 1868–1954) на цеппелине LZ 126 из Фридрихсхафена в Нью-Йорк.

Предыстория этого перелета такова. Эккенаер, будучи поначалу активным противником дирижаблей, написал после (упоминавшегося выше) крушения цеппелина LZ 4 в 1908 г. очередную критическую статью с перечислением его недостатков. После этого к нему обратился сам граф Цеппелин, предлагая вместе работать над усовершенствованием аппарата. И уже в 1910 г. Эккенаер получил должность капитана дирижабля и управляющего полетами в акционерном обществе Цеппелина.

В 1914 г., с началом первой мировой войны он подал прошение о принятии его в ВВС для управления



Йокогама, Япония. 1910 г.  
Source: Flickr Commons project, 2009.  
Library of Congress Prints and Photographs Division  
Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>



Карта Северной Сибири между Леной и Беринговым проливом в 2-х листах / Bearb. und geseichnet V. Hassenstein. – 1: 3 000 000. – Gotha: J. Perthes, 1879. – Östliches Blatt (Tafel 10). Библиотека Российской академии наук, Санкт-Петербург

боевым дирижаблем. Вместо этого Эккенера назначили инструктором в летную школу в г. Нордхольц, где он и служил до конца войны. В 1917 г., после кончины Цепелина именно Эккенера стал главой акционерного общества *Luftschiffbau ZEPPELIN GmbH*. Однако работать было почти невозможно, – ведь по условиям мирного договора Германии запрещалось строить большие дирижабли...

Эккенера все же нашел выход и вскоре, в 1920 г., начал переговоры с ВМС США о постройке дирижабля

для американской армии, предложив передать им воздушный корабль новой конструкции в ответ на отказ от репараций (3,2 млн марок золотом). Соглашение было достигнуто в 1921 г., и уже в 1922 г. началось строительство дирижабля LZ 126 (ZR III). Завершилось оно в сентябре 1924 г. Согласно договору, компания *Luftschiffbau ZEPPELIN GmbH* должна была доставить дирижабль в США. Эккенера решил управлять им самостоятельно. 12 октября 1924 г. дирижабль LZ 126 отправился в путь и 15-го октября он, пролетев над Нью-Йорком, благополучно приземлился в Лейкхерсте. Дирижабль получил название *Los Angeles* и был зачислен в ВМФ США.

Этот перелет убедил в достаточной надежности такого способа сообщения. Общество «Аэроарктик» обрело все большую известность во многих странах, в том числе и в Советской России, где «не только в ученых сферах, но и в правительственных отнеслись вполне серьезно к проекту Брунса “трансарктического воздушного сообщения на дирижаблях”» (Брейтфус, 1928).

Действительно, почти сразу же по завершении заседания, на котором было образовано Общество «Аэроарктик», проект, который В. Брунс докладывал еще в 1919 г. в Герлице, был в расширенной форме предложен Советскому правительству и поступил на рассмотрение Полярной комиссии Академии наук. Здесь следует напомнить, что созданная при Академии наук в 1914 г. Постоянная Полярная комиссия (Полярная комиссия или ПК), в задачи которой входила координация всех исследований в Российской Арктике, после событий 1917 г. не только не утратила своего значения, но и приобрела новые функции. Так, в середине 1920-х гг. Госплан предоставил ей полномочия рассматривать все проекты всех экспедиций по исследованию советского сектора Арктики, откуда бы они ни поступали, как отечественные, так и иностранные, и выносить решения о возможности их практической реализации. Заседания, на которых рассматривались отдельные проекты, проходили в режиме секретности, а материалы и заключения Полярной комиссии поступали непосредственно в Правительство страны.

Проект, представленный генеральным секретарем Общества «Аэроарктик» В. Брунсом в Академию наук СССР, лишь немного отличался от доложенного им в 1919 г. в Герлице и предполагал осуществление трансарктического перелета на дирижабле по маршруту Амстердам – Ленинград – Архангельск – устья рек Обь и Лена – Берингов пролив – о. Унимак – Ванкувер или Йокогама. Теперь началом маршрута был не Лондон, а Амстердам, завершался же маршрут по-прежнему в Йокогаме или Сан-Франциско.

Принципиально проект отличался от первоначально лишь тем, что предусматривал рекогносцировочный полет, основная часть которого должна была пройти над северным побережьем СССР – разведочная экспедиция воздушного корабля, которая обязательно должна была пройти над Землей императора Николая II, тогда еще не обследованной. Цель перелета оставалась той же – выяснить возможность пассажирского сообщения между отдаленными точками земного шара, которых можно достичь, только пересекая преимущественно равнинные пространства Арктики (поскольку перепады высоты и температуры при полетах над холмистыми и горными территориями губительны для дирижабля или «воздушного корабля»). Согласно расчетам, приведенным в проекте, весь путь (13–14 тыс. км) можно будет преодолевать за 6–7 суток, тогда как при обычном высококлассном для того времени сообщении путь из Европы в Йокогаму составлял 35 суток. Предполагалось, что таким путем можно будет наладить пассажирское сообщение и доставлять почту, а дирижабль станет основой воздушного флота.

Подробности о дальнейшей судьбе проекта читайте в следующем номере журнала «НАУКА из первых рук».

#### Литература

Брейтфус Л. Л. Арктическая область. Ее природа, задачи и цели изучения. С рисунками, картой и таблицей главнейших этапов завоевания Арктики / Сост. Л. Л. Брейтфус. Л., 1928. (Издание Общества «Аэроарктик»).

Грбарь В. Э. История воздушного права // Вопросы воздушного права. Сб. тр. Секции Воздушного права Союза Авиационистов СССР и Авиационистов РСФСР. Вып. 1. / Под ред. П. И. Баранова, В. А. Зарзара, проф. Е. А. Коровина, В. Л. Лахтина, проф. А. В. Сабанина. М.: Авиационист, 1927.

Чернов А. А. Путешествия на воздушном шаре. Л.: Гидрометеопиздат, 1975.

Lüdecke C. Die Deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende und der Einfluß Erich von Drygalskis. // Ber. Polarforsch. 158. (1995). S. 125; S. Barr, C. Lüdecke, editors. The History of the International Polar Years (IPYs), Springer, 2010. P. 139–140.

Miethe A., Hergesell H. Mit Zeppelin nach Schpitzbergen. Berlin, 1911.

# Гвардейцы Золотой Долины

«... Лишь только бой угас,  
Звучит другой приказ...»

«... Сознание того, что мы живы и поэтому в долгу перед павшими, заряжало нас такой энергией, давало такую зарядку, что мы преодолевали все препятствия, которые перед нами стояли. После войны мы перенесли этот дух фронтового натиска на мирные исследования. Мы – вечные должники этих непришедших, этих известных и неизвестных героев, которые обеспечили своей кровью нашу победу».

Академик  
Н. Н. Яненко



Мои угремкы смолы  
мои угремлялы

# Его военные университеты

*Мои учебные сумки  
мои учебные сумки.*

Когда началась война, Николай Яненко был студентом физмата Томского университета, только что перешедшим на 3-й курс, – в армию тогда его не взяли из-за сильной близорукости. На уже через год досрочно закончивший университет будущий преподаватель математики ушел на фронт. Пропагандисту и переводчику Яненко пришлось «бывать в различных перепалках, иметь одеялом, матрацем и подушкой шинель, спать на снегу и лазать на четвереньках по нейтральной», но каждую свободную минуту он читал какие-то мудреные книги, которые носил в своем вещмешке. Спустя годы после войны Яненко так ответил на вопрос «Что Вы думали на войне о будущей мирной жизни?»: «У меня были две мысли. Мне хотелось повидать свою мать – это мне не удалось. И я думал заниматься своей любимой наукой – математикой». Их этих двух желаний лейтенанта Яненко осуществилось лишь второе, но зато в полной мере...

Однокурсница Николая Яненко, В. Н. Сулова, вспоминала, что «в учебе он всегда был одним из самых сильных... был очень бедно одет, даже по сравнению с нами». Отец Николая рано умер, и мать одна поднимала пятерых детей. Родные, жившие в Новосибирске, почти ничем не могли помочь большой семье и в мирное время. Жить стало трудно уже в 1939 г., с началом финской войны, но зимой 1941–1942 гг. семье пришлось по-настоящему голодать.

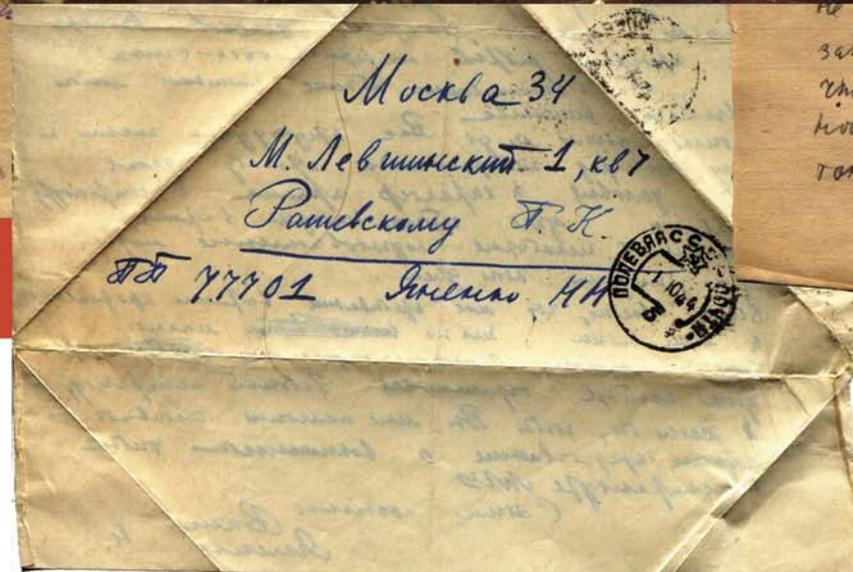
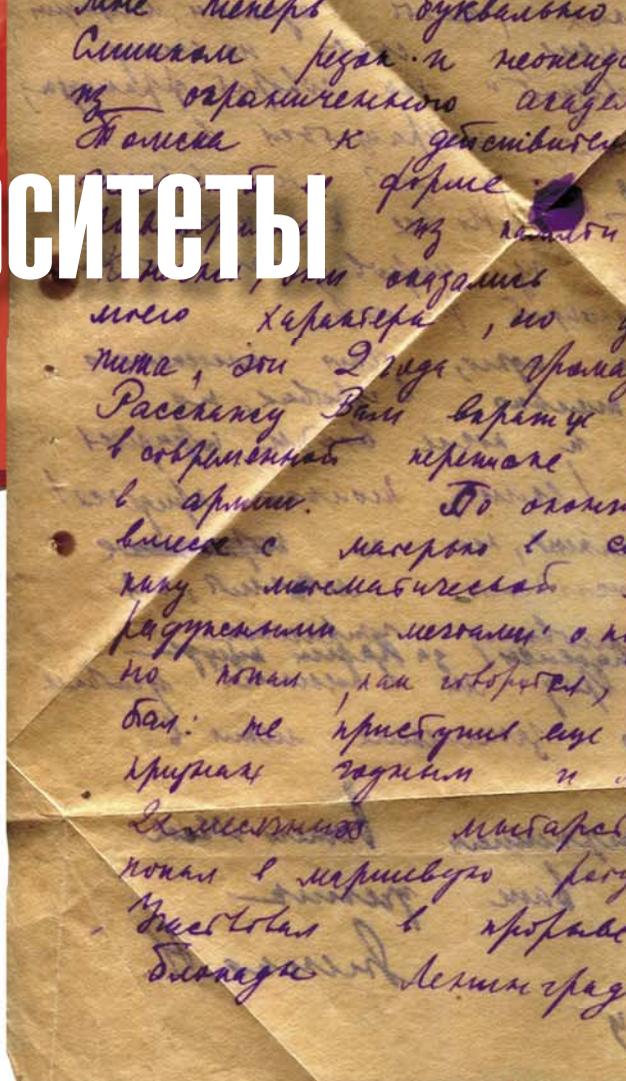
Несмотря на трудное время, учебную нагрузку Николай не уменьшил, а, напротив, увеличил. Его рабочий день начинался в 7 часов утра – один час до ухода на лекции он посвящал французскому языку. Затем до 11 часов вечера – занятия в университете: лекции, семинары, читальный зал... Возвращался Николай домой около полуночи и до часу ночи учил английский язык (немецкий язык он сдал сразу за весь курс обучения еще при поступлении в университет). Затем – шесть часов на сон, а назавтра все такой же жесткий режим. Сейчас просто невозможно понять, как ему удавалось выдерживать такие нагрузки, будучи постоянно голодным.

Из воспоминаний о Н. Н. Яненко: «Вот он стоит в очереди за пайком хлеба. Он занят серьезными размыш-

лениями, которые не покидают его и по дороге домой. Уже взявшись за щеколду двери, он обнаруживает, что руки пусты – весь хлеб он съел сразу. А ведь намеревался собрать всю силу воли и, разделив паек на равные части, обеспечить себе завтрак, обед и ужин.

У Николая от недоедания началась куриная слепота – с наступлением сумерек и до света он ничего не видит. Друзья помогают ему передвигаться, поддерживая под руки. В это отчаянное время его старший брат Шура, капитан, приезжает из армии в недельный отпуск. И целую неделю Николай ест (вместо Шуры) в офицерской столовой жареную печенку. Зрение возвращается. А когда без сознания от голода падает его товарищ Степан Боровенский, у Коли хватает сил погрузить его на санки и отвезти в медпункт. Помощь подоспела вовремя».

Николай усиленно занимался и основными предметами, обгоняя программу, и уже летом 1942 г. заканчивает университет. У него диплом с отличием, поэтому место работы выбирает сам. Его выбор – школьный преподаватель математики в с. Северное. Он мог бы остаться и в Томске, преподавать в Томском артиллерийском



Лейтенант Николай Яненко (верхний ряд, в центре) с однополчанами. Волховский фронт. Декабрь 1943 г.

училище, но все говорят – в деревне сытнее. Хозяйка его последнего студенческого угла, жалея Николая, советовала: «Поезжай в деревню, заберешь маму, заведете корову, и проживете. Сколько же можно голодать».

В Северное Николай приехал поздно вечером. В пустой избе – ни крошки. Он отправился по соседям: продайте картошки. Одна из женщин (мужчин уже не осталось) сказала: «Продать не могу, а Христа ради возьми». И подала в окно несколько картофелин...

Через два дня после прибытия в Северное, не успев приступить к работе, Николай получил повестку. Медицинские нормы были пересмотрены, и его бли-

зорукость уже не являлась преградой для армейской службы. Краткосрочные военные курсы рядовой Яненко проходил в Бийске. В октябре 1942 г. в составе вновь сформированных частей 2-й ударной армии он выехал на фронт – под Ленинград, на прорыв блокады.

Ехали через Новосибирск, где Николай чуть не опоздал к отправке эшелона – он очень хотел увидеть мать и убежал в самоволку. Это было их последнее свидание. Начальство его отругало, но не наказало...

...В 1983 г. на встрече ветеранов 376-й Кузбасско-Псковской Краснознаменной дивизии академик Яненко расскажет:



Н. Н. Яненко и его фронтовой друг капитан Н. Петров.  
21 декабря 1943 г., Волховский фронт

«Это было трудное для нас время. Страна мобилизовала все силы, из Сибири шли пополнения для частей, сражавшихся на фронте.

22 октября мы выехали из Бийска и 17 ноября прибыли в район ст. Войбокало под Ленинградом. Почти месяц ехали в теплушках. Войбокало было совсем рядом с передовой, и мы сразу же слышали канонаду, которую я сначала принял за раскаты грома. Фронтовики посмеялись — это шла артиллерийская перестрелка.»

### «Бесконечные эпизоды войны»

«Я был направлен в 1248-й стрелковый полк. 11 января 1943 г. части нашей дивизии стали выдвигаться на исходные позиции, а на следующий день был нанесен общий удар по немецким войскам, начавшийся более чем двухчасовой артподготовкой. Впервые в своей жизни я был этому свидетелем. На всей передовой стоял сплошной гром и гул, работали все калибры артиллерии и «катюши».

В первый день наш фронт продвинулся на 3 км. Противник усилил сопротивление, подтянул 6-ствольные минометы, перебросил авиацию. 376-й дивизии пришлось буквально прогрызаться через оборону немцев, напиканную огневыми точками и дзотами. Все это

задерживало наше продвижение. Нужны были танки, но они не могли эффективно действовать, так как кругом были торфяные болота. Очень жесточенными были бои за высоту Синявино, окруженную болотами, которая много раз переходила из рук в руки. Вблизи нее образовалось кладбище подбитых танков, немецких и наших. В конечном итоге с одной стороны высоты закрепились мы, с другой — противник.

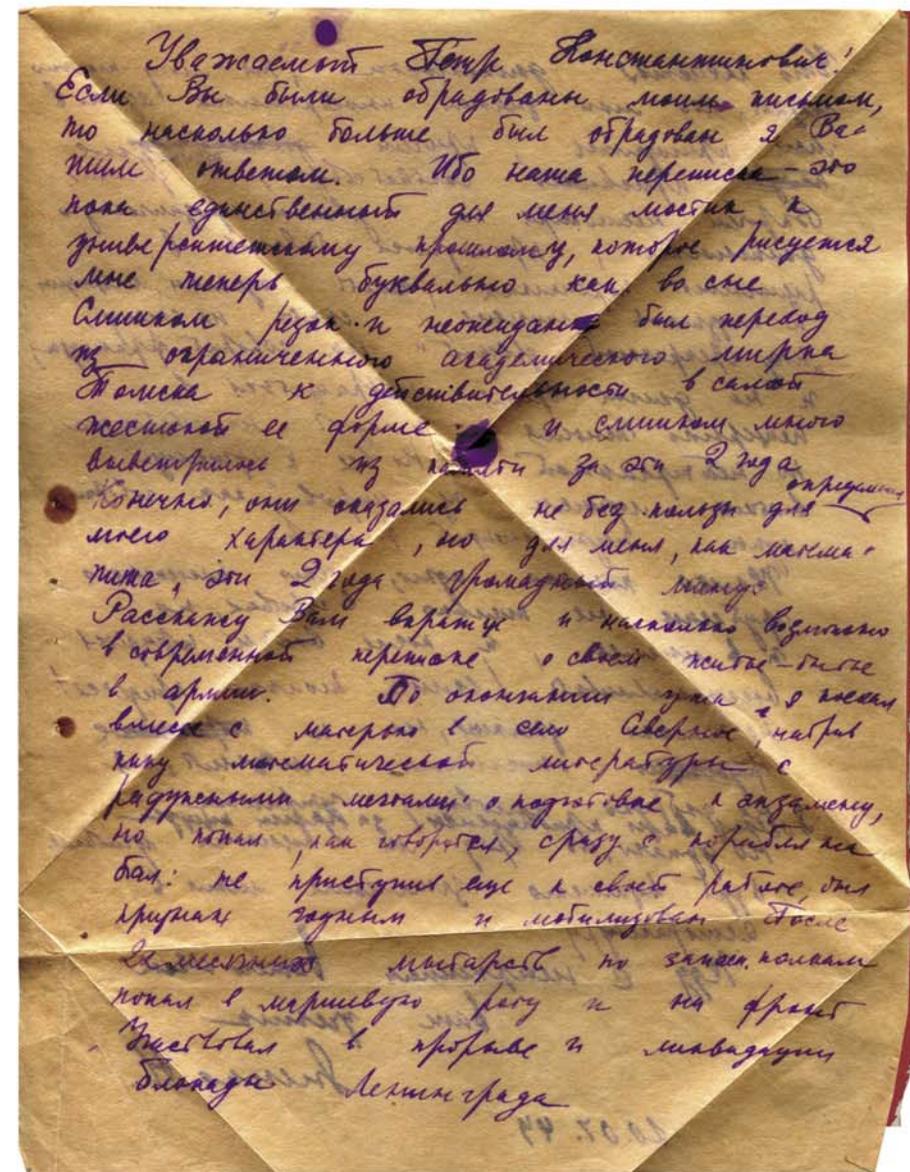
Семь дней шла битва в лесах и болотах, на заснеженных полях, а на восьмой день наши ударные группировки соединились в районе рабочего поселка № 5. Блокада была прорвана».

Наступившее затишье командование использовало для развертывания агитационной кампании. Работник штаба армии лейтенант А. Лорман искал среди солдат тех, кто хорошо знал немецкий, чтобы вести устную и печатную пропаганду: «Кто-то мне подсказал, что во втором эшелоне есть солдат с университетским образованием. Разыскал его, убедился, что он хорошо владеет немецким (оказалось, что он также знает английский и французский), и он был откомандирован в мое распоряжение».

Так Николай стал пропагандистом. Средства, которыми он мог пользоваться, были сначала очень примитивными. Для устной пропаганды использовался

простой жестяной рупор, почему пропагандист и назывался рупористом. Ему нужно было выучить наизусть текст, с наступлением темноты в сопровождении автоматчиков выползти на нейтральную полосу (50–75 м от немецких позиций) и, укрывшись в воронке, читать через рупор обращение к немецким солдатам с призывом сдаваться в плен. Обычно немцы несколько минут слушали, а потом открывали огонь. «На таком близком расстоянии от своих окопов они боялись применять артиллерию, а автоматный обстрел был не так страшен», — вспоминал Николай Николаевич Лорман так вспоминал своего рупориста: «В первый же раз, когда немцы огнем заглушили нашу передачу, он предложил ее тут же повторить, так как не все было слышно из-за стрельбы. В ту же ночь (обычно мы вели передачи до рассвета) мы перешли на другой участок. Мне всегда было приятно с ним работать».

Через некоторое время в штабе появился выносной динамик, и можно было, находясь в расположенном на передовой блиндаже, ставить пластинки с речами немецких антифашистов. Однако такая



Письмо учителю Петру Константиновичу Рашевскому.  
10 июля 1944 г.

«Уважаемый Петр Константинович! Если Вы были обрадованы моим письмом, то насколько больше был обрадован я Вашим ответом. Ибо наша переписка — это пока единственный для меня мостик к университетскому прошлому, которое рисуется мне теперь буквально как во сне. Слишком резок и неожидан был переход из ограниченного академического мирка Томска к действительности в самой жестокой ее форме и слишком много выветрилось из памяти за эти 2 года. Конечно, они оказались не без пользы для определения моего характера, но для меня, как математика, эти 2 года громадный минус. ...По окончании университета я поехал вместе с матерью в с. Северное, набрав кипу математической литературы с радужными мечтами о подготовке к экзамену, но сразу, как говорится, с корабля на бал: не приступив еще к своей работе, был признан годным и мобилизован.

Участвовал в прорыве и ликвидации блокады Ленинграда, что касается должности, то могу только сказать, что мои знания иностранных языков мнегодились, причем присвоено соответствующее офицерское звание. Впрочем, приходилось бывать в различных перепалках, иметь одеялом, матрасом и подушкой шинель, спать на снегу, под прекрасной звездой», как говорят французы, и лазать на четвереньках по нейтральной. «Но все к лучшему в этом лучшем из миров», — как говорил один неунывающий философ. Жалко только одно, что постепенно грубеешь не только в чувствах, но и в мыслях, и после войны придется восстанавливать (если только придется) не только знания, но и способность мыслить, которая на добрую половину утрачена. Я очень Вам признателен за Ваши труды. Но думаю, что вряд ли в военных условиях будет возможно зачисление меня в аспирантуру. Жду с нетерпением Вашего ответа.»

пропаганда вызывала наибольшую ярость у немцев, и во время одной из передач они открыли ожесточенную артиллерийскую стрельбу. Блиндаж был разбит, часовой погиб, но сам Николай каким-то чудом не был даже ранен.

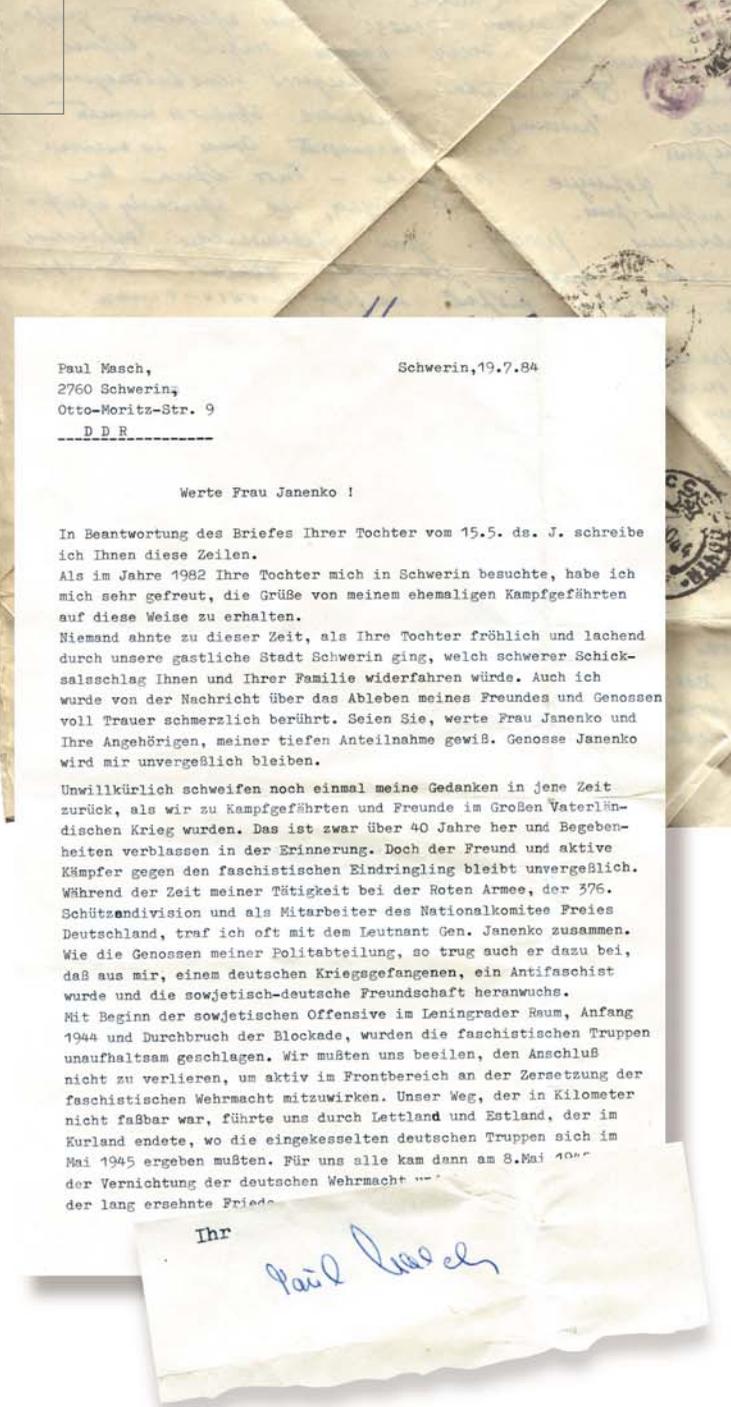
Вскоре он стал переводчиком при штабе: вел допрос пленных, читал захваченные документы, составлял сводки по разведанным. Его ближайшими друзьями стали не штабные офицеры, а разведчики на передовой: «Я очень дружил с разведчиками... Будучи военным переводчиком, я участвовал в их операциях, допрашивал пленных прямо на передовой. Общий риск, общая опасность, общее абсолютно необходимое дело сплачивали людей, и я не помню, чтобы между нами были какие-то ссоры». И разведчики уважали и ценили Николая: он был незлобив и терпелив, честен и добр, и отдавал им свои фронтовые «сто грамм» и табак, потому что сам не пил и не курил.

Об одном из этих фронтовых друзей, своем тезке Николае Петрове, Яненко будет вспоминать все свою жизнь: «Это был выдающийся человек. Он был талантлив как специалист, очень быстро рос, как командир, отлично зарекомендовал себя в боях. Он – тоже сибиряк, закончил педагогическое училище в Куйбышеве. Несмотря на молодость, провел ряд блестящих разведывательных операций в районе рабочих поселков». И годы спустя Николай будет переживать гибель капитана Петрова во время одной из дерзких разведывательных операций.

Еще одна необычная фронтовая дружба, подробности которой стали известны лишь десятилетия спустя, связывала Николая с молодым немецким военнопленным Паулем Машом. 22 мая 1981 г. был опубликован указ о присвоении академику Н. Н. Яненко звания Героя Социалистического Труда, и после этого в Институт теоретической и прикладной механики СО АН СССР пришло письмо от Лормана с адресом Маша. Яненко немедленно написал своему фронтовому другу, и они стали обмениваться короткими весточками, хотели встретиться, но... в январе 1984 г. Николая Николаевича не стало.

Через год после смерти своего друга Пауль Маш прислал семье Яненко свои воспоминания: «Я никогда не забуду товарища Николая. Мои мысли невольно возвращаются к тому времени, когда мы стали боевыми друзьями. С тех пор прошло более сорока лет, и подробности потускнели в моей памяти, но друг и активный борец против фашизма остается незабываемым».

...Как сотрудник Национального комитета «Свободная Германия» я часто встречался с лейтенантом Яненко. Он очень способствовал тому, чтобы из меня, немецкого военнопленного, сформировался сознательный антифашист, и тому, чтобы росла германосоветская дружба. ...Наш путь, который измерялся



Аспирант Московского университета Н. Н. Яненко. 1948 г.

Письмо Н. Н. Яненко к его учителю П. К. Рашевскому. 1 мая 1945 г.

**Воспоминания немецкого друга Н. Н. Яненко Пауля Маша. 19 июля 1984 г.**

не километрами, вел нас через Литву и Эстонию и окончился в Курляндии, где окруженные немецкие войска капитулировали в мае 1945 г.

Все это время я имел возможность часто беседовать с товарищем Николаем. Поскольку он хорошо владел немецким языком, трудностей в общении не возникало. Меня поражали его обширные знания, особенно в области немецкой литературы. Его интересовали немецкие сказки, шутки, анекдоты, жизнь «другой» Германии, а также жизнь немецких антифашистов. Мой боевой друг был оптимистом, всегда готовым по-

мочь в трудную минуту, стойким и любознательным. На его лице всегда была улыбка, когда он видел меня и приветствовал в это тяжелое время».

Каждую свободную минуту на передовой Николай читал какие-то мудреные книги, которые носил в своем вещмешке. Из письма Н. Н. Яненко своему учителю П. К. Рашевскому: «1 мая 1945. Несколько месяцев назад я выписал из дому книги «Топология» Зайферта и «Дифференциальная геометрия» Бляшке, но за это время продвинулся, надо сказать, очень недалеко: дошел до групп гомологии. В условиях наступательного боя и даже обороны занятия по математике – трудная вещь... Не дав существенных результатов, эти занятия,

однако, убедили меня в одном: что могу и в малый срок восстановить свои знания и, возможно, даже – тонус математической мысли. На этом кончаю.

P.S. При изучении групп гомологий симплициального комплекса натолкнулся на понятие фактор-группы... Если Вас не затруднит, прошу дать определение фактор-группы и нормального делителя. В ожидании Вашего ответа, Ваш Яненко».

25 апреля 1975 г. в радиointerview для молодых сотрудников ВЦ СО АН Николай Яненко так ответил на вопрос «Что Вы думали на войне о будущей мирной жизни?»: «У меня были две мысли. Мне хотелось повидать свою мать – это мне не удалось. И я думал



Георгий Сергеевич Мигиренко – советский механик и математик. Участник Великой Отечественной войны. Контрадмирал в отставке. Трижды награжден орденами Красной Звезды, другими орденами и медалями СССР

### ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИЗ ПАМЯТИ

«... Николай Николаевич предстает перед нами и в лице видного педагога, преподавателя высшей школы. До последнего времени мне казалось, что это был обычный профессионализм, связанный с непрерывным творчеством в области математики. Еще от своих учителей я получил представление о несомненном превосходстве в педагогике принципов сочетания собственного творчества и процесса передачи знаний, ибо побудить к открытию нового может только тот преподаватель, который в той или иной степени сам причастен к созиданию. В Н.Н. Яненко эти стороны сопрягались удивительно прочно. Но он хотел большего. Он стремился не только к личному успеху – хотя бы даже и в таком общественно важном деле, как преподавание в высшей школе. Пропаганда передовых идей, разъяснение принципиальных моментов новой деятельности, привлечение на свою сторону единомышленников – вот что считал он необходимым делать. За год до кончины Н.Н. Яненко <...> произнес перед представительным собранием вступительную речь о требованиях педагогики высшей, да и средней школ. Он коснулся в своей речи главным

образом двух проблем преподавания. Во-первых, – и этому он отдал предпочтение, – необходимость и возможность воспитания в молодежи верности своему призванию через большой труд.

Из его слов следовало, что малое трудолюбие молодого человека не приводит к формированию в нем качеств целеустремленного исследователя, к полной реализации его стремлений и призваний даже при наличии так называемых способностей. Убеждения и нуждаются в положительном отношении к труду, и, что особенно важно, его стимулируют. Во-вторых, Николай Николаевич со всей убедительностью подчеркнул преобразующую роль ЭВМ в вычислительной математике, во многих важнейших областях нашей жизни. Как я его тогда понял, эта новая наука и инструмент для ее реализации претендуют не только на изменение методов научного поиска и эксперимента, но и на создание нового стиля преподавания фундаментальных наук. Т.е. он имел в виду придание нашим наукам характера поиска истины через варьирование и оптимизацию идей, через математический эксперимент с множеством возможных решений. Меня глубоко заинтересовала эта мысль, и теперь я вижу путь изменения преподавания математики, физики и механики в вузе. Он состоит в сближении педагогики во всякой школе с жизнью, с эпохой, с потребностью проектирования и промышленной революции – революцией гибких производств, автоматов и роботов, соответствующих им технологий.

Надо сознаться, что все это в своей основе содержит математические модели, их введение в ЭВМ, варьирование и оптимизацию для нахождения решений, наименее уклоняющихся от необходимых и возможных. Отсюда и огромность значения алгоритмов, программирования и вычислительной математики и вообще всего того, что именуется математическим обеспечением. Наша с Николаем Николаевичем совместная работа, точнее сказать, работа исследовательских отделов, которыми мы заведовали – он в Вычислительном центре, я – в Институте гидродинамики, – являла собой один из первых примеров такого использования ЭВМ и математического обеспечения. Приведу памятный случай типичного математического эксперимента, адекватно заменяющего гидродинамический. В 60-е и отчасти 70-е годы нас занимала задача об оптимальной форме тела, плавающего в воде. Обычно такая форма отыскивалась путем буксировки тел в бассейнах или обтекания в кавитационных трубах. Этот труд является длительным, утомительным и дорогим. Нельзя ли заменить его математическим моделированием и «прогонкой» на ЭВМ? Так и было решено поступить. Исследование можно было вести двумя путями: искать через варьирование на основе интегрирования уравнений задачи форму, соответствующую минимуму сопротивления, или, задавшись разумным числом форм и просчитав на ЭВМ их сопротивления, найти

искомый минимум и обследовать его варьирование. Избран был второй вариант счета. В те же годы нас увлекали скороходы моря – дельфины и тунец. Оказалось, что найденная в ЭВМ-эксперименте форма хорошо копировала этих рекордсменов. Николай Николаевич был безмерно рад, сиял и улыбался. В иностранных публикациях мы нашли экспериментальные данные, подтверждающие наши вычисления. Восторг академика Н.Н. Яненко был искренним и неподдельно очевидным. Но ведь только выдающийся ученый, хорошо знающий цену поражений и побед в научном поиске, может так переживать и восторгаться действительным творческим успехом.

Однажды мы с ним размышляли еще об одном предзнаменении электронного счета. Нас прежде всего занимало то, что в теории ядра атома, в небесной физике и других науках многие открытия были сделаны на основе расчета некоторых математических моделей того или иного явления, сущность которого была известна лишь в самом общем виде. В случае совпадения результатов исследования по одной из моделей с имеющимися фактами эта модель принималась за действительную или дополнительно варьировалась. Так были «открыты» белые карлики, пульсары, черные дыры, кварки, вписаны новые главы в историю Вселенной. Я смею полагать, что такой подход рекомендовал Н.Н. Яненко и для объяснений турбулентности, роли насыщения потока газовыми пузырьками или высокомолекулярными полимерами. Предполагалось интегрирование выбранных гипотетических моделей уравнений Навье–Стокса. В словах Н.Н. Яненко ясно сквозила не только заинтересованность ученого в развитии «своего» направления, но и прямо-таки жажда скорейшей замены расчетами трудоемких и кропотливых опытов, нередко граничащих с ползучим эмпиризмом.

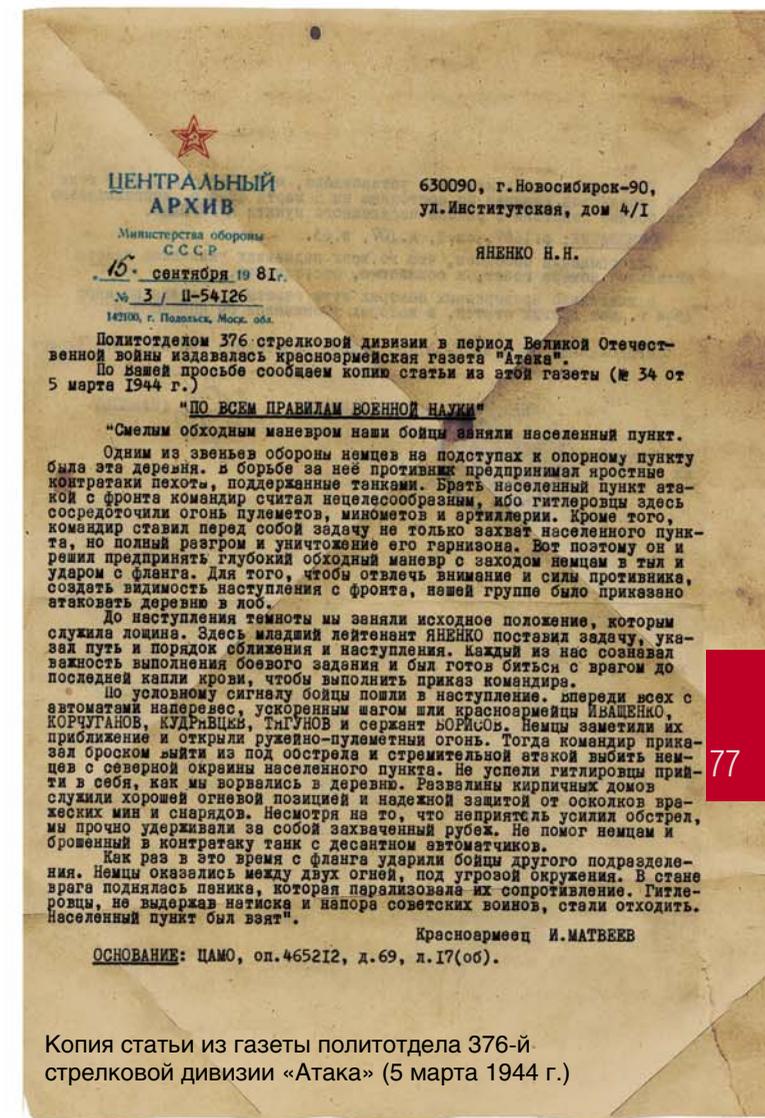
Он был патриотом не только своей Родины, но и своей Сибири. Много сил и времени отдавалось решению специальных сибирских проблем. В последние годы жизни Николай Николаевич курировал постановку и решение задач в области создания бездорожного транспорта. Коренной сибиряк, прекрасно знавший природные и климатические особенности своего края, он отлично понимал, что значит такой транспорт для этого региона.

Слова у него не расходились с делом. Он активно поддерживал создание академической лаборатории ИТПМ и кафедры аэродинамики при Новосибирском электротехническом институте, сам прочитал в НЭТИ несколько лекций преподавателям, считал, что и студенты технических вузов должны практиковаться в академическом НИИ, поддерживал стажировки преподавателей НЭТИ в ИТПМ, защиту докторских и кандидатских диссертаций в Совете, где председательствовал ...»

*Из воспоминаний Г.С. Мигиренко*

заниматься своей любимой наукой – математикой. Даже одно время мечтал построить теорию сражений».

Теорию сражений Николай Николаевич так и не создаст, но соответствующую практику прошел в полной мере. Этому свидетельствует и отрывок из газеты политотдела 376-й стрелковой дивизии «Атака» (5 марта 1944 г.): «Смелым обходным маневром наши бойцы заняли населенный пункт. Одним из звеньев обороны немцев на подступах к опорному пункту была эта деревня. В борьбе за нее противник предпринимал яростные контратаки пехоты, поддержанные танками. Брать населенный пункт атакой с фронта командир [им и был младший лейтенант Н. Яненко] считал нецелесообразным, ибо гитлеровцы здесь сосредоточили огонь пулеметов, минометов и артиллерии. Кроме того, командир ставил перед собой задачу не только захват населенного пункта, но полный его разгром. Поэтому он и решил предпринять глубокий обходной маневр



Копия статьи из газеты политотдела 376-й стрелковой дивизии «Атака» (5 марта 1944 г.)

с заходом немцам в тыл и ударом с фланга. Чтобы отвлечь внимание и силы противника, создать видимость наступления с фронта, нашей группе было приказано атаковать деревню в лоб. <...>

По условному сигналу бойцы пошли в наступление. Немцы заметили их приближение и открыли огонь. Тогда командир приказал броском выйти из-под обстрела и стремительной атакой выбить немцев с северной окраины. Не успели гитлеровцы прийти в себя, как мы ворвались в деревню. Несмотря на то что неприятель усилил обстрел, мы прочно удерживали за собой захваченный рубеж. Не помог немцам и брошенный в контратаку танк с десантом автоматчиков.

Как раз в это время с флангов ударили бойцы другого подразделения. Гитлеровцы, не выдержав натиска и напора советских воинов, стали отходить. Населенный пункт был взят. Красноармеец И. Матвеев».

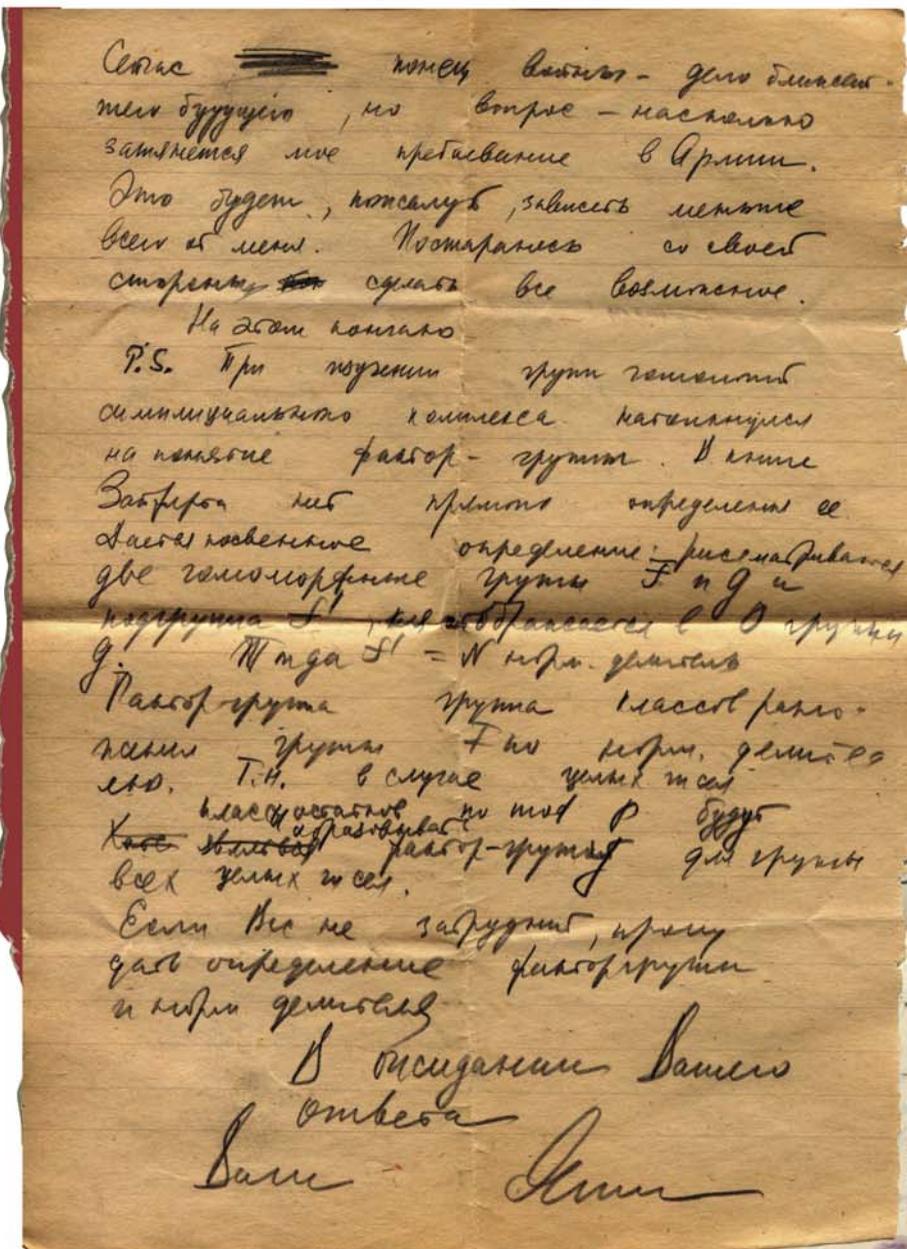
Самое удивительно в том, что этот взвод, которым командовал Яненко, был собран из хозяйственных работников полка, включая поваров и парикмахера. Обстановка была такой тяжелой, что в бой приходилось бросать все наличные силы. И люди, имеющие очень небольшой опыт участия в военных действиях, справились с поставленными задачами.

За эту боевую операцию по взятию деревни и за работу рупористом Николай Яненко был награжден медалью «За отвагу», которой очень дорожил. Позже он получит медаль «За оборону Ленинграда» и орден Красной Звезды – это случилось уже в Курляндии, где взятием Кёнигсберга для лейтенанта Яненко закончилась война.

Вторая страница письма Н. Н. Яненко к его учителю П. К. Рашевскому. 1 мая 1945 г.

## Когда закончилась война

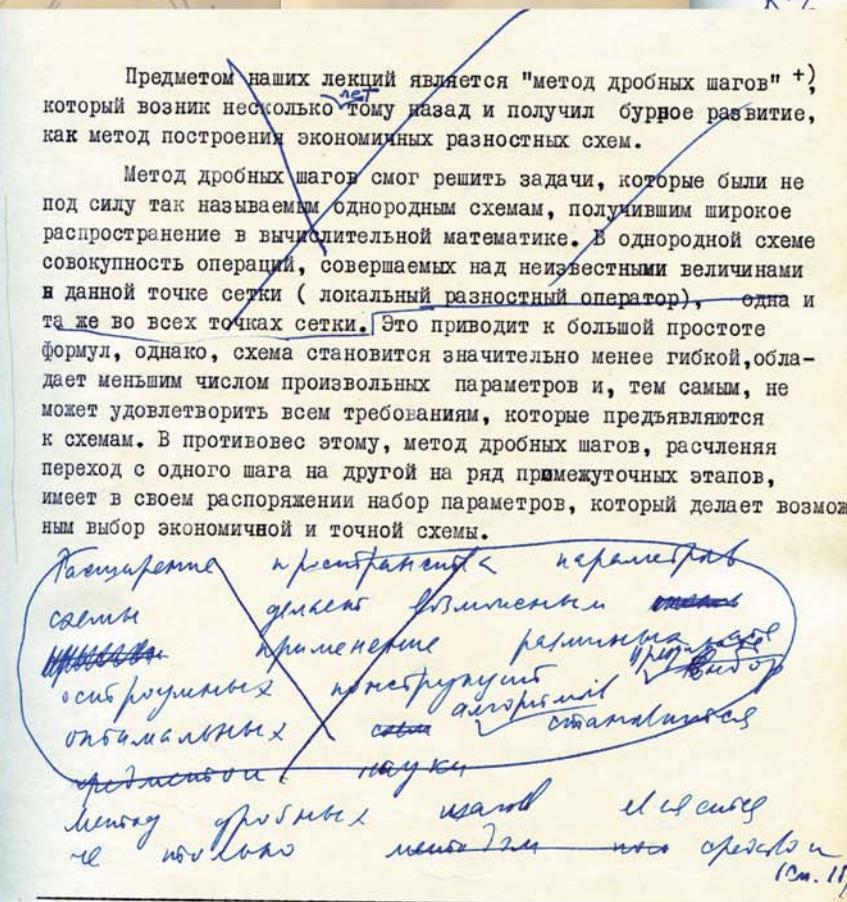
«Мирная» жизнь Николая Николаевича Яненко была посвящена развитию отечественной науки и техники. Его достижения в самых разных областях математики и механики трудно даже просто перечислить. Отметим только, что с 1948 г. он активно работал в советском Атомном проекте: под его руководством специальные бригады вычислителей на примитивных незаписывающих счетных машинах «Мерседес-Эвклид» или «Рейнметалл» рассчитывали сложнейшие задачи, для чего американцы уже тогда использовали ЭВМ. Эти задачи являлись частью работы по созданию первой в мире компактной водородной бомбы – «сахаровской слойки» или РДС-6с. Работа была завершена, и готовое «изделие» было успешно испытано 12



августа 1953 г. Отметим, что в то время США не имели такого водородного заряда. В 1952 г. они испытали на атолле в Тихом океане громадную стационарную конструкцию размером с трехэтажный дом, а РДС-6с помещалась в бомболюк самолета Ту-16.

По итогам «атомного проекта» Яненко был удостоен Сталинской премии. А в 1955–1963 гг. молодой доктор наук Н. Н. Яненко работал начальником

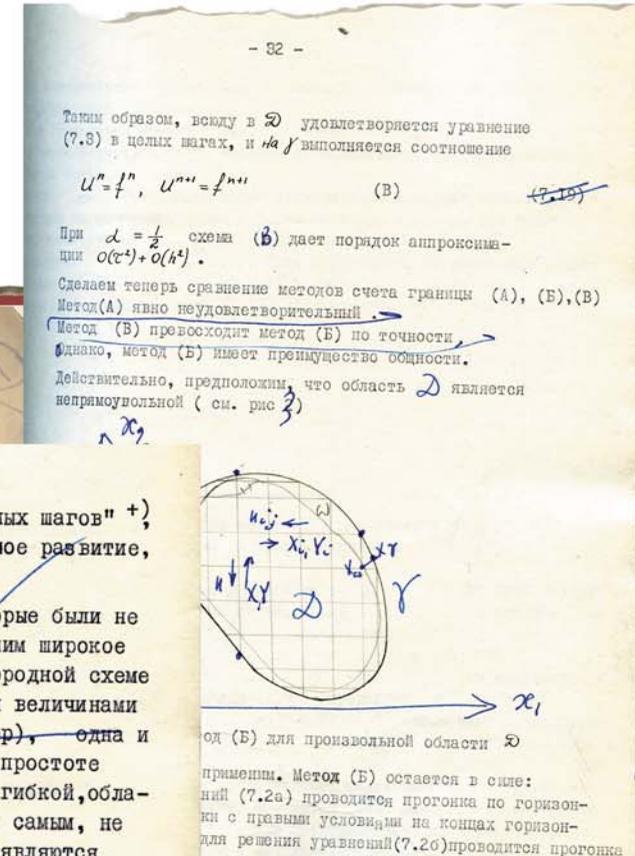
Первый вариант монографии Н. Н. Яненко «Метод дробных шагов», вышедшей в 1967 г., с правками автора



Предметом наших лекций является "метод дробных шагов" +), который возник несколько лет тому назад и получил бурное развитие, как метод построения экономичных разностных схем.

Метод дробных шагов смог решить задачи, которые были не под силу так называемым однородным схемам, получившим широкое распространение в вычислительной математике. В однородной схеме совокупность операций, совершаемых над неизвестными величинами в данной точке сетки (локальный разностный оператор), одна и та же во всех точках сетки. Это приводит к большой простоте формул, однако, схема становится значительно менее гибкой, обладает меньшим числом произвольных параметров и, тем самым, не может удовлетворить всем требованиям, которые предъявляются к схемам. В противовес этому, метод дробных шагов, расчлняя переход с одного шага на другой на ряд промежуточных этапов, имеет в своем распоряжении набор параметров, который делает возможным выбор экономичной и точной схемы.

+) В западной литературе за этим методом утвердилось название "метода переменных направлений" (alternating direction method), однако, этот термин не отражает полностью сущности метода.





Ю. А. Гагарин и С. М. Белоцерковский на занятиях в Военно-воздушной инженерной академии им. Н. Е. Жуковского (ноябрь 1965 г.)

### ГОРЕНИЕ И ПОИСК

«Я не знал его в молодости, когда он работал над своим будущим. Мы встретились в пору его зрелости, когда Николай Николаевич Яненко, опираясь на свое прошлое и настоящее, создавал будущее другим – новому, молодому поколению, идущему ему на смену.

Мы оба люди одного поколения, и биографии у нас похожи: университет, фронт, наука. Это, конечно, притягивает друг к другу, но больше всего нас сблизил ЭВМ, точнее говоря, новый научный метод, связанный с ними. Он получил еще не устоявшееся название: численный или вычислительный, а иногда и машинный эксперимент.

Для нас большой теоретический и практический интерес представлял вопрос о правильном и эффективном моделировании отрывных течений на ЭВМ. Академиком Н. Н. Яненко много сделано по созданию численных методов решения уравнений Навье–Стокса. Однако в задачах внешнего отрывного обтекания различных тел (крыльев, несущих винтов, парашютов и др.) при больших числах Рейнольдса возникали трудности, граничащие с принципиальными. Поэтому нами был выбран иной путь, основанный на уравнениях Эйлера для идеальной среды и схеме пограничного слоя, что вызывало немало замечаний

и сомнений. Была еще одна проблема, к обсуждению которой мы с Николаем Николаевичем обращались не раз. Это проблема создания на ЭВМ системы проверки достоверности и применения математических моделей в авиации. Современный самолет и вертолет представляют собой сложный многофункциональный комплекс, насыщенный самым разнообразным оборудованием. Управление ими, их силовыми установками, навигационными системами, бортовой энергетикой, обеспечение жизнедеятельности экипажей и пассажиров и т. д. осуществляется не только людьми, но и бортовыми ЭВМ. Но чтобы это реализовать, надо было преодолеть разобщенность наук и еще на раннем этапе исследований объекта объединить отдельные частные подходы в единое целое. Это стало возможным только благодаря современным ЭВМ, причем объединение осуществляется с помощью целой иерархии математических моделей отдельных частей, входящих в состав авиационного комплекса. При этом возникает целый ряд задач, одна из главных сводится к созданию хорошо продуманной научной системы исследований, включая методологию создания математических моделей на ЭВМ и проверку их достоверности в физических (в том числе летных) экспериментах.

Одна черта в характере Николая Николаевича осталась в памяти как зарубка: он ничего не делал впосилы, а всегда горячо и непосредственно. Радостно восхищался красотой окружающей природы. Бурно радовался чужим результатам, если они приходились ему по душе, независимо от того, к какой школе принадлежал автор. Но и столь же темпераментно громил ошибки как «своих», так и «чужих». Общаться с ним, дискутировать было в высшей степени полезно, но совсем не просто. <...>

Памятная мне творческая встреча состоялась в декабре 1978 г. – академик Яненко с женой Ириной Константиновной приехал в Военно-воздушную академию им. проф. Н. Е. Жуковского. На кафедре аэродинамики собралась группа наших ученых-единомышленников. Много внимания было уделено проблеме моделирования отрывных течений. Время бежало незаметно, никому не хотелось прерывать горячую беседу по самым большим для нас вопросам, да еще на таком уровне. А потом мы перешли в вычислительный центр академии. Здесь завязался интересный разговор об организации вычислений, пакетных программ, выводе информации и о передаче ее, особенно в такой комплексной проблеме, объединяющей аэродинамику и динамику полета с автоматикой и теорией упругости, как аэроавтоупругость. Кажется, именно в тот раз приняла осязаемые очертания задача, ставшая для нас одной из центральных. Я имею в виду организацию больших вычислений на многопроцессорных ЭВМ путем распараллеливания счета на основе метода дискретных вихрей. В то время у нас работали над кандидатскими диссертациями выпускники нашей академии летчики-космонавты СССР А. А. Леонов

и Б. В. Волинов. Первый находился в отъезде, а у второго как раз «в полном разгаре» был лабораторный эксперимент – полунатурная имитация точного управления самолетом. <...> Я рассказал об этом Николаю Николаевичу, и он загорелся желанием принять участие в эксперименте. Мы пришли вовремя: тренажер был готов к испытаниям. После взаимных представлений и рукопожатий Б. В. Волинов с жаром стал рассказывать о сути эксперимента, оборудовании и измерительной аппаратуре. Инженер, учитывая свой горький опыт, включил только один канал и начал инструктировать Волинова. Не слушая инструктора, тот несколькими движениями «опробовал» корабль, а затем попросил включить три канала. Еще серия проб – и новое требование: «Включить все шесть каналов управления!» Борис Валентинович словно ушел в другой мир, где существовали только он и чуткий, но строптивый летательный аппарат. Инженер начал «борьбу», которая напоминала игру в «кошки-мышки». Он «загонял» цель в самые немыслимые положения. Но Волинов спокойно и деловито вел свой аппарат, управляя всеми шестью каналами, каждый раз заставляя второе изображение следовать к центру перекрестия и застыть в нем. Когда инженер сдался, все присутствующие разразились аплодисментами, особенно восторженно реагировал Н. Н. Яненко. Невозможно было увести Николая Николаевича из лаборатории: его интересовали все новые и новые подробности. Б. В. Волинов охотно отвечал на вопросы, рассказывал о своих творческих планах, о замысле диссертационной работы, которую он весьма успешно защитил в академии два года спустя. Об этой встрече с Николаем Николаевичем он потом вспоминал много раз.

Обсуждая с академиком Яненко проблемы применения ЭВМ и развития численных методов, мы не могли обойти такой интересный и важный этап нашей истории, как дипломная работа Ю. А. Гагарина, посвященная исследованию посадки гиперзвукового самолета. При ее выполнении Юра быстро освоил многие новые методы исследования, увлекся и «численным экспериментом», добился прекрасных результатов. Впечатление, которое произвело на Николая Николаевича все, связанное с этой работой Гагарина, новое видение его замечательной личности, превзошло все наши ожидания: «Вот это особенно интересно! А ведь многие, наверное, могут счесть такие факты просто данью всемирной славе Первого космонавта!» По мере знакомства то с одним, то с другим новым материалом он восклицал: «Удивительно... Поразительно...»

Таким человеком был академик Н. Н. Яненко, вся жизнь и деятельность которого – горение и поиск. Его труды, доклады, школы и семинары, он сам – настоящая школа жизни для молодежи».

*Из воспоминаний С. М. Белоцерковского*

математического сектора закрытого ядерного центра, созданного к этому времени на Урале (теперь он известен всему миру как Снежинск). Результаты работ уральских математиков, которых обучал и которыми руководил Яненко, до сих пор не рассекречены, потому что эти идеи используются и сейчас.

Но даже в эти годы, занятые, казалось бы, до предела оборонными, т. е. прикладными работами, Яненко не оставлял своих теоретических исследований по геометрии. Точно известно, что именно тогда Яненко пришел к своему знаменитому «Методу дробных шагов», известному сегодня всем вычислителям мира, который позволил существенно сократить время решения на ЭВМ многомерных задач математической физики путем расщепления многомерной задачи на совокупность одномерных. Первая монография по этой тематике вышла в свет в 1967 г., и в течение трех лет она была переведена на английский, французский и немецкий языки. Став в 1976 г. директором Института теоретической и прикладной механики СО АН СССР, академик Н. Н. Яненко начал активно развивать новое направление в математической технологии – «пакетную» тематику, разработав основные принципы модульного анализа задач математической физики и механики сплошной среды. Он дал первые определения модуля и пакета прикладных программ, провел их классификацию. Одним из первых в мире Яненко понял огромную роль распараллеливания вычислений в разработке путей создания ЭВМ со сверхвысокой производительностью.

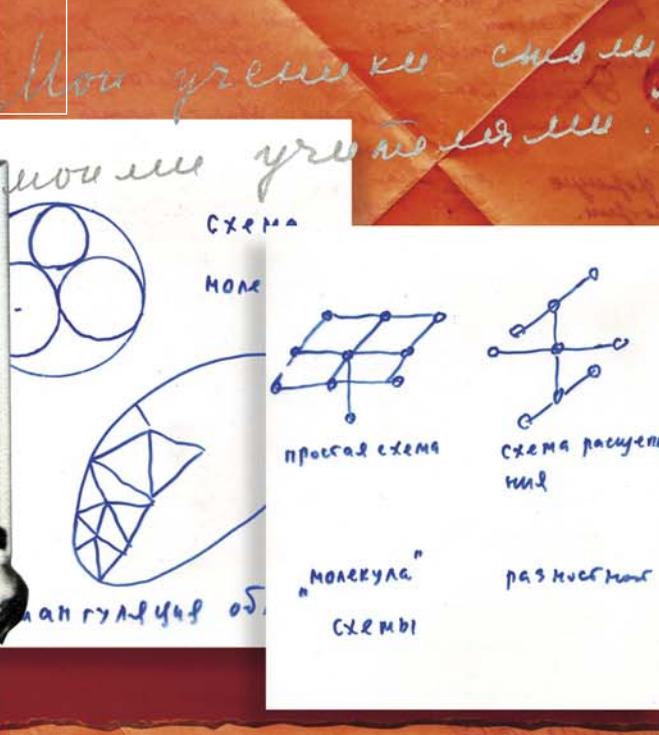
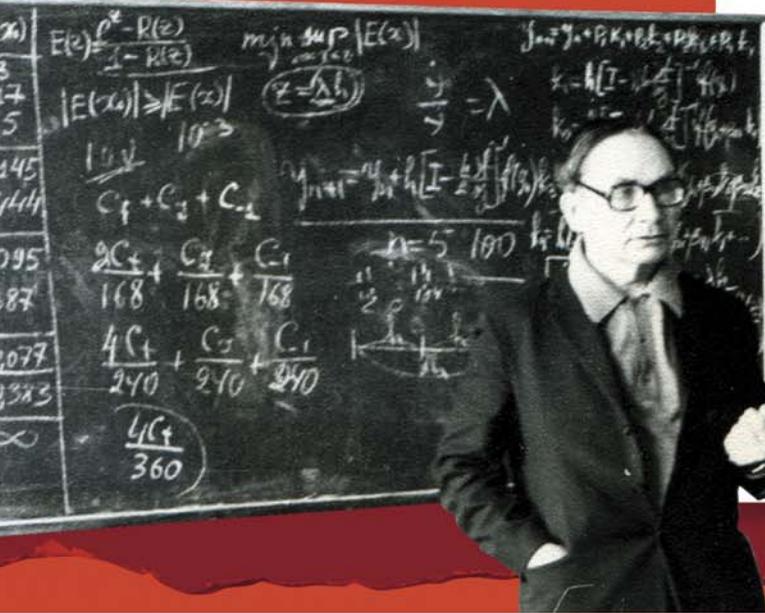
### Школа Яненко

Но Яненко был не только ученым и организатором науки «от Бога», но и не менее блестящим педагогом и воспитателем научной молодежи. Он сам сполна обладал всеми качествами, необходимыми для настоящего ученого, – демократичностью, широчайшей эрудицией, энтузиазмом и умением зажигать его в других, поэтому он воздействовал на умы скорее личным примером, чем какими-либо педагогическими мерами.

Яненко преподавал всегда: еще будучи второклассником, занимался с отстающими в учебе; потом вел спецкурсы и семинары в МГУ; работая в Снежинске, читал лекции в вузах Челябинска и Свердловска.

В 1966 г. Яненко организовал на ММФ НГУ кафедру вычислительных методов механики сплошных сред (с 1999 г. – кафедра математического моделирования), а в 1976 г. – кафедру физической кинетики, что явилось закономерным продолжением его работ в области исследования неравновесных процессов в механике сплошных сред.

Свои идеи и разработки Николай Николаевич щедро и бескорыстно «раздавал» и на шести всесоюзных се-



Н. Н. Яненко ведет семинар в Отделе численных методов механики сплошной среды (ВЦ ВН СССР). 1964 г.

Рабочие материалы Н. Н. Яненко для курса лекций в Дублине. 1980-е гг.

Н. Н. Яненко с женой Ириной Константиновной и любимой собакой Хаппером на лыжной прогулке. 1972 г.



В публикации использованы фото из семейного архива Н. Н. Яненко, материалы из книги «Н. Н. Яненко. Очерки. статьи. Воспоминания». Новосибирск: Наука, 1987

Автор идеи и составитель Н. Н. Богуненко

### КОЛЬЦО СЕМИНАРОВ

Потребность в семинарах, научном общении была у Николая Николаевича изначальной. После приезда в новосибирский Академгородок он возглавил Отдел численного решения задач механики сплошной среды в Вычислительном центре и кафедру того же названия в Новосибирском государственном университете. Практически сразу же начали работу еженедельные научные семинары: в отделе и в университете. Дни и часы работы этих семинаров выдерживались неукоснительно. Однажды Николай Николаевич попросил Обком КПСС изменить время вручения ему правительственной награды – оно совпадало с временем работы одного из семинаров.

Обстановка на них была довольно своеобразной. С одной стороны, Николай Николаевич всячески поощрял любые критические замечания и реплики в адрес выступающего с докладом, с другой стороны, сам в трудные минуты приходил к нему на помощь, а в заключительном слове неизменно подчеркивал все то положительное, что сказал (или даже не сказал) докладчик.

Интересно было наблюдать за Николаем Николаевичем во время семинара. Сам он задавал относительно мало вопросов, но всегда что-то записывал. Тетрадей, всяких и разных, у него была уйма, как, впрочем, и авторучек. Хорошая авторучка и хорошая бумага – это были его слабости. Посторонних разговоров во время семинаров он никогда не вел и другим не разрешал. Бывало, так взглянет из-под густых своих бровей...

Все, кто прошли через семинары Николая Николаевича, вспоминают о них, как о большом событии в своей научной жизни.

Николай Николаевич смело вводил в учебное расписание спецкурсы, отражающие даже не сегодняшний, а скорее,

завтрашний уровень вычислительной математики, лично преподавал в физико-математической школе и на факультете.

В эти же годы Николай Николаевич интенсивно работал над завершением своей монографии «Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики», на которой воспитано уже не одно поколение математиков-вычислителей. Были в этой книге и очень интересные приложения. Одно из них касалось применения метода расщепления в задачах вязкой несжимаемой жидкости. Численные методы решения этих задач уже и к тому времени имели многолетнюю историю: использовались различные постановки задач, численные методы базировались как на методе сингулярных интегральных уравнений, так и на методе конечных разностей. Основным камнем преткновения для метода конечных разностей была неэволюционность задачи, связанная с предположением о несжимаемости. Идея Николая Николаевича была очень простой: давайте введем малую сжимаемость, превратим неэволюционную задачу в эволюционную, затем применим к получившейся многомерной задаче основные идеи метода расщепления. Эта идея была доложена на I Всесоюзном семинаре по численному решению задач вязкой несжимаемой жидкости, затем усиленно разрабатывалась учеными не только в нашей стране, но и за рубежом, послужила отправной точкой для многих кандидатских и докторских диссертаций. Доклад Николая Николаевича, безусловно, был событием на первом семинаре, и как-то для всех стало очевидно, что в этой области появился бесспорный лидер и дальнейшие семинары должны проходить под его руководством. Так на всесоюзную орбиту был «запущен» один из первых семинаров по численным методам.

Из воспоминаний А. Н. Коновалова

минарах, которыми руководил, и которые проходили с частотой раз в два года каждый. Отличительной чертой семинара Яненко было то, что здесь давали высказаться любому, независимо от того, сторонником какой школы, какого направления он является.

Эти научные форумы – «Численные методы механики сплошной среды», «Численные методы механики вязкой жидкости», «Модели механики сплошной среды» и др. («кольцо семинаров», как называли их участники и организаторы) – путешествовали по всей стране, от Прибалтики и Грузии до Восточной Сибири. Так школа Яненко влияла на развитие современной вычислительной математики, и не только у нас в стране, но и во всем мире.

Итоги своей военной и «мирной» жизни академик Яненко подвел на встрече с юными следопытами, состоявшейся в 1983 г. – за год до своей безвременной кончины:

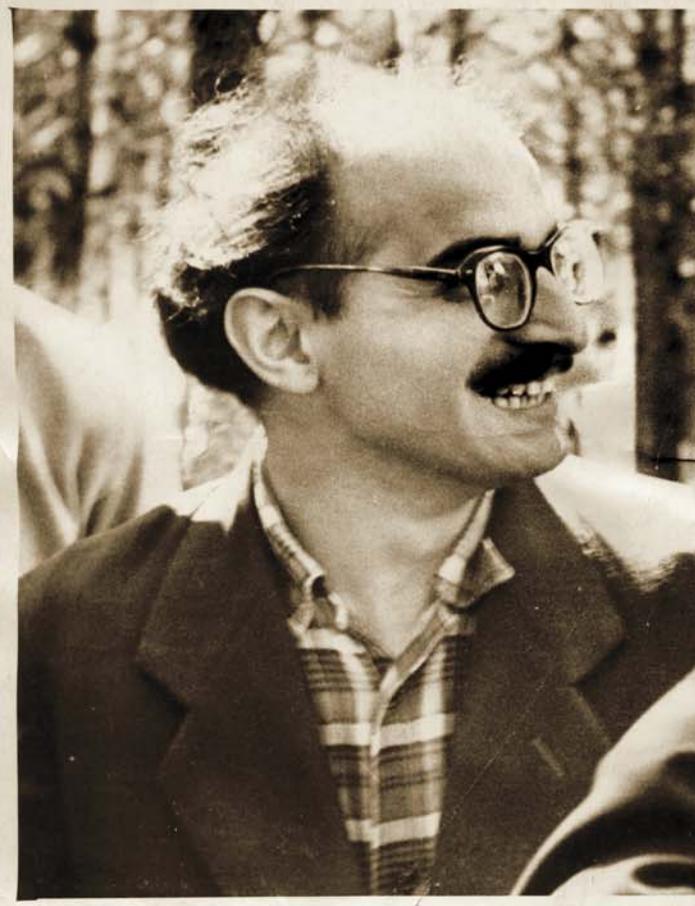
«Молодежи трудно представить, как все это происходило, какие это были люди, которые отдали свою жизнь за Родину или же, пережив войну, сейчас продолжают участвовать в мирном труде. Тот, кто был на войне прошел гигантскую школу, своеобразный университет. В этом смысле я могу сказать, что закончил три университета – Томский, Ленинградский и Московский. Я не военный человек, но пережил на войне очень много, как всякий фронтовик. Каждый из нас – очевидец бесконечных эпизодов войны, свидетель ратной гибели советских людей, которые своей кровью оплатили каждую пыль нашей земли. Это остается навсегда в памяти. Каждый фронтовик прокручивает в памяти своей страшный неповторимый фильм.

Сознание того, что мы живы и поэтому в долгу перед павшими, заряжало нас такой энергией, давало такую зарядку, что мы преодолевали все препятствия, которые перед нами стояли. После войны мы перенесли этот дух фронтового натиска на мирные исследования. Вы, конечно, знаете, какой рывок совершила страна в военное время и после войны. Мы поняли, что без техники не может быть безопасности Родины. На развитие такой техники, передовой технологии, а математику я тоже отношу к технике, я приложил все свои силы. Этим я отмечаю свой долг перед теми, кто не вернулся с войны. Мы – вечные должники этих непришедших, этих известных и неизвестных героев, которые обеспечили своей кровью нашу победу».





Марлен Топчиян – студент МФТИ



Марлен Еновкович на открытии пионерского лагеря в Золотой Долине. Новосибирск, 1960-е гг.

готовили все студенты по очереди, играли в футбол с местными ребятами, а вечером ходили на танцы в поселковый клуб.

М. Е. Топчиян: «На первой практике Богдан Вячеславович [Войцеховский] поручил мне с помощью подручных средств измерить импульс ударной волны при детонации сферического газового заряда. Для этого стандартный сферический аэрологический баллон заполнялся смесью ацетилена с кислородом и подрывался с помощью искры от автомобильной bobины зажигания. В качестве измерителей импульса использовались кирпичи, поставленные на ровной поверхности “на попа” на разных расстояниях от места взрыва. Зная массу кирпича и его размеры, решив задачу о величине импульса силы, опрокидывающей кирпич, можно было по вывалу судить о величине импульса, воздействующего на преграду, и его зависимости от расстояния.

Для проведения экспериментов нужно было решить проблему получения ацетилена. Соответствующих баллонов и готового генератора не было, зато карбид кальция можно было раздобыть в ближней окрестности. Необходимо было изготовить генератор ацетилена. Для этой цели пришлось пожертвовать оцинкованным

бачком для питьевой воды. В крышку бачка вставили трубу для загрузки карбида, выступающую над крышкой примерно на полметра и не доходившую до дна примерно на 30 миллиметров, и газовый кран для выпуска ацетилена. Вся конструкция была тщательно пропаяна. Сначала, чтобы вытеснить воздух, этот «генератор» заливался водой до уровня крышки, затем, в трубу загружали карбид, так, чтобы он сдвигался по дну, и пузырьки газа всплывали в стороне от трубы. Вода вытеснялась выделяющимся ацетиленом, излишек сливался, и при заполнении шара газовый кран открывался, а уровень воды поддерживался выше среза нижнего среза трубы, чтобы газ оставался запертым под давлением, соответствующим разности уровней воды в бачке и трубе. Соотношение компонент устанавливалось с помощью обычных бытовых газометров.

Этот генератор, по-видимому, стал одним из первых экспериментальных устройств, изготовленных на полигоне в Орево. Результаты всей этой деятельности были оформлены в виде курсовой работы».

На зимних каникулах в начале 1957 г. Лаврентьев организовал для своих студентов выезд на базу Черноморского отделения Морского гидрофизического

института. В то время в Балаклавской бухте готовился эксперимент по фокусировке сходящейся поверхностной волны, возбужденной шнуровым зарядом. Михаил Алексеевич хотел, чтобы студенты приняли в этом опыте участие как наблюдатели, а заодно познакомились с Симеизской обсерваторией и так называемым «волнотроном» – сооружением, построенным для изучения волн, возбуждаемых ветром на водной поверхности, которое Лаврентьев квалифицировал как пример необдуманного решения и бесполезной затраты денег.

В этой поездке Михаил Алексеевич сообщил студентам о создании Сибирского отделения АН СССР и своем намерении переехать в Новосибирск, а уже летом студенты его кафедры были оформлены по совместительству на работу в создававшийся тогда Институт гидродинамики.

М. Е. Топчиян: «В конце лета – начале осени 1958 г. начался переезд всей команды в Новосибирск, и студенты моего курса готовили и защищали дипломные работы в Золотой долине. Мне же по семейным обстоятельствам пришлось задержаться в Москве.

Моя дипломная работа была посвящена экспериментальной проверке акустической теории шлейфа

спиновой детонации, выдвинутой еще в 1946 г. Н. Мансоном. Для измерения частоты применялась развертка изображения шлейфа через щель, перпендикулярную оси трубы. Чтобы обеспечить большое число периодов и точность измерений, на стеклянную трубку, дабы она не разрушалась слишком быстро, туго наматывался жгут из медицинской трубки. Опыты при разных диаметрах трубы и с акустическими характеристиками объема, измененными концентрической вставкой, показали, что теория Н. Мансона с очень хорошей точностью описывает частоту вращения и наклон шлейфа и спирали, описываемой «головой», к образующей трубки. Акустическая природа шлейфа спиновой детонации окончательно подтвердилась.

На комиссии по распределению выпускников мне пришлось добиваться, чтобы меня направили в Новосибирск. Поскольку много ребят было уже распределено в институты создававшегося Сибирского отделения, ректор МФТИ, генерал-лейтенант авиации И. Ф. Петров никак не соглашался с моим желанием. Спасла положение лежавшая у него на столе телеграмма, подписанная Лаврентьевым.

Так или иначе, 8 марта 1959 г. я сидел в скорый поезд Москва–Новосибирск, который через 72 часа доставил меня на вокзал Новосибирск-Главный. Мы благополучно приехали к оврагу на Зырянке, уже получившему название “Золотая долина”».

## «Мирные» взрывы

Первая работа, в которой молодой ученый принял участие в качестве штатного сотрудника института, выполнялась по поручению и под руководством М. А. Лареньгева и была посвящена детонации порохов. Требовалось проверить предложение, выдвинутое в 1944 г. Н. М. Сытым, относительно возможности использования залитого водой некондиционного пороха в качестве штатного ВВ для горновзрывных работ на поверхности. Небольшие эксперименты проводились в Зырянском овраге, а крупномасштабные – на пустынном тогда острове напротив нынешнего пляжа, который называли «Тайвань».

За очень короткое время были испытаны около 30-ти сортов дымного и бездымного пороха, в результате чего целесообразность предложения Н. М. Сытого была подтверждена. Следствием этой работы стал огромный народно-хозяйственный эффект, связанный с использованием десятков тысяч тонн различных порохов, оставшихся после войны. Некондиционные пороха стали использоваться в качестве штатного ВВ на горновзрывных работах, в частности, при строительстве

## СПИНОВАЯ ДЕТОНАЦИЯ

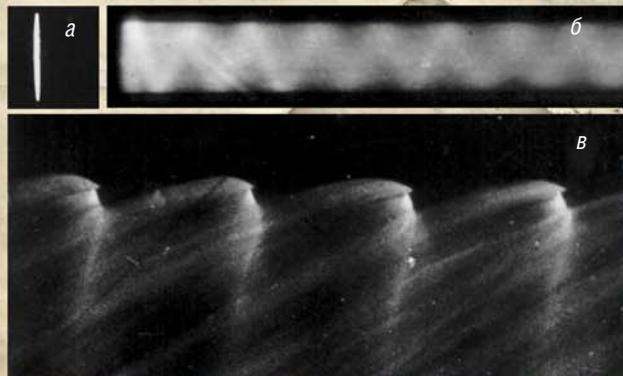
М.Е. Топчиян: «Начиная с четвертого курса, студенты МФТИ все большую часть времени проходили обучение на «базах». Я был определен на «базу» в лабораторию № 9 МФТИ, которой руководил Б.В. Войцеховский.

Как говорил Богдан Вячеславович, М.А. Лаврентьев обратил его внимание на проблему структуры «головы» спиновой детонации, которая не получила своего решения. Несмотря огромный накопившийся у нас и за рубежом экспериментальный материал и на то, что созданием ее газодинамической модели занимались такие корифеи, как К.И. Щелкин и Я.Б. Зельдович, до понимания явления было еще далеко.

Положение осложнялось тем, что обычными методами моментальной покадровой съемки получить неискаженное изображение «головы» спина было невозможно. Ввиду относительно слабой светимости «головы» требования малого времени экспозиции, чтобы не было размазывания изображения (при съемке на неподвижную пленку объекта, который двигался со скоростью порядка 2 км/с), и низкой светосилы применявшихся тогда камер с зеркальной разверткой и непрозрачным металлическим барабаном чувствительность доступных фотоматериалов была недостаточна.

Все исследователи, начиная с изобретателей фоторегистратора Малляра и Ле Шателье, при изучении детонации для измерения скорости устанавливали направление развертки перпендикулярно направлению волны. В такой же постановке явление было обнаружено в 1926 г. английским ученым Кемпбеллом в виде периодической структуры, наблюдавшейся на фоторазвертках детонации в некоторых смесях. В начале 30-х гг. Бон, Фрезер и Уиллер доказали, что неоднородности самосвечения вызываются особой, локализованной у стенки трубки структурной неоднородностью, которая, двигаясь с фронтом волны, ведущей детонацию, вращается вокруг оси трубки. Сложение движений дает спиральную траекторию с углом спирали около  $45^\circ$  к образующей трубки. Это явление стали называть «спиновой детонацией», а структурное образование – «головой» спина. Природа этого явления оставалась загадкой.

В попытках получить изображение головы Я.К. Трошин и К.И. Щелкин применили метод компенсации продольной скорости детонационной волны, с разверткой параллельно оси трубки, который повысил примерно на порядок время экспозиции, но не дал правильной картины самосвечения. При обсуждении способов получения неискаженного изображения со мной и лаборантом Б.Е. Котовым у Богдана Вячеславовича возникла идея повернуть ось фоторегистратора примерно под  $45^\circ$  к оси трубы, перпендикулярно направлению спирального движения головы при прохождении ею щели фоторегистратора. Такая нетрадиционная постановка дала возможность полностью (по величине и по



а – фронт детонационной волны в классическом представлении;  
б – явление спиновой детонации, обнаруженное в 1926 г. На фото – ярко светящаяся «голова» спина, вращающаяся по спирали  
в – фотография, выполненная Б.В. Войцеховским при исследованиях спиновой детонации в 1957—1958 г.

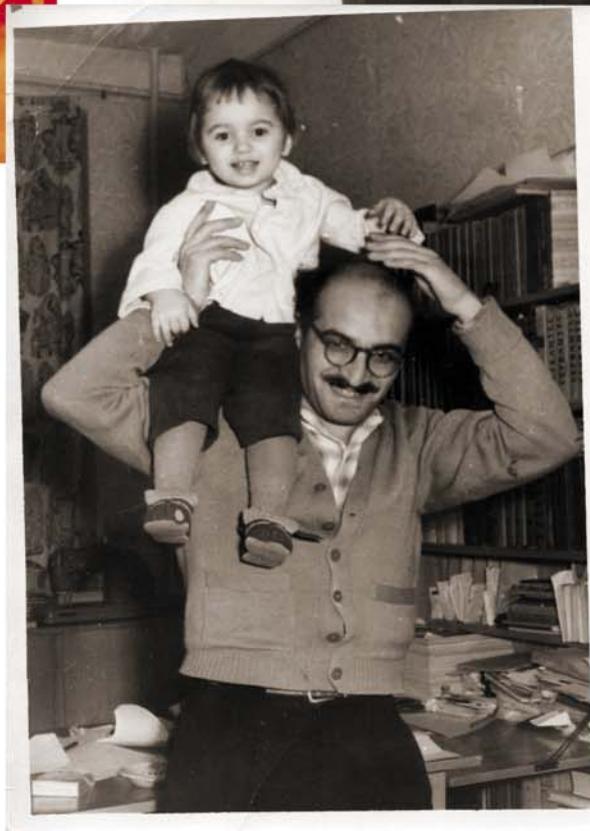
Фото предоставлены А.А. Васильевым

направлению) скомпенсировать движение изображения и получить четкие, неискаженные снимки, позволившие построить качественно новую структуру головы с поперечной волной. Простая и очень эффективная самодельная конструкция фоторегистратора с прозрачным барабаном на основе мотора от пылесоса, примененная (и, по-видимому, изобретенная) Богданом Вячеславовичем, позволила реализовать максимально возможную светосилу устройства и обеспечила успех этих экспериментов. Фоторегистраторы такой конструкции до сих пор применяются в Институте. Соответствующая статья была представлена в ДАН уже 12 февраля 1957 г.

Весь промежуток времени 1957—1958 гг. до начала переезда в Новосибирск Богдан Вячеславович посвятил исследованию газовой детонации вдали от пределов в каналах разной конфигурации. Исследовалось самосвечение треков поперечных волн в плоских каналах фотоаппаратом с открытым затвором и в круглых трубах под углом к оси с компенсацией продольной скорости движения. В этих экспериментах участвовали Б.Е. Котов и В.В. Митрофанов, часть результатов составила содержание дипломной работы последнего. В этих экспериментах было обнаружено, что ячеистая структура фронта вдали от пределов является неизменным спутником детонации газов и возникает и исчезает вместе с процессом детонации. Размер ячейки вдали от пределов зависит только от физико-химических свойств смеси и начального давления. Экспериментами, проведенными В.В. Митрофановым, было подтверждено, что в круглых трубах ячеистая структура простирается на все сечение и не является следствием взаимодействия детонационной волны со стенками. Эти результаты были опубликованы уже в сентябре 1958 г.»



М.Е. Топчиян (вверху, крайний справа) с коллегами из Института гидродинамики СО АН СССР. Новосибирский Академгородок, 1970-е гг. Справа – М.Е. Топчиян с дочкой Еленой



плотины в Медве, а также разрушению Казачинских порогов на Енисее.

Всю свою дальнейшую долгую и удивительно плодотворную научную жизнь М.Е. Топчиян – сначала кандидат, а потом доктор физико-математических наук – занимался решениями задач, получавших непосредственный выход в практику. Среди его достижений – исследование электрических свойств и чувствительности нитроглицерина к электрическому разряду, позволившее дать рекомендации, обеспечившие пре-

кращение аварийных взрывов при его производстве. Он фактически создал новое направление – «Физические обоснования, разработка и практическое использование источников газа для получения плотных гиперзвуковых потоков», в рамках которого были созданы установки, которые по многим параметрам до сих пор остаются в мире непревзойденными.

Молодой доктор наук стал соавтором двух открытий, зарегистрированных в Государственном реестре открытий СССР: «Неустойчивость детонационной волны в газах» (1972) и «Явление расщепления волны (тонкой структуры) спиновой детонации» (1973). Первое открытие существенно изменило прежние представления о реальной структуре детонационных волн в газах. Ранее считали, что детонационные волны вдали от пределов детонации имеют гладкий ударный фронт, за которым химическая реакция развивается синхронно во всех частицах газа, т.е. процесс сгорания в волне представлялся одномерным. Однако новосибирские

**ИЗ ИНТЕРВЬЮ М. Е. ТОПЧИЯНА  
ДЛЯ СТУДЕНЧЕСКОГО АЛЬМАНАХА (ИЮЛЬ 1999):**

– Как Вы считаете, нужно ли влиять на гражданскую позицию студента? Формировать его мировоззрение?

– Обязательно! Но только не с помощью специальных лекций и нравочений. Это бесполезно. Я читаю курс общей физики, но когда рассказываю о новом феномене, о каком-то новом явлении, открытии, то говорю, что вот это сделали наши ученые. В российской науке, в физике, было сделано очень многое. Имена великие, начиная с Лебедева, Менделеева, Попова и кончая Циолковским, Курчатовым, Зельдовичем, Сахаровым, Ландау и другими. Нужно на этих примерах воспитывать, а не бубнить постоянно о гражданском долге. Сложный это вопрос на самом деле и очень больной.

– По Вашему мнению, какой период жизни университета был самым лучшим?

– Самый лучший период в жизни университета был в последние 4—5 лет ректорства С. Т. Беляева. Думаю, что спад начался после ухода В. А. Коптюга. Хотя я считаю, что НГУ и по сей день остается на достаточно высоком уровне. Страшно что? У нас ветшают лаборатории, и нет денег их поддержать.

– Университет раньше жил бурной жизнью. Проводились интернедели, студенты ездили в стройотряды. Это все навязывалось?

– Нет, я с этим совершенно не согласен. Может быть, самый первый импульс искусственно был навязан, давно, в самом начале. Но дальше это все шло совершенно естественным образом. Комсомол этому содействовал. Кстати, у нас в университете вся эта партийная и комсомольская жизнь была довольно лояльная.

– Вам интересно работать со студентами?

– Конечно. Несмотря на то что устаешь ведь на лекции страшно. На самом деле это тяжелый труд. Стоять у доски два часа с мелом в руке, следить за аудиторией, чтобы никто не заснул, вовремя привлечь внимание, вовремя что-то такое сказать, снять усталость или, наоборот, строже излагать материал... Нужно все время реагировать на аудиторию – это тяжело. Но все равно удовлетворение остается. Пока силы есть, буду стараться не порывать со студентами, потому что от них идет какой-то обратный заряд.

ученые выяснили, что фронт детонации имеет бугристую структуру, а зона химического превращения имеет сложную трехмерную основу. Также была установлена аналогия между неустойчивостью горения в детонационной волне в жидкостном ракетном двигателе (ЖРД). Практическое значение второго открытия состоит в возможности использования поперечных детонационных волн в технических устройствах (например, ЖРД, химических реакторах) для интенсификации горения газообразного или распыленного в газовой среде топлива. Другая область его использования – новые методы получения информации о скоростях химических реакций воспламенения при высоких температурах.

**М**ногие годы М. Е. Топчиян заведовал отделом быстротекущих процессов Института гидродинамики, а до 2007 г. возглавлял лабораторию газовой детонации. Область его научных интересов была очень широка: моделирование и экспериментальные исследования механизмов газовой детонации; разработка новых технологических процессов и получение новых веществ в химической

промышленности в условиях газовой детонации; вопросы взрывоопасности газов, горючих пылей и газопельных систем; разработка физического обоснования и принципов использования сверхвысоких давлений газа для получения плотных гиперзвуковых потоков, позволяющих в наземных условиях моделировать полет аэрокосмических аппаратов и т. д. В том числе он руководил группой института, участвующей в создании в 2000 г. аэродинамической трубы АТ-303, незаменимой при испытании разного рода воздушно-космических моделей.

Всю свою научную жизнь (свыше 40 лет!) бывший «сын полка» был связан с НГУ: уже в 1963 г. 29-летний кандидат наук начал работать преподавателем на кафедре физической гидродинамики ФФ НГУ, организованной Б. В. Войцеховским, а впоследствии был профессором кафедры общей физики факультета.

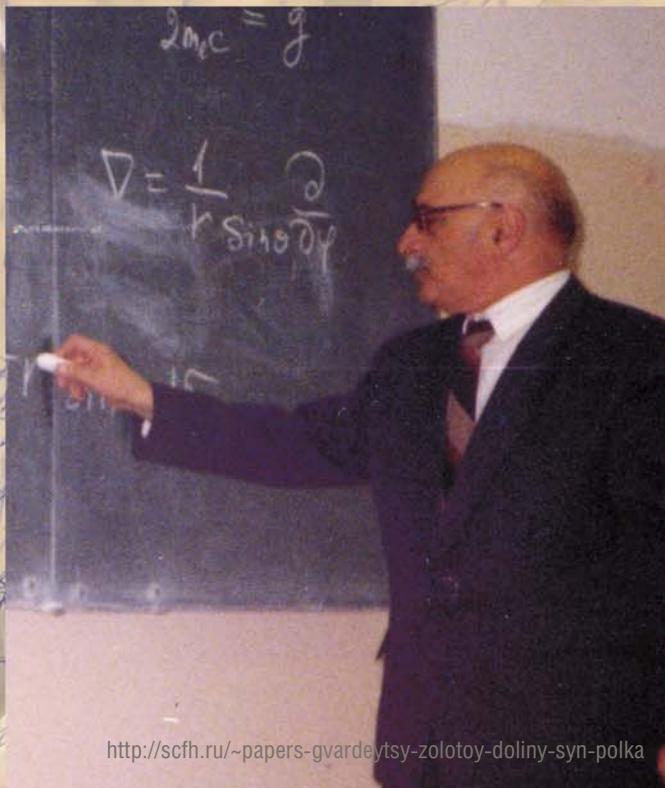
*В публикации использованы фото из семейного архива М. Е. Топчияна, предоставленные Л. И. Топчиян*

*Автор идеи и составитель Н. Н. Богуненко*



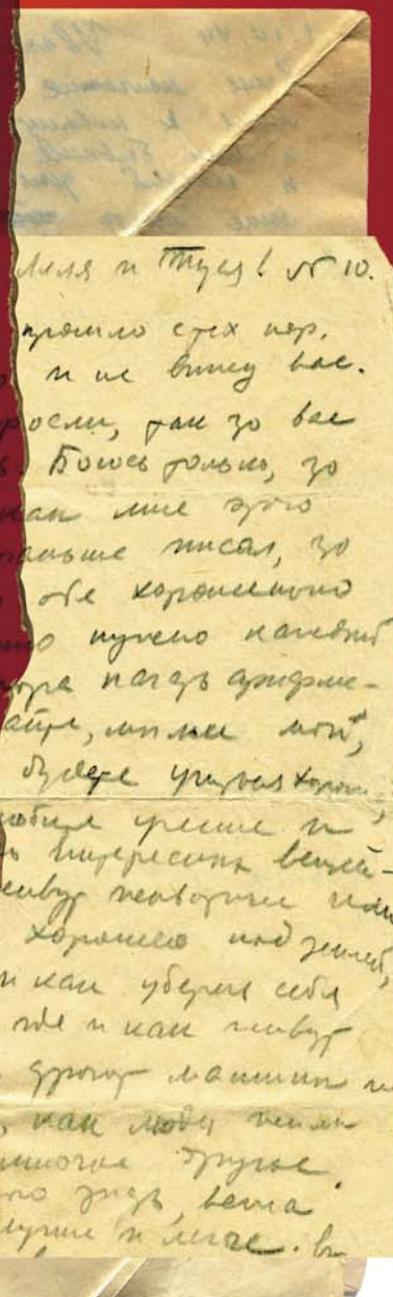
*уважаемый от 462 группы*  
*С уважением от 462 группы*  
*Топчиян*  
*Мигиренко*  
*Када*

Профессор М. Е. Топчиян читает лекцию студентам-биологам НГУ. Конец 1990-х гг.



День Победы в Новосибирском Академгородке. М. Е. Топчиян (крайний справа) с контр-адмиралом Г. С. Мигиренко, зам. директора Института гидродинамики СО АН СССР (в центре). Середина 1960-х гг.

# ВЗЯТЬ ВЫСОТУ



Будущий «отец советской кибернетики» Алексей Андреевич Ляпунов родился 8 октября 1911 г. в старинной московской семье, из которой вышли многие ученые, в том числе и математики, и которая была связана родственными и дружескими узами с выдающимися представителями русской интеллигенции того времени – Сеченовыми, Крыловыми, Филатовыми и др. С детских лет Алексей находился в среде высокообразованных людей, что и определило широкий круг его интересов и раннюю тягу к науке и искусству. Его отец учился в Московском университете, а также в Гейдельберге и Геттингене, и до революции работал в Путевом ведомстве, он и пробудил у сына устойчивый интерес к математике

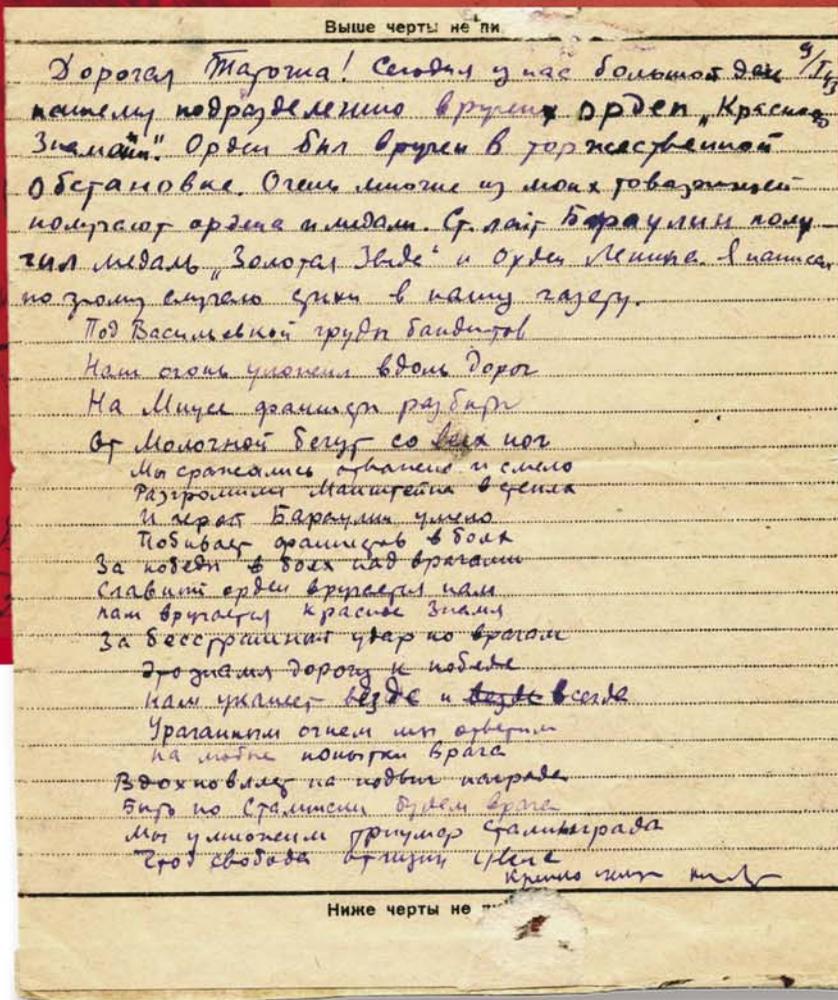
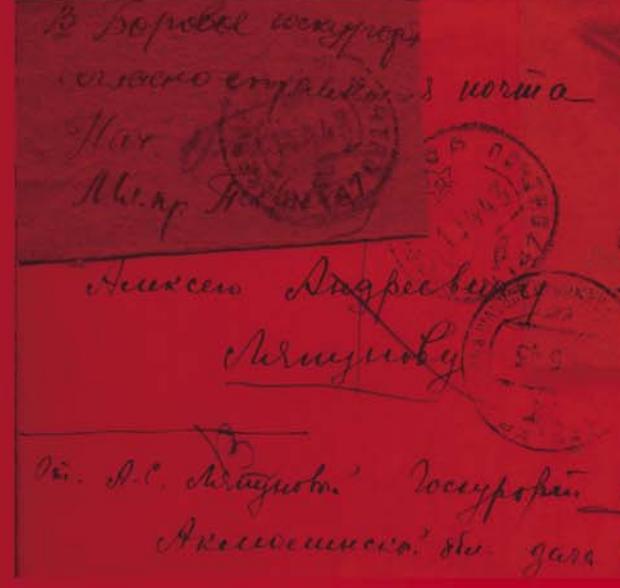
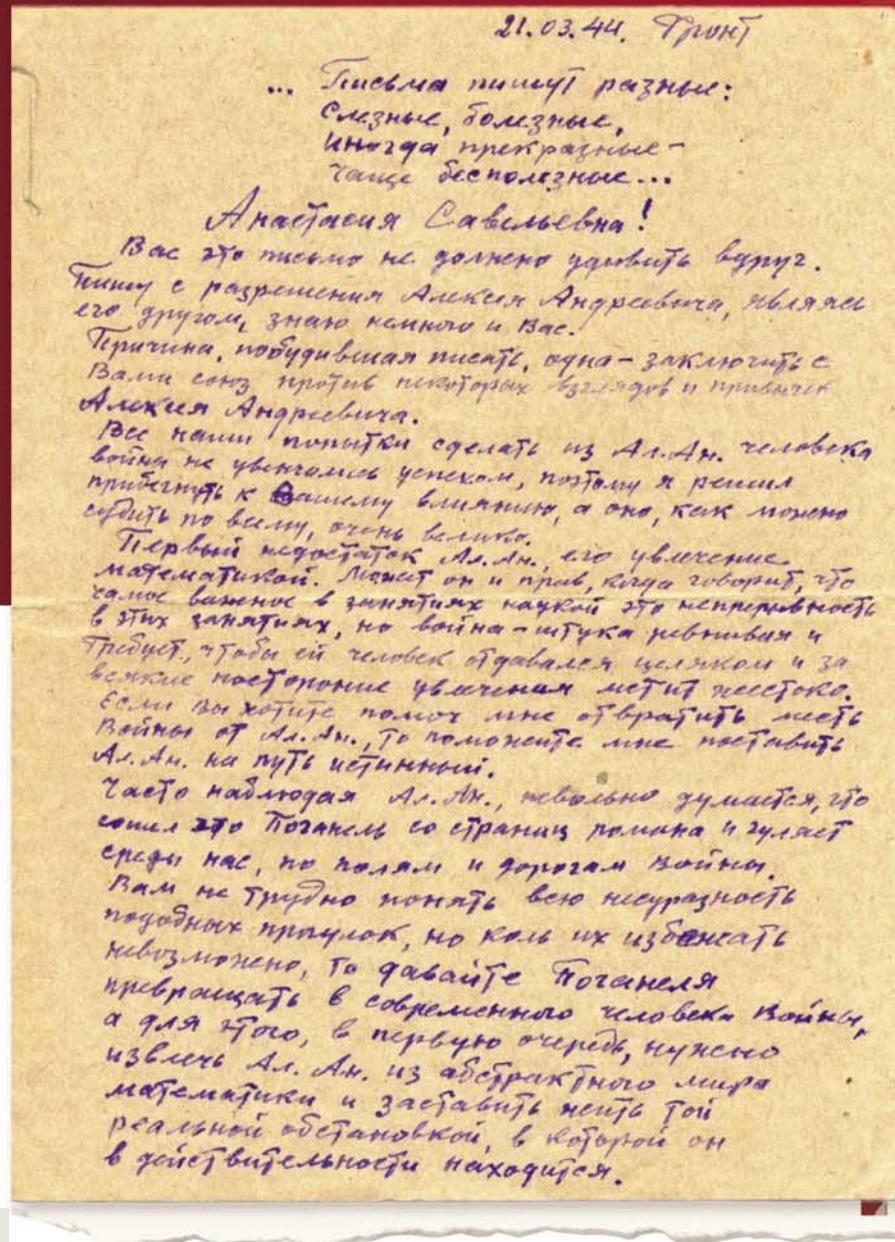
По окончании специальной средней школы № 42 (официально это была школа с языково-литературным уклоном, фактически же ей были присущи черты теперешних физико-математических школ) Алексей поступил на физико-математический факультет Московского университета. Однако уже через год он перестает посещать занятия по морально-этическим соображениям – причиной послужило расхождение его жизненных взглядов с прокоммунистическим мировоззрением большинства учащихся. В результате через полтора года Ляпунова отчисляют за академическую неуспеваемость.

В 1931 г. двадцатилетний Алексей Ляпунов знакомится с академиком Н. Н. Лузиным, крупнейшим советским математиком и основателем большой научной школы, и становится его учеником. Под руководством Лузина Алексей самостоятельно проходит весь университетский курс математики, сдает экстерном экзамены в МГУ и получает диплом. Ляпунов сблизился



Лейтенант А. А. Ляпунов – командир топографического взвода артиллерийского дивизиона. 1944 г.

Вверху – фронтовое письмо Алексея Андреевича дочерям; слева – открытка от младшей дочери, посланная в январе 1944 г. Открытый архив СО РАН



Письмо А. А. Ляпунова к жене:  
«Дорогая Таточка!  
Сегодня у нас большой день:  
нашему подразделению вручен  
орден «Красного Знамени». Орден  
был вручен в торжественной  
обстановке. Очень многие из  
моих товарищей получают ордена  
и медали. Ст. лейтенант Бараулин  
получил медаль «Золотая Звезда»  
и Орден Ленина. Я написал  
по этому случаю стихи в нашу  
газету.  
Под Васильевкой груды бандитов  
Наш огонь уложил вдоль дорог,  
На Миусе фашисты разбиты,  
От Молочной бегут со всех ног.  
Мы сражались отважно и смело,  
Разгромили Манштейна в степях,  
И герой Бараулин умело  
Побивает фашистов в боях.  
За победы в боях над врагами  
Славный орден вручается нам,  
Нам вручается Красное Знамя  
За бесстрашный удар по врагам.  
Это знамя дорогу к победе  
Нам укажет везде и всегда.  
Ураганным огнем мы ответим  
На любые попытки врага.  
Вдохновляет на подвиг награда,  
Бить по-Сталински будем врага.  
Мы умножим триумф  
Сталинграда,  
Чтоб свобода Отчизны цвела.  
Крепко целую».  
1 сентября 1943 г.  
Открытый архив СО РАН

Шуточное письмо однополчанина  
А. А. Ляпунова к его жене  
с просьбой помочь превратить  
его из математика в «человека  
войны»:  
«Первый недостаток Ал. Ан. —  
его увлечение математикой.  
Может быть, он и прав, когда  
говорит, что самое важное  
в занятиях наукой — это  
непрерывность в этих занятиях.  
Но война — штука ревнивая  
и требует, чтобы ей человек  
отдавался полностью, и за всякие  
посторонние увлечения  
мстит жестоко <...> в первую  
очередь нужно извлечь Ал. Ан.  
из абстрактного мира математики  
и заставить его жить той реальной  
обстановкой, в которой он  
в действительности находится...».  
21 марта 1944 г.  
Открытый архив СО РАН

полк. Не было у него тогда этих морщинок около глаз, не было бороды. Но уже и тогда он был кандидатом физико-математических наук. А по должности — командир топовзвода.  
Ляпунов прибыл к нам в полк осенью 1943-го. В то время мы стояли на левом берегу Днепра, напротив Херсона. Высокий, черноусый, в поношенной шинели и ботинках с обмотками, он в первое время вызывал у нас недоумение: лейтенант, солидный такой человек — и почему-то в обмотках? Ведь офицеры ходили в сапогах.  
Через несколько дней, когда мы ближе познакомились со своим командиром взвода, он сам ответил на наш вопрос: «Ботинки с обмотками удобнее. В сапогах идешь по траншее — песок, земля в голенища сыплются. На марше тоже удобнее: нога затянута, вроде легче становится. А при большой грязи мне приходилось даже терять сапог».  
Незначительный, кажется, случай, а вот запомнился мне. Может быть, потому, что умел лейтенант интерес-

но рассказывать. Алексей Андреевич был человеком веселым, добрым. В трудной, порой очень опасной обстановке шуткой, метким словом умел он ободрить людей.  
Алексей Андреевич до войны жил и работал в Москве. Осенью 1941 г. ушел на фронт с батальоном ополченцев. До прихода к нам был дважды ранен, побывал в госпитале. Наши старшие командиры сразу поняли, что это за человек: на должность командира топографического взвода офицера лучше не найдешь.  
Топопривязку батарей, наблюдательных пунктов, подготовку исходных данных для стрельбы мы стали выполнять во много раз быстрее и значительно точнее. А это повышало действенность артогня дивизиона. Перед большими наступательными операциями Алексей Андреевич руководил подготовкой огня не только для своего дивизиона, но и для полковой артиллерийской группы.  
Ляпунова кое-кто в полку называл человеком рассеянным. Но мне кажется, скорее подошло бы

с коллективом учеников и сотрудников Лузина, среди которых были такие «звезды», как П. С. Александров, Н. К. Бари, Л. В. Келдыш, А. Н. Колмогоров, М. А. Лаврентьев и др. Уже в 1934–1939 гг. А. А. Ляпунов опубликовал ряд работ по дескриптивной теории множеств и защитил кандидатскую диссертацию «Об униформизации аналитических дополнений».

### Лейтенант в обмотках

В 1941 г. Алексей добровольцем уходит на фронт. О его военной судьбе красноречиво рассказывает

страничка журнала «Огонек» за 1971 г., на которой опубликовано письмо майора запаса Р. Трусова из Риги, который в поисках подходящих снимков для оформления фотовитрины просматривал журнальные подшивки прошлых лет:  
«В № 35 за 1965 г. я увидел фотоочерк о Сибирском отделении АН СССР. Мое внимание привлекла одна фотография. Уж очень знакомое лицо! Под снимком подпись: «Лекцию по теории множеств читает член-корреспондент Академии наук СССР Алексей Андреевич Ляпунов». Так и есть! Это он! Двадцать три года прошло с того времени, когда Алексей Андреевич покинул наш

слово “увлеченность”. Увлечшись работой, целиком и полностью отдавшись какому-либо делу, он мог забыть все остальное. Не напомни, например, ему, что подошло время обеда, он, занятый вычислениями, может и сутки проработать без питания. Или надо Ляпунову отправиться из штаба на наблюдательный пункт (НП). Дорогу он знает, но лучше послать с ним солдата: погруженный в свои мысли, он может не попасть на НП.

Алексей Александрович работал точно, аккуратно. Помню, привязывали мы один НП. За опорную исходную точку можно было взять перекресток дорог, обозначенный на карте. Он был рядом. Но Ляпунов сказал: “Перекресток – точка слишком расплывчатая. При большом движении она вообще может смещаться. За исходную точку возьмем вон ту высоту”.

До высоты надо были идти около километра по болотистой местности. К тому же по ней периодически били гитлеровские минометы. Пришлось, как говорится, попотеть, но зато привязка наблюдательного пункта была выполнена точно.

Мы, солдаты, не только уважали, но и любили Алексея Андреевича, заботились о нем без всяких на то указаний и даже вопреки его совету “Думать о работе, а не о личности командира взвода”.

Ляпунов в трудных фронтовых условиях работал над изобретением прибора для засечек батарей противника по звуку выстрела. У него была большая сумка, заполненная бумагами с расчетами, схемами. Он собирал различные трофейные артиллерийские приборы, изучал их.

В 1945 г. из Восточной Пруссии Алексей Андреевич уехал в Москву, в отпуск. Это было в феврале. Ему надо было показать свою работу над прибором, проконсультироваться. Через 20 дней он вернулся, а следом пришел приказ об откомандировании старшего лейтенанта

3672

15

Ректору НГУ Академику И.И. ВЕКВА

Глубокоуважаемый Илья Нестерович!

Прочу Вас зачислить Т.Г. Голенпольского на должность старшего преподавателя кафедры высшей математики.

Т.Г. Голенпольский является высоко квалифицированным преподавателем английского языка и специалистом в области теоретической лингвистики. В настоящее время он работает над применением средств технической кибернетики в области преподавания.

Имеется намерение привлечь Т.Г. Голенпольского к преподаванию английского языка и некоторых разделов теоретической лингвистики на специальности – математическая лингвистика.

Преподавание математических дисциплин на этой специальности обеспечивает кафедра высшей математики. Одной из задач этой кафедры является также постановка преподавания самой математической лингвистики, которая находится в самом тесном контакте, как с преподаванием математических дисциплин, так и с преподаванием английского языка. Кроме того в преподавание английского языка предполагается вводить элементы математической лингвистики.

Для всех перечисленных дел необходимо самое тесное взаимодействие математиков и лингвистов. Т.Г. Голенпольский является одним из очень немногих лингвистов, которые в состоянии взяться за эту работу.

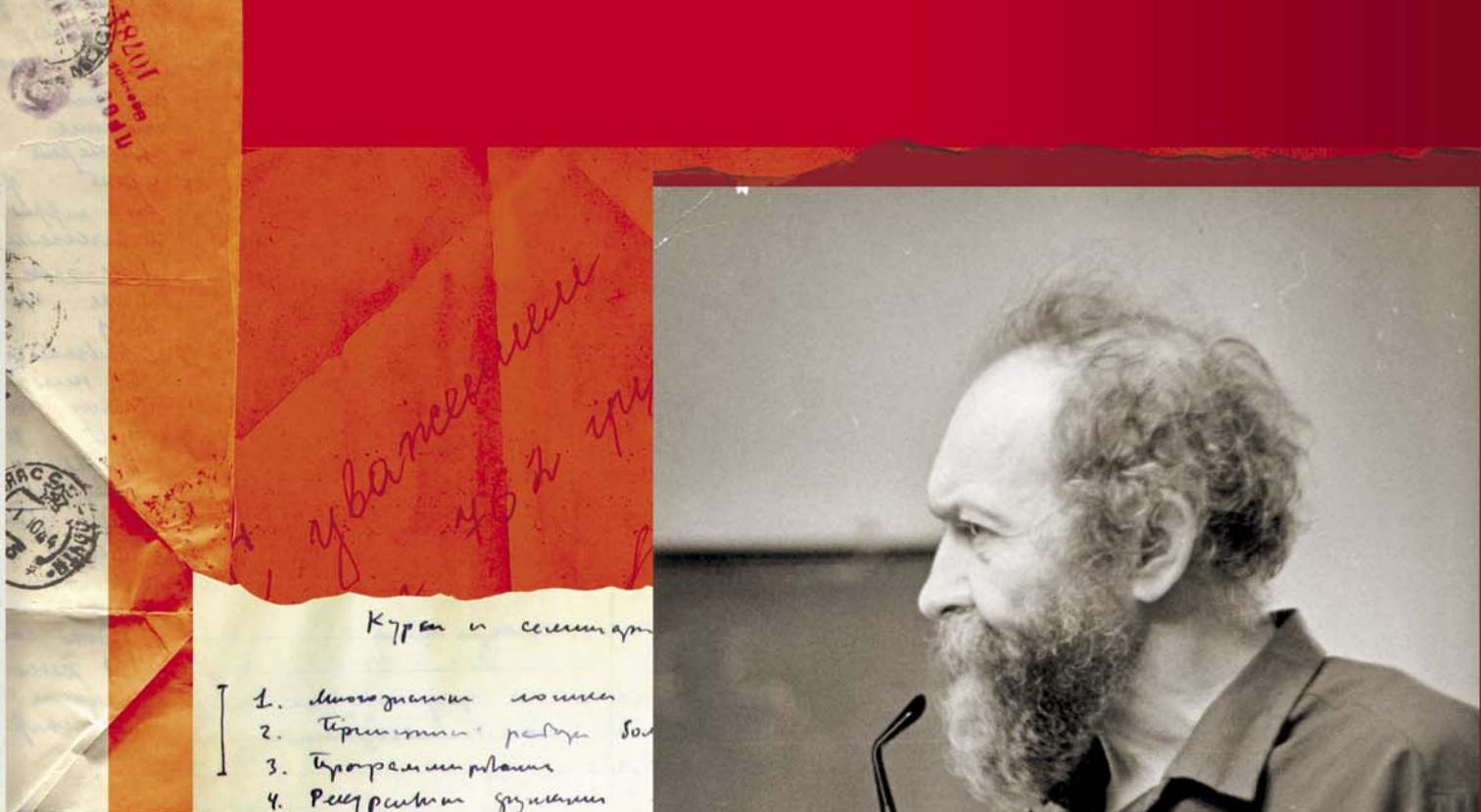
С глубоким уважением

/ А. ЛЯПУНОВ /

А. А. Ляпунова на преподавательскую работу в одну из военных академий. С тех пор видеть его мне не пришлось».

После действующей армии Ляпунов шесть лет преподавал математику в Артиллерийской академии им. Дзержинского. Из его учеников, курсантов этой академии, вышли известные ученые и военные специалисты.

Просьба А. А. Ляпунова зачислить Т.Г. Голенпольского на должность старшего преподавателя кафедры высшей математики с развернутой характеристикой соискателя. Начало 1960-х гг. Открытый архив СО РАН



Курсы и семинары

1. Многочленные логики
2. Принципы работы БС
3. Программирование
4. Рекурсивные функции
5. Общие курсы логики

---

1. Машинный синтез
2. Учебный синтез
3. Учебный синтез
4. Учебный синтез

Важнейшими курсами  
и семинарами – Ляпунов

Традиции из курсов

Общие руководящие: Шеннон-Бэрри, Лисман, Миллер  
ассистент – Росинский, Ермаков.  
Руководители групп:

Подобновичи, Арзамасов, Сахаров,  
Варшавский, Ермаков, Росинский, (Голубинский)

Курсы, семинары, лекции, Ляпунов, Лисман, Миллер,  
Мерзляков, Задхалин, Мухоморов, Проскура, Ринко

(Лисман, Морозов, Селиванов, Э. Мерзляков, Голубинский.)  
Матрица Э. Г.)  
(Курочкин, Справкин, )

45

А. А. Ляпунов – профессор, доктор физико-математических наук, чл.-кор. АН СССР

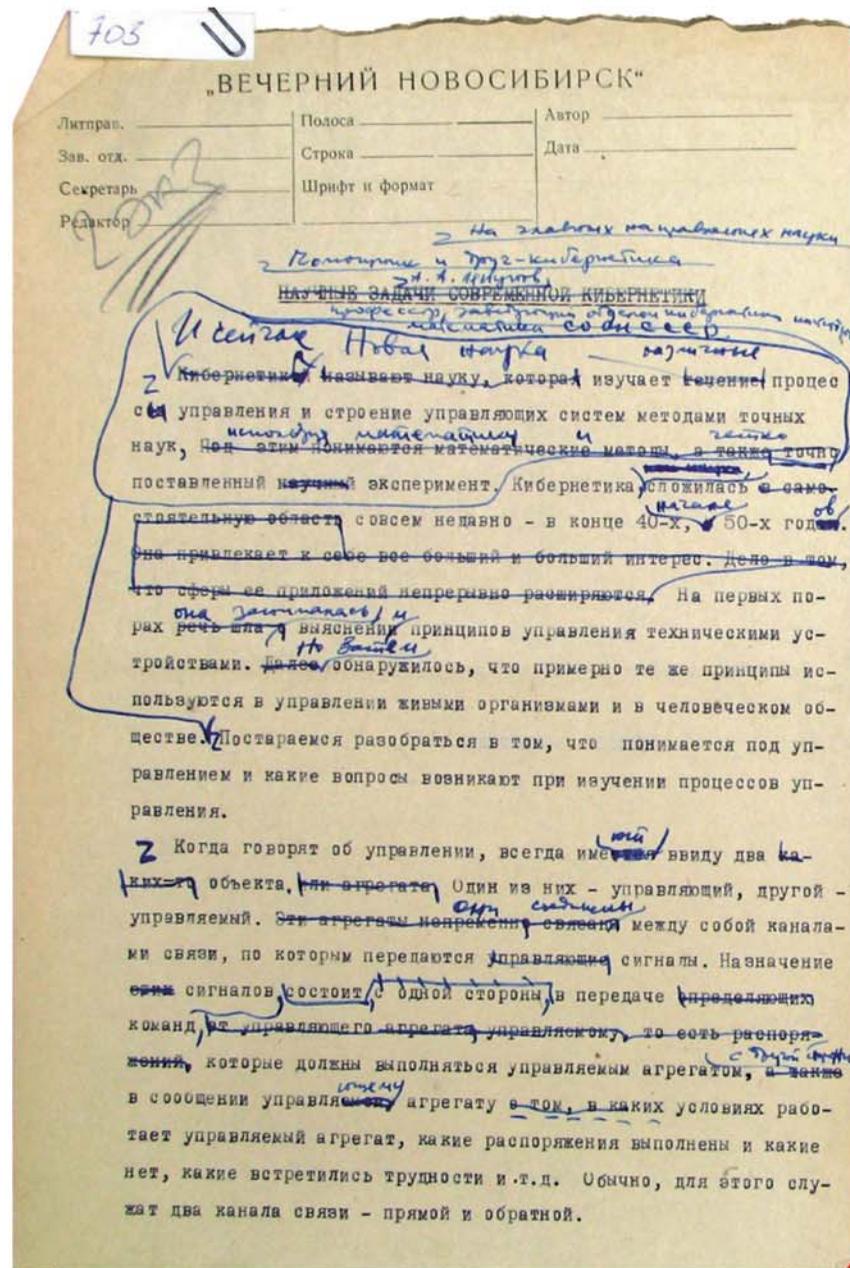
Материалы преподавательской деятельности А.А. Ляпунова: списки курсов и семинаров, план практикума, темы дипломных и курсовых работ. Открытый архив СО РАН

## Пионер советской кибернетики

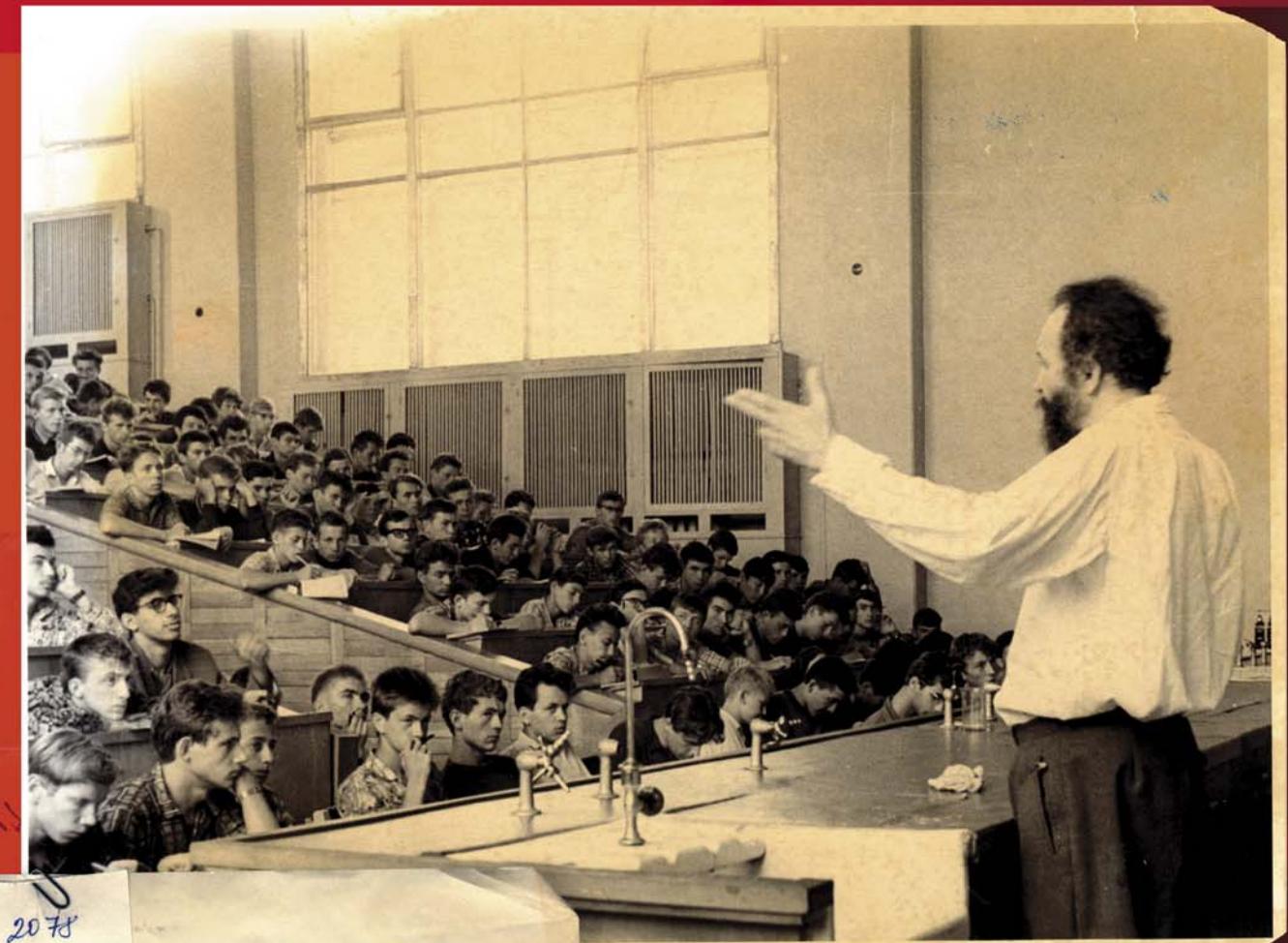
Преподавательскую деятельность Ляпунов сочетает с занятиями наукой, и во время докторантуры в Математическом институте им. В. А. Стеклова выполняет под руководством выдающегося советского математика П. С. Новикова серию исследований по дескриптивной теории множеств. В 1949 г. он защищает докторскую диссертацию «Об операциях, приводящих к измеримым множествам», а на следующий год ему присваивают звание профессора.

Через 24 года, в июне 1973 г. выдающийся ученый и педагог, член-корреспондент Академии наук СССР А. А. Ляпунов скоропостижно скончается. За это время бывший командир топозвода и преподаватель математики превратится в «отца советской кибернетики», став одним из первых ученых в нашей стране, кто оценил значение кибернетики и стал активным организатором таких исследований. Работы Ляпунова были посвящены разработке общих вопросов кибернетики, математическим основам программирования и теории алгоритмов, математической лингвистике и машинному переводу, кибернетическим вопросам биологии, а также философским и методологическим вопросам развития научной мысли. Им был создан операторный метод программирования, который получил широкое распространение в реальном программировании и оказал огромное влияние на все последующее развитие теории программирования.

Статья А. А. Ляпунова, опубликованная в газете «Вечерний Новосибирск» № 248 за 1962 г. (черновой вариант с пометками автора).  
Открытый архив СО РАН



Игр  
А. А. ЛЯПУНОВ



2078

РЕДАКТОР НГУ  
академику С. Т. СЕМЕНОВУ

Глубокоуважаемый Спартак Тимофеевич!  
В 1968-1969 учебном году я прочел курс лекций по кибернетическим вопросам биологии. Этот курс был конспективно записан сотрудницей Института гидродинамики И. А. Беликовой. В настоящее время она обработала свои записки и может подготовить этот курс для печати. Такой курс был бы весьма полезен студентам-биологам, специализирующимся по матбиологии, студентам-математикам, занимающимся кибернетической и мат-биологической тематикой, а также некоторым студентам физикам, занимающимся биологией и биофизикой.

Я хотел бы издать этот курс ротационным изданием в издательстве Новосибирского университета. В виду того, что И. А. Беликовой предстоит выполнить большую работу по подготовке курса к печати, и прошу Вас разрешить оплату редакторской работы И. А. Беликовой. Ориентировочный объем курса 8-10 печ. л.

Зав. кафедрой  
теоретической кибернетики  
член-корреспондент АН СССР

А. А. Ляпунов.

Лекция профессора А. А. Ляпунова в Большой физической аудитории Новосибирского государственного университета. Фото из музея НГУ

Слева – просьба А. А. Ляпунова поддержать издание курса лекций по кибернетическим вопросам биологии, прочитанного им в НГУ. 1969 г. Открытый архив СО РАН

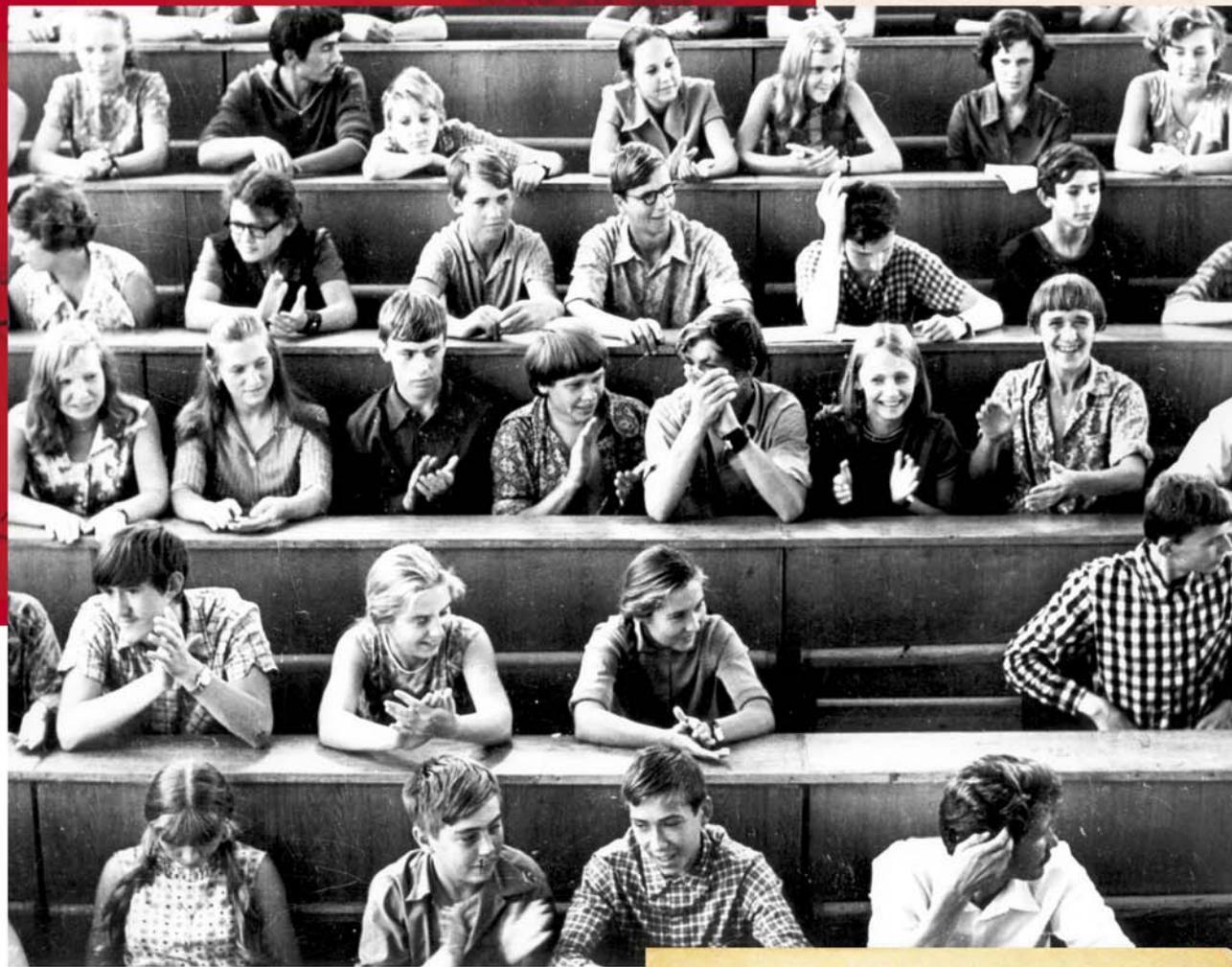
До начала 1960-х гг. Ляпунов работал в Москве, в том числе в Отделении прикладной математики МИАН, а также на механико-математическом факультете МГУ в качестве профессора кафедр математической логики и вычислительной математики, где организовал ряд семинаров по актуальным проблемам кибернетики. Особенно большую роль в координации работ и формировании новых направлений исследований сыграл междисциплинарный семинар по кибернетике, организованный Ляпуновым в МГУ в 1956 г., который стал настоящим центром зарождения кибернетической

3600  
 чл. Столетову  
 Глубокоуважаемый Всеволод Николаевич!  
 Сибирское отделение Академии Наук и Новосибирский Государственный Университет считают необходимым поставить перед Вами следующий вопрос.  
 В наше время потребности в квалифицированных математиках страны сильно растут. Математиков требует промышленность, естественно-научные учреждения как научного, так и практического профиля, управление народным хозяйством, а также оборонные организации. В то же время, подготовка математиков с университетским образованием у нас сильно отстает от потребности. Заметим, что мы готовим около 3-х тысяч математиков с высшим образованием в год.  
 в качестве руководителей активных научных работников и целесообразно провести её в следующих Университетах Российской Федерации: Московском, Ленинградском, Новосибирском, Казанском, Горьковском, Саратовском, Ростовском и Томском. По-видимому, именно в этих Университетах можно рассчитывать на более высокий уровень подготовки в области математики. Эту Олимпиаду желательно провести на математических факультетах, а также на факультетах близких к математике /физических, радиофизических, кибернетики, геофизики/.

(А. А. Ляпунов)

В этом письме к В. Н. Столетову, министру высшего и среднего специального образования РСФСР, А. А. Ляпунов предлагает провести междууниверситетскую студенческую Олимпиаду как одно из мероприятий для повышения уровня математической подготовки студентов-математиков. 1966 г. Открытый архив СО РАН

Учащиеся новосибирской физико-математической школы на лекции в аудитории Новосибирского государственного университета. Фото из музея НГУ



мысли в нашей стране. Из числа регулярных участников семинара и учеников Ляпунова вышли такие известные ученые в области теоретической и прикладной кибернетики, как А. П. Ершов, Ю. И. Журавлев, Н. П. Бусленко, О. Б. Лупанов, С. В. Яблонский и др.  
 Большое внимание Ляпунов уделял и пропаганде и распространению идей кибернетики, основав издание серии сборников «Проблемы кибернетики» и серию книг «Кибернетика в монографиях». Он также организовал публикацию переводов лучших работ зарубежных авторов в серии «Кибернетический сборник».

**Гвардеец Золотой Долины**

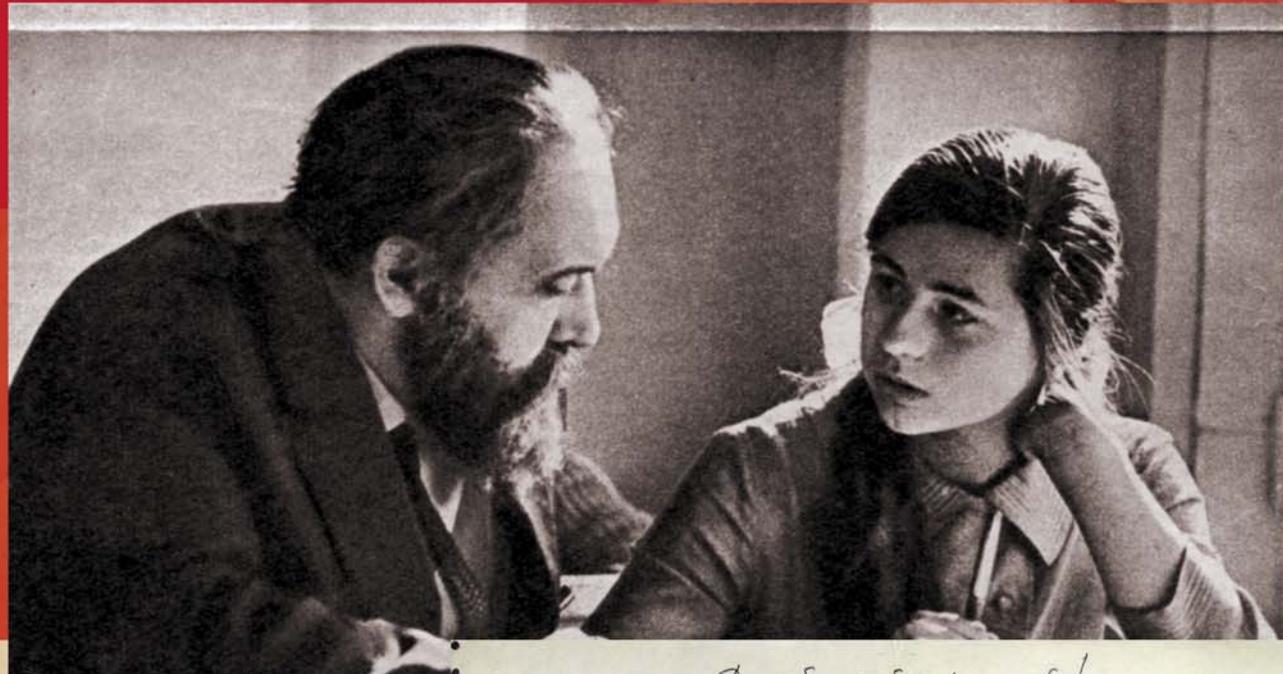
В 1961 г. Алексей Андреевич, приняв приглашение М. А. Лаврентьева и С. Л. Соболева, переехал в Новосибирск, во вновь созданное Сибирское отделение АН. Здесь по его инициативе был создан отдел кибернетики в Институте математики и кафедра теоретической кибернетики в НГУ. В 1970 г. Ляпунов перешел на работу в Институт гидродинамики СО РАН, где организовал

лабораторию кибернетики, которой и руководил до конца своей жизни.  
 За 12 лет, прожитых в новосибирском Академгородке, Алексей Андреевич сумел осуществить многие из своих научных и педагогических замыслов. Вот как оценивали результаты его работы коллеги Г. Багриновская и Р. Куклин в юбилейной статье «Пионер советской кибернетики» («Советская Сибирь», 1971):  
 «А. А. Ляпунов был одним из первых ученых в Советском Союзе, который сразу оценил исключительное значение электронных вычислительных машин и идей кибернетики и переключил свои научные интересы на эти новые области.  
 Его деятельность в этой области существенно способствовала интенсивному развитию и скорому признанию этих важнейших научных направлений, имеющих большое принципиально-теоретическое и прикладное значение, способствовала консолидации и объединению значительных научных сил, преимущественно молодежи, как математиков, так и техников, военных специалистов, биологов, лингвистов и др.

Энтузиазм, энергия, блестящее мастерство изложения, научная смелость и личное обаяние А. А. Ляпунова сыграли очень большую роль в распространении и развитии этих областей. Поэтому результат его деятельности здесь далеко выходит за пределы тех важных исследований и работ в этой области, которые выполнены им непосредственно».  
 А. А. Ляпунов был организатором различных встреч ученых и специалистов, на которых обсуждался широкий круг вопросов, связанных не только с проблемами кибернетики, – он стремился как можно шире взглянуть на значение математики в жизни всей науки, всего общества».  
 Алексей Андреевич смолodu был ярким педагогом и пропагандистом научных знаний, и с течением лет его внимание к сфере образования лишь возрастало. В своих воспоминаниях он напишет: «Я хочу воспользоваться случаем и с благодарностью вспомнить моего учителя математики Сергея Николаевича Успенского, которому я бесконечно благодарен в течение всей жизни... Он всегда следил за тем, чтобы ученики не скучали.

I Высшая алгебра.  
 (3 часа в неделю, всего – 96 часов).  
 1. Линейная алгебра и квадратичные формы. (60 часов).  
 2. Алгебра многочленов (36 часов).  
II Математическая логика.  
 (3 часа в неделю, всего – 96 часов).  
 1. Основы логики. (20 часов).  
 2. Основы теории множеств. (10 часов).  
 3. Комбинаторика. (10 часов).  
 4. Основы предикатов (30 часов).  
 5. Элементы теории моделей (26 часов).  
 4. Элементы теории автоматов. (50 часов).

Черновик учебного плана по высшей алгебре и математической логике, составленного А. А. Ляпуновым. Открытый архив СО РАН



А. А. Ляпунов считал воспитание молодых исследователей важнейшей задачей, и индивидуальные занятия со школьниками из ФМШ были для него обычной практикой.  
Фото А. Николаева

Таким шуточным поздравлением первых выпускников ФМШ А. А. Ляпунов отметил десятилетие своей первой прочитанной лекции. 20 января 1973 г.  
Открытый архив СО РАН

Дорогой и глубокоуважаемый!  
Алексей Андреевич!  
Собрались по поводу кануна 10-летия 1-ой лекции ФМШ, мы коллективно с изумлением констатировали то: каждый из нас смог вспомнить по коэффициенту при  $n$ -ом члене разложения в ряд Фурье равен  $\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(nx) dx$  удерживал вычисленное, независимо от сложности своих прикладных задач поздравил Вас с наступающим 10-летием Вашей лекции, окривившей ФМШ!

20.01.73  
Вас /Степанов/ М /Рябенко А./ Ктн - /Кутиса Е./  
Убаи Н. → Пандеев /А./ В.А. /Васильев В./  
Юва [С.Кутиса] Юва /Гайсер А.В./

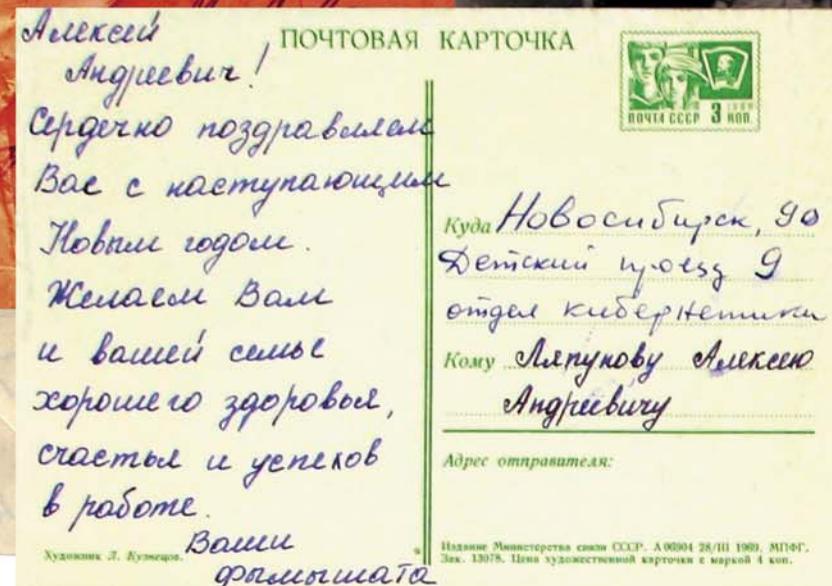
Более продвинутым он приносил отдельно трудные задачи и предъявлял к ним гораздо более жесткие требования. Многие из них стали математиками, механиками, физиками». Он с теплотой вспоминал и о своем участии в астрономическом кружке: «Мы составляли коллектив наблюдателей, работали по заданию МГУ. В нашем кружке начали путь в науку... тогда обычные школьники, впоследствии ученые с мировым именем: П. П. Паренаго, В. В. Федьинский, А. Б. Северный... Кружковые занятия дали мне очень многое. Астрономом я, правда, не стал, но благодаря им стал ученым». И сорок лет спустя в новосибирском Академгородке нередко можно было наблюдать такую картину: сгрудившиеся у телескопа юные астрономы-кутовцы, затаив дыхание, слушают высокого бородатого человека – Алексея Андреевича Ляпунова.

Свои мысли по поводу роли образования вообще, и математического в частности, в развитии общества Ляпунов изложил в статье «Математизация знаний» (Наука в Сибири, 1968): «Распространение математических методов на новые области науки ведет к глубокому преобразованию всей системы человеческих знаний. Ввиду этого возникает необходимость глубокого изучения самого

Поздравление А. А. Ляпунова с наступающим Новым годом от учеников ФМШ.  
Открытый архив СО РАН



Чл.-кор. АН СССР А.А. Ляпунов в схватке в настольный теннис с учащимися ФМШ. 1960-е гг. Фото из музея НГУ



хода развития науки. А это уже вопрос философский... Пожалуй, основная задача философии в сфере науки состоит в том, чтобы уметь приблизить будущее развитие науки и понять, куда нужно бросить силы для того, чтобы результаты научной работы были особенно эффективны в будущем. Для этого нужно хорошо ориентироваться в том, что происходит в науке сегодня. В связи с этим особо следует обратить внимание на систему образования...».

И слова у А. А. Ляпунова никогда не расходились с делом. Он стал одним из «отцов-основателей» первой в нашей стране физико-математической школы-интерната, организованной в 1962 г. при НГУ, первым председателем ее Ученого совета и активным лектором. Он также был одним из организаторов Всесибирских математических олимпиад и летних физматшкол в Академгородке. Постоянное и все более растущее внимание Ляпунов уделял преподаванию и в обычной школе, и в 1972–1973 гг., несмотря на колоссальную загруженность, начал вести регулярные занятия в 9-м классе 130-й школы Академгородка. Он намеревался

продолжать их и с десятиклассниками, но этим планам не суждено было осуществиться...

В 1996 г. А. А. Ляпунову была присуждена (посмертно) медаль «Пионер компьютерной техники» – самая престижная награда Всемирного компьютерного сообщества IEEE, учрежденная в 1981 г. А в 2010 г. НГУ при поддержке благотворительного фонда «Образовательная инициатива» учредил две стипендии имени А. А. Ляпунова, которыми на конкурсной основе награждаются студенты и магистранты механико-математического факультета НГУ, выполнившие научные исследования в сложнейших областях современной науки – в математическом и функциональном анализе, теоретическом программировании, семантическом анализе текстов или математической биологии.

Автор идеи и составитель Н. Н. Богуненко



# ЭКО: длинная история короткой встречи

Наша жизнь – это бесценный дар. Как и сама способность подарить жизнь новому человеку, продолжить свой род. Однако сейчас в мире живет около пятидесяти миллионов семейных пар, которым природа отказала в возможности стать родителями. «Оспорить» этот приговор и дать возможность тысячам людей познать радость отцовства и материнства могут новые репродуктивные технологии, основанные на последних достижениях генетики, молекулярной биологии, иммунологии и других смежных наук

Д. В. НИКИФОРОВ, Е. И. РЯБЧИКОВА, Т. В. ОВСЯННИКОВА, Ж. Ю. ПОПОВА

«Чудес не бывает, как доказал наш профессор Преображенский».  
 Михаил Булгаков

НИКИФОРОВ Дмитрий Владимирович – инженер лаборатории проблем репродукции Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск). Лауреат Премии Президента РФ по поддержке талантливой молодежи (2008)

РЯБЧИКОВА Елена Ивановна – доктор биологических наук, профессор, руководитель группы микроскопических исследований Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск)

ОВСЯННИКОВА Татьяна Викторовна – доктор медицинских наук, заведующая лабораторией проблем репродукции Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск)

ПОПОВА Жанна Юрьевна – врач-репродуктолог Центра репродуктивного здоровья Центра новых медицинских технологий (Новосибирск)

**Ключевые слова:** ЭКО, бесплодие, искусственное оплодотворение, ИКСИ, беременность.  
**Key words:** IVF, infertility, artificial insemination, ICSI, pregnancy

© Д. В. Никифоров, Е. И. Рябчикова, Т. В. Овсянникова, Ж. Ю. Попова, 2015

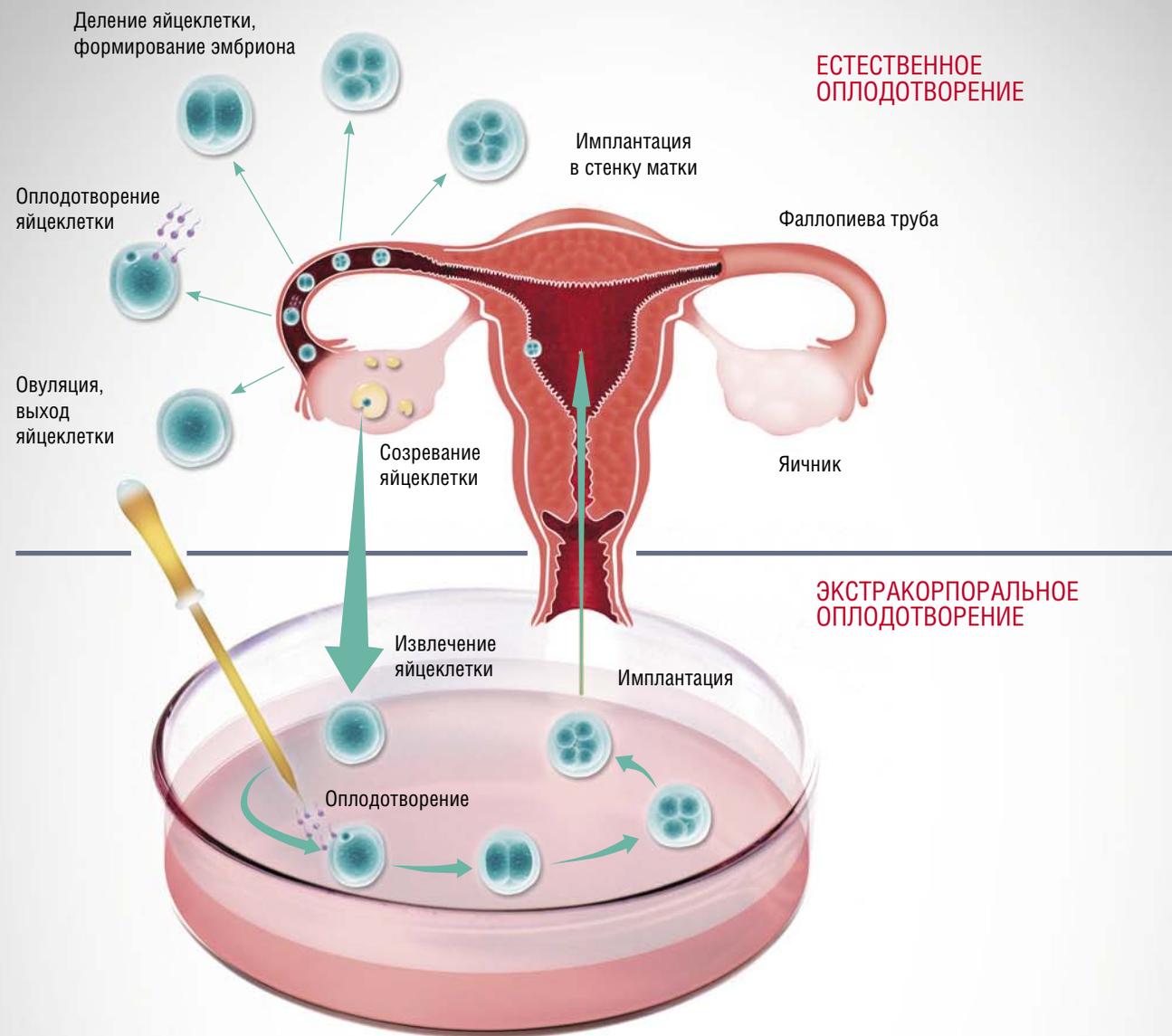
Всемирная организация здравоохранения определяет бесплодие как неспособность пары репродуктивного возраста к зачатию и вынашиванию плода в течение года или более регулярных незащищенных сексуальных отношений. Абсолютно достоверную оценку уровня бесплодия в отдельных странах и регионах нельзя получить по вполне понятным причинам, однако по данным ВОЗ, этот показатель составляет около 5% репродуктивной человеческой популяции. Таким образом, сегодня только в России должно жить не менее 3 млн человек, бесплодных по объективным медицинским показателям, т.е. в силу анатомических, генетических, эндокринных, иммунологических и других факторов. Эти цифры подтверждаются данными мониторинга, проведенного в 2011 г. совместными усилиями Росстата, Минздрава РФ, Фонда ООН в области народонаселения и ряда других организаций, согласно которому почти 5% респондентов, когда-либо состоявших в браке, сообщили, что им или их партнерам ставился диагноз «бесплодие» (Сакевич, 2013).

Значимого роста уровня бесплодия в мире и в нашей стране не выявлено, однако для каждой отдельно взятой семейной пары оно остается трагедией. Неудивительно, что число обращений в медицинские учреждения по этому поводу увеличивается, что связано, с одной стороны, с ростом уровня образования и благосостояния, а с другой – с быстрым развитием так называемых *вспомогательных репродуктивных технологий* (ВРТ), призванных помочь бесплодным парам справиться с проблемой. Однако зарождение жизни – процесс гораздо более сокровенный и фундаментальный, нежели простое выполнение инструкций в рутинной последовательности методик, что делает искусственное оплодотворение непростой задачей.

## Редактируя природу

Мужское и женское бесплодие отмечается примерно в равном числе случаев. У женщин его причинами чаще всего становится нарушение процесса овуляции – формирования зрелых яйцеклеток, непроходимость маточных труб, а также такое заболевание как эндометриоз. Самая распространенная причина мужского бесплодия – нарушение сперматогенеза: снижение концентрации, активности, понижение качества сперматозоидов. Показательный факт: по данным специалистов ВРТ Москвы, уже сейчас подавляющее большинство мужчин российской столицы имеют отклонения



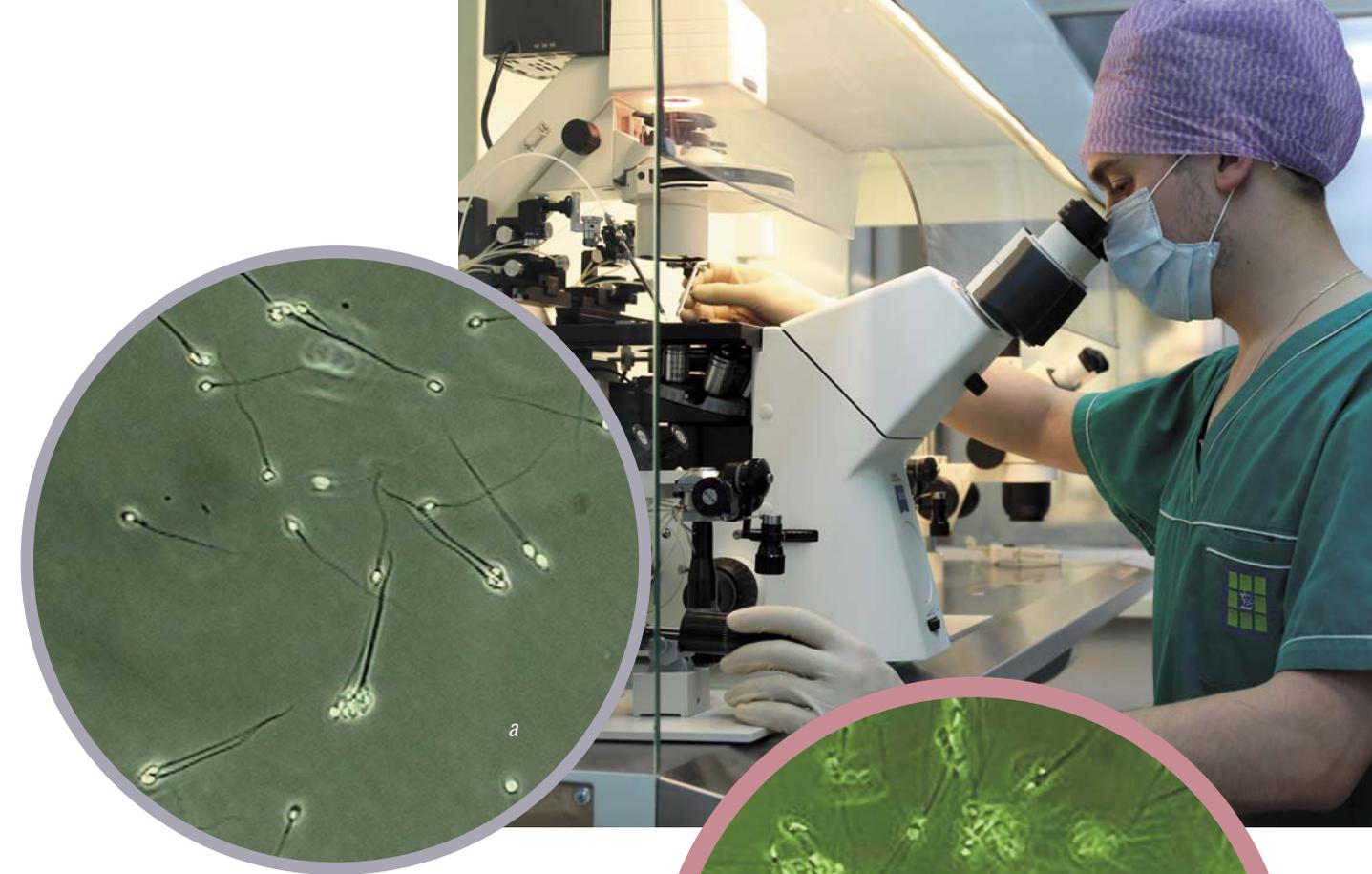


### ПРОСТАЯ ТАЙНА ЖИЗНИ

В норме у каждой женщины за один месяц созревает одна, максимум две яйцеклетки. Каждая яйцеклетка окружена оболочкой и слоем питающих ее кумулюсных клеток, в промежутках между которыми расположено межклеточное вещество, состоящее в основном из гиалуроновой кислоты. На поверхности каждого нормального сперматозоида находится специальная клеточная структура – акросома, которая содержит фермент гиалуронидазу, разрушающий гиалуроновую кислоту.

Как известно, для оплодотворения яйцеклетки нужен только один сперматозоид, но чтобы оплодотворение стало возможным, в процессе обязательно должны участвовать сотни мужских половых клеток. Когда сперматозоиды достигают яйцеклетки, они совместными усилиями сначала растворяют то самое межклеточное вещество оболочки яйцеклетки. Множество сперматозоидов опустошают свои акросомы, содержащие гиалуронидазу, усердно стараясь пробурить защитный слой яйцеклетки с помощью поступательных движений хвоста.

В итоге остается совсем тоненькая оболочка, которую и прорывает случайным образом оказавшийся в нужное время и в нужном месте один из сперматозоидов. Этот самый удачливый сперматозоид и оплодотворяет яйцеклетку. Одновременно с проникновением сперматозоида в яйцеклетку формируется оболочка, которая препятствует проникновению других сперматозоидов. Все, процесс оплодотворения завершен. Дальше начинается развитие эмбриона, который примерно через семь дней должен прикрепиться к поверхности маточной полости матери



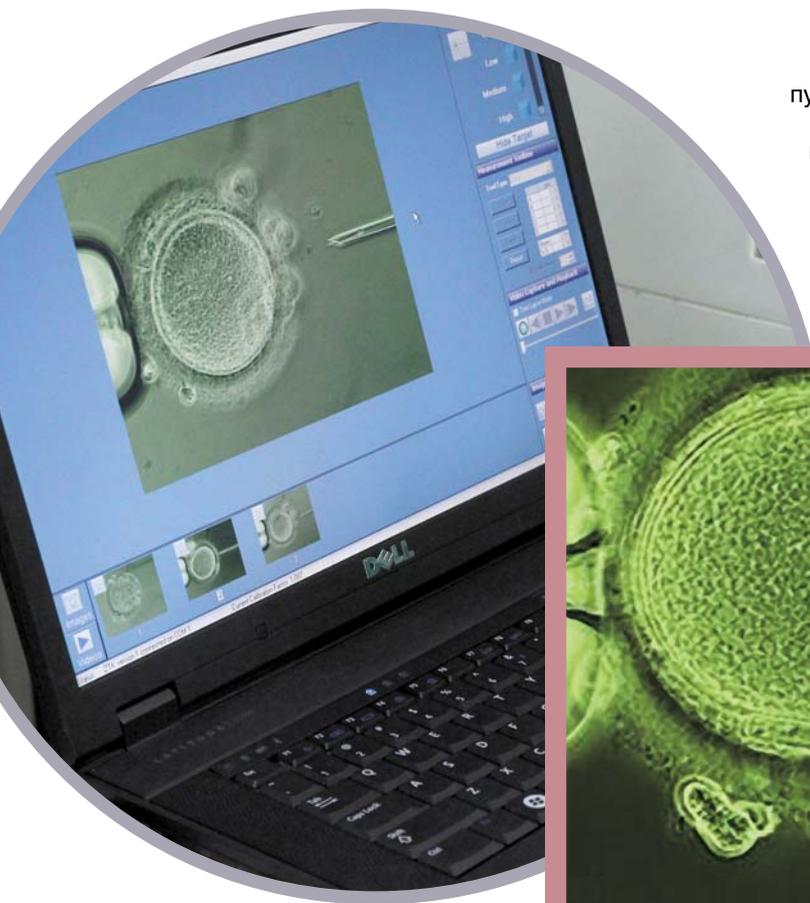
Так выглядят сперматозоиды человека перед отбором для искусственного оплодотворения: *a* – нормальные; *b* – с отклонениями (явление агглютинации – головки слипаются между собой). Справа вверху – анализ яйцеклеток и отбор сперматозоидов для ЭКО, с помощью инвертированного фазово-контрастного микроскопа

в показателях спермы, и эта тенденция справедлива для любого крупного города. Более того, снижение качества спермы относительно минимальных критериев, установленных ВОЗ, зафиксировано во многих регионах России, в том числе и удаленных от мегаполисов (Осадчук и др., 2012).

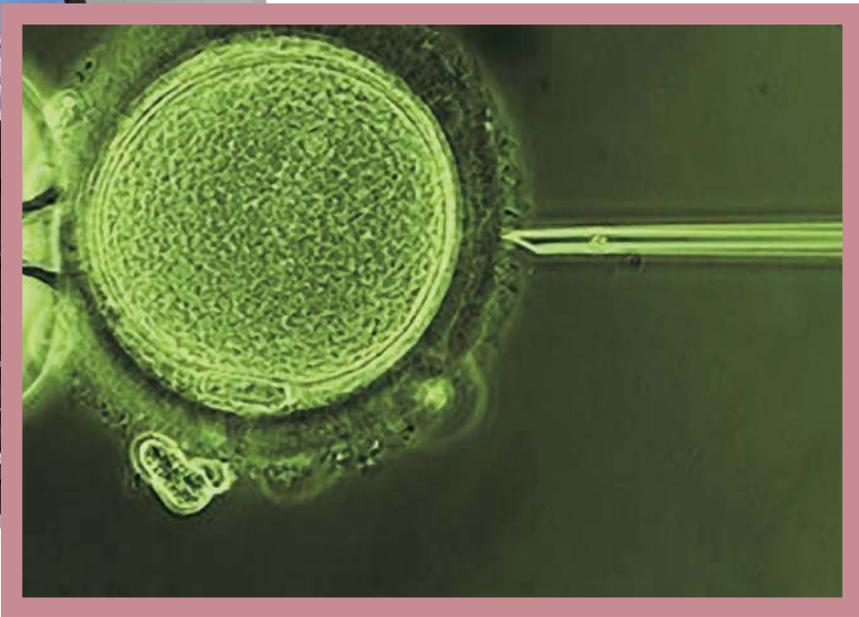
В последние годы заметно выросло и число молодых пациентов, обращающихся за помощью к специалистам ВРТ. К сожалению, в перспективе проблема бесплодного брака будет только молодеть, что в первую очередь связано с образом жизни подрастающего поколения. Стремление к получению всех благ современной жизни неизбежно оказывает влияние на здоровье молодых парней и девушек, что в последующем отражается и на их репродуктивной системе. Неправильный характер питания, алкоголь и курение, малоподвижный образ жизни, урбанизация и связанное с ней ухудшение экологической обстановки – все эти негативные факторы не могут не отражаться на здоровье, в том числе репродуктивной системе потенциальных мам и пап.

Какие же методы есть в медицинском арсенале для преодоления бесплодия? Специалисты ВРТ сегодня

способны получить сперматозоиды и яйцеклетки от бесплодной пары, добиться оплодотворения, провести культивирование эмбрионов, выбрать лучших из них перенести их для имплантации в полость матки будущей матери. При этом как половые клетки, так и эмбрионы можно заморозить, и в таком состоянии они могут храниться годами до последующего размораживания. Более того, после оплодотворения яйцеклетки можно сделать биопсию клеточного материала эмбриона и провести так называемую предимплантационную генетическую диагностику (ПГД), которая даст информацию о наличии или отсутствии тех или иных генных аномалий.



При методике ИКСИ яйцеклетку оплодотворяет путем инъекции в нее единственного сперматозоида. С помощью микроманипулятора капилляр прокалывает оболочку яйцеклетки, и сперматозоид вводится в цитоплазму. Процесс визуализируется с помощью цифровой камеры, передающей изображение на экран компьютера



Самый простой в плане реализации метод ВРТ – это «внутриматочная инсеминация», которая не требует извлечения яйцеклеток из организма будущей матери. Все остальные методы подразумевают оплодотворение яйцеклеток вне организма женщины.

Такое *экстракорпоральное оплодотворение* (ЭКО) можно проводить двумя принципиально различными способами: смешиванием выделенных яйцеклеток с суспензией сперматозоидов («классическое ЭКО», IVF, *In Vitro Fertilization*) или инъекцией единичного сперматозоида в цитоплазму яйцеклетки (ИКСИ, ICSI, *Intra Cellular Sperm Injection*).

### Путь к победе

При *внутриматочной инсеминации* сперму мужа или донора вводят в полость матки женщины. В норме, при естественном зачатии сперматозоиды прежде, чем добраться до яйцеклетки, преодолевают большой путь: сначала сквозь агрессивную (с высокой кислотностью) среду влагалища, затем наполненный слизью цервикальный канал (канал шейки матки), по поверхности маточной полости и, наконец, по маточным (фалло-

пиевым) трубам – органу, по которому яйцеклетка транспортируется из яичника. На пути к заветной цели из множества сперматозоидов многие не справляются с задачей, и до маточных труб доходят только самые отборные в прямом смысле этого слова мужские клетки. И здесь возникает вопрос: как провести искусственным образом тот самый отбор сперматозоидов, чтобы в оплодотворении участвовали только самые лучшие?

Для этого была разработана система очистки спермы от семенной плазмы (неклеточной части спермы, образующейся из секрета предстательной железы) и система отбора сперматозоидов по принципу центрифугирования в градиенте плотности. Самые зрелые и подходящие для оплодотворения сперматозоиды обладают тяжелым, компактным и плотным клеточным ядром. Поэтому самые тяжелые и, стало быть, самые лучшие из них окажутся в результате центрифугирования на дне.

Такие сперматозоиды отбираются, повторно очищаются, и в итоге получается суспензия наиболее качественных из имеющихся у пациента сперматозоидов, которые могут быть использованы в любом из методов ВРТ, в том числе для внутриматочной инсеминации. Если эту суспензию набрать в катетер и подвести сразу в



Эмбрионы человека на 1-е сутки развития:

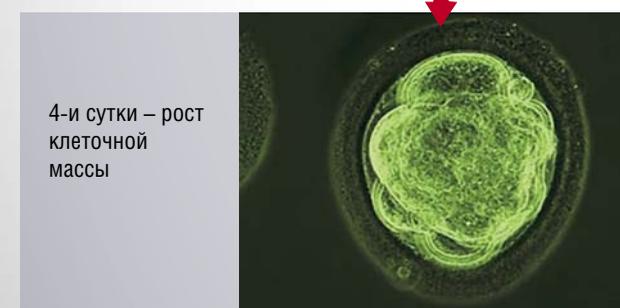
- а – с двумя пронуклеусами, свидетельством правильного оплодотворения;
- б – аномальный эмбрион с тремя пронуклеусами, не пригодный для переноса в матку



2-е сутки – начало дробления яйцеклетки



3-и сутки – формирование клеточной массы



4-и сутки – рост клеточной массы

После искусственного оплодотворения яйцеклетка начинает дробиться, и эмбрион проходит «в пробирке» первые стадии своего развития. Эмбрионы с аномальным развитием отбраковываются после микроскопического исследования. Перенос эмбриона в полость матки обычно проводится на 5-й день его «жизни» после генной диагностики

маточную полость, то можно преодолеть такие факторы бесплодия, как непроходимый для спермы цервикальный канал, несовместимость спермы с цервикальной слизью. Кроме того, специальная очистка оказывает активирующий эффект на сперматозоиды и при легких факторах мужского бесплодия может также решить проблему.

### Суть таинства

Как упоминалось выше, существуют лишь два различных метода оплодотворения вне тела будущей матери, не способной к зачатию естественным путем. Если у пациентки нет маточных труб, и миграция яйцеклетки из яичника в матку невозможна, то единственным путем реализации репродуктивной функции является классическое ЭКО. При классическом ЭКО яйцеклетки вместе со своим естественным окружением – питающими клетками, смешиваются с суспензией обработанных сперматозоидов. При этом сам процесс проникновения сперматозоидов в яйцеклетку происходит в каком-то смысле естественным путем.

Если же у семейной пары есть проблемы с качеством спермы или яйцеклеток, то это служит показанием для ИКСИ. В этом случае яйцеклетки предварительно очищают от окружающих их питающих клеток с помощью фермента гиалуронидазы, что дает возможность провести селекцию зрелых и качественных ооцитов, невозможную при оплодотворении методом классического ЭКО. Сама процедура ИКСИ проводится в крайне сжатые сроки, так как нахождение яйцеклеток вне инкубатора пагубным образом влияет на их способность к оплодотворению и дальнейшему правильному развитию эмбрионов.

Но откуда же берутся яйцеклетки, необходимые для любой методики ЭКО? Их получают пункцией (проколом) фолликулов яичника пациентки – эта операция чаще всего проводится под общей анестезией и контролем УЗИ. Чтобы повысить результативность экстракорпорального оплодотворения, вызывают рост сразу нескольких фолликулов, что позволяет получить сразу несколько яйцеклеток, а каждый дополнительный



эмбрион повышает шансы наступления беременности.

Для стимуляции роста фолликулов используются гормональные препараты гипофиза человека, необходимые для нормального созревания фолликулов и яйцеклеток – фолликулостимулирующий (ФСГ) и лютеинизирующий (ЛГ), а также хорионический гонадотропин человека (ХГЧ), который секретируется плацентой после успешной имплантации яйцеклетки в матку и играет важную роль в развитии беременности.

Сегодня благодаря достижениям современной генной инженерии для получения этих гормонов используют культуру клеток яичника китайского хомячка. Благодаря использованию таких рекомбинантных технологий целевой продукт нарабатывается в больших количествах и гораздо легче очищается, нежели природный гормон. Доступность гормонов позволила существенно повысить результативность циклов ЭКО.

После стимуляции роста фолликулов и хирургического получения яйцеклеток наступает один из важнейших моментов ЭКО – оплодотворение. Через определенный промежуток времени эмбриолог просматривает клетки в микроскоп и определяет, произошло ли оплодотворение. Заметим, что само выражение «ребенок из пробирки» появилось именно потому, что после оплодотворения яйцеклеток получившиеся эмбрионы какое-то время находятся в культуральной посуде. Хотя, если быть точными, то специалисты ЭКО используют не пробирки, а лабораторные стеклянные

Так выглядит эмбрион человека на 5-е сутки после классического ЭКО. Вокруг эмбриона видна толстая неклеточная оболочка и прилипшие к ней сперматозоиды, не проникшие внутрь. Вверху справа – инкубатор, поддерживающий необходимые условия для развития эмбриона

чашки (чашки Петри). Так что, строго говоря, дети появляются «из чашек».

Полученные тем или иным методом эмбрионы затем культивируются в течение максимум 5–6 дней в инкубаторах при температуре 36,9–37,0 °С в специальных средах (Lane, Gardner, 2007).

## Как диагностировать эмбрион?

Перенос эмбриона в полость матки обычно проводится на пятый день его «жизни», после проведения генетической диагностики. Необходимость этой процедуры обусловлена тем, что около 10–15% беременностей, полученных с помощью ЭКО, не завершаются родами по причине замирания развития плода или выкидышей, обусловленных генетическими аномалиями. Нужно добавить, что эта цифра не так уж и велика: считается, что в России каждая пятая обычная беременность не завершается родами, при этом остановка развития эмбриона происходит зачастую на сроке не более двух недель, поэтому женщина может вообще оставаться в неведении, что была беременна. Но поскольку, в отличие от естественного способа оплодотворения, процедура ЭКО трудоемка и затратна, в том числе и в эмоциональном плане, неудачу стараются исключить заранее.

Определение пола эмбриона на территории Российской Федерации запрещено законом, однако такую диагностику можно проводить одновременно с выявлением генетических аномалий. А в США, напротив, именно определение пола будущего ребенка является самым востребованным среди всех генетических анализов. Поэтому в этой стране генетической диагностике подвергается гораздо больше эмбрионов, чем в других странах.

Для определения генетического статуса эмбриона проводят биопсию его клеточного материала – ткани в случае эмбриона или полярного тельца яйцеклетки. Современные технические возможности позволяют осуществлять такую процедуру на третьи, четвертые или пятые сутки после оплодотворения.

Самые информативные и достоверные результаты дает биопсия клеточной массы пятидневного эмбриона. Отбор материала именно в этот период развития значительно уменьшает риск получения неверных данных из-за возможного явления мозаицизма эмбриона, когда разные клетки несут разный набор генов.

Дело в том, что у эмбриона на третий день развития можно взять для анализа лишь одну–две клетки из десятка имеющихся и не обнаружить в них никаких генетических отклонений. Однако если среди оставшихся клеток хотя бы одна будет содержать мутацию ДНК или хромосомную аномалию, то эмбрион в дальнейшем будет развиваться с отклонениями. На пятые сутки развития эмбриона число его клеток значительно увеличивается, а клеточная масса объединяется, поэтому в это время можно взять для анализа относительно большой участок ткани, которая даст более точную информацию о генетическом статусе эмбриона.

Генетический анализ клеточного материала эмбриона можно провести с помощью нескольких методов: флуоресцентной *in situ* гибридизацией с использова-

нием меченых флуоресцентной меткой ДНК-зондов; сравнительной геномной гибридизацией, основанной на сравнении с контрольной ДНК, а также секвенированием, т. е. определением первичной структуры последовательности ДНК.

Полногеномное генетическое исследование эмбрионов сейчас повсеместно применяется в американской практике ЭКО и получает все большее распространение в европейских странах. Наиболее перспективной является сравнительная геномная гибридизация, позволяющая диагностировать анеуплоидию (неправильное число хромосом) и микроструктурные хромосомные аномалии сразу во всех хромосомах (Глинкина и др., 2014). При выявлении генетических аномалий среди полученных эмбрионов проводится отбор, и в организм матери переносятся лишь те из них, которые дадут начало нормальной беременности и приведут к рождению здорового ребенка.

**Н**а сегодняшний день в мире живет уже более четырех миллионов людей, зачатых с помощью экстракорпорального оплодотворения, и миллионы женщин познали счастье материнства, в котором им отказала природа или обстоятельства. В области вторичных репродуктивных технологий ежегодно совершаются десятки открытий, благодаря которым результативность методик ЭКО постоянно возрастает. И все же специалисты надеются, что в будущем ВРТ все-таки не станут всеобщей практикой, но останутся спасительным выходом для немногих. Для этого каждому из нас уже сейчас нужно заботиться о собственном здоровье, здоровье своих детей и близких.

### Литература

Глинкина Ж.И., Махмудова Г.М., Кибанов М.В. Преплантационная генетическая диагностика методом сравнительной геномной гибридизации – новый подход к профилактике рождения детей с врожденной и наследственной патологией в рамках программы ВРТ // Проблемы репродукции. 2014. № 4. С. 68–72.

Дедов И.И., Макарова Н.П., Витязева И.И., Боголюбов С.В. Морфологические структуры сперматозоида, влияющие на эффективность оплодотворения методом ИКСИ // Проблемы репродукции. 2010. № 3. С. 64–67.

Осадчук Л.В., Клещев М.А., Готорова Н.В. и др. Гормональный профиль и качество спермы у мужчин Восточной Сибири // Вестн. РАМН. 2012. № 3. С. 50–55.

Lane M., Gardner D.K. Embryo culture medium: which is the best? // Best Pract. Res. Clin. Obstet Gynaecol. 2007. V. 21. N. 1. P. 83–100.

В публикации использованы фото ЦНМТ ИХБФМ СО РАН. Все фото сделаны на фазово-контрастных микроскопах, которые позволяют наблюдать клетки, не повреждая их

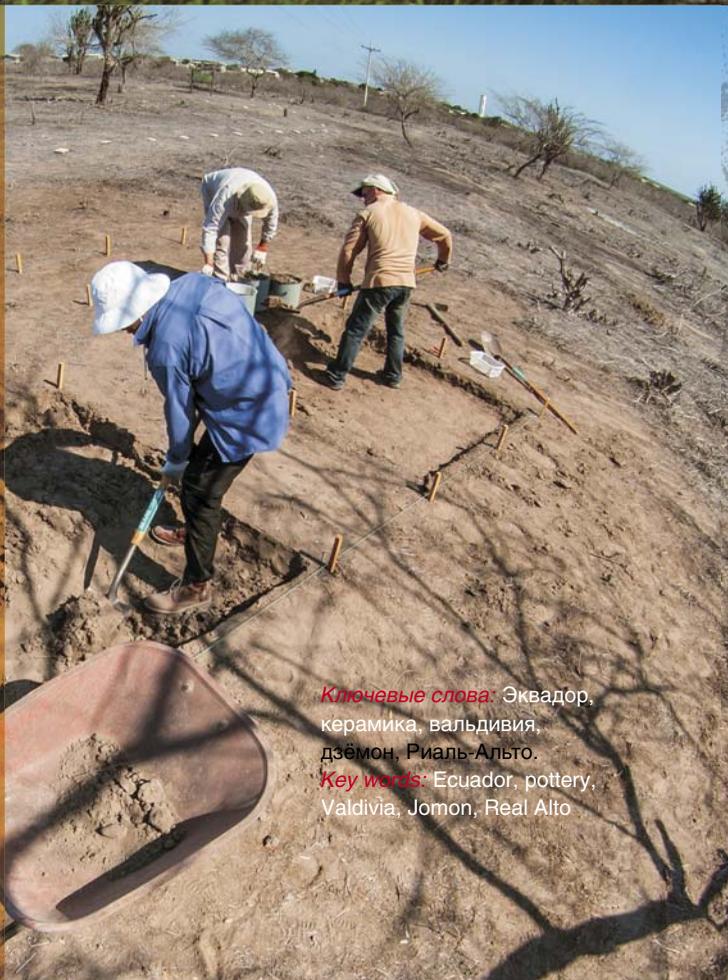


## Русская археологическая экспедиция в Эквадоре



Авторов этой статьи свела вместе одна из интереснейших и нерешенных проблем археологии доколумбовой Америки – определение времени и места появления гончарства на южно-американском континенте. Согласно самой смелой гипотезе, глиняная посуда впервые появилась на побережье Эквадора в раннеземледельческой культуре вальдивия около 5 тыс. лет назад, и это событие было связано с трансокеанским плаванием носителей культуры дзёмон с Японского архипелага. Большинство же археологов считает, что истоки вальдивийского гончарства следует искать на самом континенте

# ШТУРМ Королевских холмов



**Ключевые слова:** Эквадор, керамика, вальдивия, дзёмон, Риаль-Альто.  
**Key words:** Ecuador, pottery, Valdivia, Jomon, Real Alto



ТАБАРЕВ Андрей Владимирович – доктор исторических наук, заведующий сектором зарубежной археологии Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 215 научных работ

МАРКОС Хорхе Габриэль – профессор, директор магистерской программы по неотропической археологии Приморского политехнического института (Гуаякиль, Эквадор). Автор 200 научных работ

ПОПОВ Александр Николаевич – кандидат исторических наук, директор Учебно-научного музея Дальневосточного федерального университета (Владивосток). Автор 80 научных работ

© А.В. Табарев, Х.Г. Маркос, А.Н. Попов, 2015



За последние полвека на тихоокеанском побережье Эквадора, в том числе близ поселков Вальдивия и Реаль-Альто, был открыт ряд памятников древней земледельческой культуры с высокотехнологичной керамикой

Поиски ранних культур на побережье Эквадора связаны с именем археолога-любителя и бизнесмена Э. Эстрада Икаса и четой американских археологов Б. Меггерс и К. Эвансом из Смитсоновского института. Знаковое событие случилось в 1956 г., когда археологическая экспедиция обнаружила в небольшом рыбацком поселке Вальдивия многослойный археологический памятник с ранее неизвестной керамикой. Возраст культуры вальдивия, определенный с помощью радиоуглеродного датирования, составил 4,5–4,0 тыс., что дало основания считать, что речь идет о самой древней глиняной посуде не только в Эквадоре, но и во всей Южной Америке. Базируясь на характерных особенностях вальдивийской керамики, Эстрада выдвинул совершенно неожиданную версию, вызвавшую множество ожесточенных споров: истоки неведомой эквадорской культуры – Японский архипелаг, культура дзёмон!\*

Интригу вокруг происхождения керамической посуды в Южной Америке обострили новые археологические открытия, сделанные в прибрежных районах Эквадора в 1970–1980-х гг. В том числе в южной части полуострова Санта-Элена в 1971 г. был открыт памятник

\* Подробнее читайте в «НАУКА из первых рук», 2013. № 5/6 (53/54), с. 124–141.

культуры вальдивия Реаль-Альто. В середине 1970-х – начале 1980-х гг. американо-эквадорская экспедиция, заложив здесь три траншеи, обнаружила следы многочисленных жилищ, земляных платформ, ритуальных площадок и погребений с богатым инвентарем. На основе этих работ была определена хронология культуры вальдивия (5,5–3,5 тыс. лет назад) и предложена детальная классификация обнаруженной там керамической посуды. В 1988 г. на Реаль-Альто был официально открыт музейный комплекс под эгидой крупнейшего в Эквадоре Приморского политехнического университета (ЭСПОЛЬ, г. Гуаякиль).

Несмотря на все эти достижения, ситуация с изучением культуры вальдивия в целом остается достаточно парадоксальной. За все прошедшие годы так и не удалось ответить на ряд вопросов, в том числе принципиального характера. Во-первых, откуда ведет свое происхождение сама эта раннеземледельческая культура? Ведь между ней и предшествующей ей докерамической культурой Лас-Вегас (культурой охотников и собирателей, датируемой возрастом в 10,0–6,6 тыс. лет) существует загадочный пробел почти в тысячу лет. Во-вторых, откуда появилась в культуре вальдивия технология изготовления керамической посуды – была ли она изобретена на «месте» в прибрежной части Эквадора, или имеет «импортный характер»? Наконец, был ли прав Эстрада, выдвигая гипотезу о «заокеанских» корнях вальдивийской керамики?

Отсутствие ответов на эти важнейшие вопросы во многом связано с тем, что хотя на сегодняшний день известно уже около 30 памятников, относящихся к культуре вальдивия, лишь на пяти из них производились раскопки, притом весьма скромных масштабах. Даже на превратившемся в музей Реаль-Альто раскопки

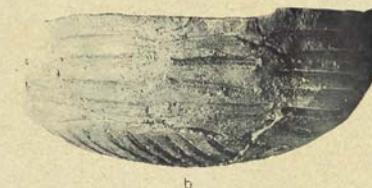
затронули не более 5% всей территории памятника! И в этом смысле раскопки на этом уникальном памятнике национального культурного наследия должны были стать для эквадорских ученых долгожданным поиском ответов на давно назревшие вопросы, а для российских – первой в истории отечественной науки археологической экспедицией в Южную Америку.

В состав российской команды вошли специалисты, аспиранты, магистранты и студенты из Владивостока, Новосибирска и Москвы; в Гуаякиле к экспедиции присоединились магистранты из ЭСПОЛЬ, а затем профессор Й. Каномата из Университета Тохоку (Сендай, Япония). Добавим, что перед этим три эквадорских магистранта программы по неотропической археологии приняли участие в раскопках неолитического памятника на о-ве Русский во Владивостоке, которые ведет один из авторов – А. Н. Попов. Приобретенный ими опыт оказался исключительно востребованным при раскопках в Эквадоре.

Наконец, в сентябре 2014 г. интернациональный коллектив ученых пошел на штурм Реаль-Альто – «Королевских холмов», названных так в честь разбившегося у побережья корабля с королевскими золотыми реалами. Археологи надеялись найти здесь свои сокровища в виде бесценных глиняных «черепков» и других уникальных артефактов.

Вверху – керамические сосуды культуры дзёмон. Форма сосудов характерна для вальдивии. Фото из книги: Б. Дж. Меггерс, К. Эванса, Э. Эстрада «Ранний формативный период прибрежного Эквадора: фазы Вальдивия и Мачалилья». Смитсоновский институт, Вашингтон, 1965 г.

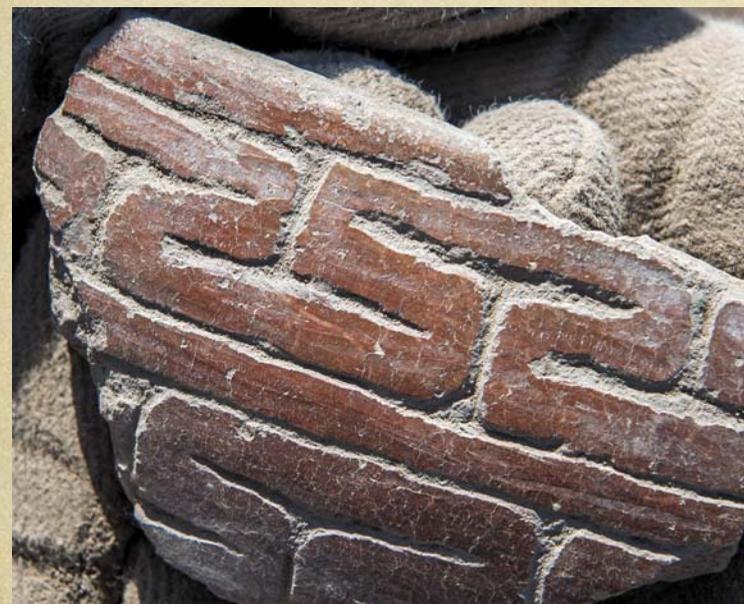
Внизу – керамическая посуда культуры вальдивия, ранний этап. Фото А. Попова.





Команда археологической экспедиции на базе – музейном комплексе Реаль-Альто

На странице справа – вальдивийская посуда с Реаль-Альто, украшенная разнообразными орнаментами, каждый из которых несет закодированную информацию о древней культуре



было составить «гlossарий действий на раскопе»: как держать совок, как правильно выравнивать стенки раскопа, как объяснить правила зачистки и извлечения из слоя находок и т. д. Таких словарей никто и никогда ранее не составлял.

## Археология в тропиках

От Гуаякиля до Реаль-Альто езды чуть более двух часов. Наш лагерь базируется прямо в музейном комплексе, который состоит из здания с большой музейной экспозицией, лаборатории с тремя жилыми комнатами и санузлами, помещения для проведения собраний и лекций, а также небольшой кухни и традиционного для этих районов Эквадора свайного дома из бамбука. Последний служит одновременно и музейным экспонатом, и местом обитания мужской части команды. Кроме того, на комплексе постоянно проживает со своей семьей смотритель музея – индеец-мантеньо с удивительным именем Байрон, который с энтузиазмом взялся за обустройство нашего быта.

Надо отдать должное южно-американским партнерам из ЭСПОЛЬ: они сделали все возможное, чтобы работа и пребывание на Реаль-Альто были максимально комфортными. В нашем распоряжении всегда был микроавтобус, несколько модемов для выхода в Интернет, сотовые телефоны и даже рации для связи «раскоп–лагерь». Трехразовое питание обеспечивало небольшое придорожное кафе неподалеку, а в самом музейном комплексе был срочно проведен капитальный ремонт всей канализационной системы. Мы находились на постоянной связи с университетом, и все, что нельзя

было приобрести на месте, оперативно доставлялось из Гуаякиля.

Российской команде, в свою очередь, пришлось везти через полмира солидный багаж с оборудованием, от тахеометра до георадара, и ей приходилось подолгу объясняться с таможенней в каждом из промежуточных пунктов полета.

...Коварные эквадорские тропики диктуют свой, особый режим рабочего дня. Во времена культуры вальдивия поселение окружали влажные мангровые заросли, современный же ландшафт больше напоминает полупустыню с сухим колючим кустарником, кактусами и редкими деревьями. Мы вставали не позже шести часов утра, завтракали и уже до восьми были на раскопе. Жара, от которой не спасал и специально установленный тент, вынуждала делать днем трехчасовой перерыв на обед. После обеда начинал дуть легкий освежающий бриз со стороны океана, но уже в шесть часов вечера начинало стремительно темнеть, и работа перемещалась в лагерь, в камеральную лабораторию.

И, наконец, практически каждый вечер мы составляли русско-англо-испанский словарь. Дело было не столько в том, чтобы найти эквиваленты археологическим терминам и названиям различных находок. Гораздо важнее

## Сокровища Реаль-Альто

Раскопки в Южной Америке можно сравнить с раскопками на другой планете, настолько все здесь незнакомое и непохожее. С другой стороны, мы серьезно готовились к этому проекту: собрали и изучили практически всю научную литературу, посвященную культуре вальдивия, вели активную переписку с археологами, которые когда-либо работали в Эквадоре, трижды побывали на памятнике в предшествующие годы и даже заранее определились с местом раскопа.

Для этого был выбран нетронутый участок в северо-восточной (наиболее возвышенной) части памятника. Недалеко от него команда под руководством американского археолога Дж. Дампа в 1984 г. заложила траншею, где удалось проследить следы ранних фаз культуры вальдивия и получить на основе радиоуглеродного датирования угля две самые древние для Реаль-Альто даты: 5495 и 5620 лет.

Общая площадь нашего раскопа в 2014 г. составила 16 м<sup>2</sup> (два сектора по 8 м<sup>2</sup>). Раскопки велись методично, последовательным снятием небольших (8–10 см) горизонтов с последующей





зачисткой, тщательной переборкой грунта и сортировкой находок на камень, керамику и раковины. Весь процесс фиксировался с помощью фототехники.

Так как культуросодержащие горизонты на памятнике сложены плотными аллювиальными и эоловыми отложениями, при высыхании они моментально превращались в очень мелкодисперсную пыль. Чтобы отследить характер залегания артефактов, стенки раскопа постоянно приходилось смачивать водой из специальных ручных помп. Работать можно было только в перчатках — мелкая ракушка сечет пальцы как бритва.

...Постепенно картина раскопа прояснялась. Полученный археологический материал условно делился на три последовательных слоя, при этом наиболее «богатыми» (содержащими камень, керамику, раковины, отдельные кости животных и птиц) оказались два верхних слоя. Участники экспедиции не переставали удивляться разнообразию форм и орнаментальным композициям вальдивийской посуды: композициям из треугольников и трапеций, наlepным валикам, отпечаткам зерен кукурузы... Среди обнаруженных в раскопе многочисленных створок раковин («пищевых отходов») попадались и изделия из них: штампы для керамики, украшения, фрагменты емкостей или своего рода «ковшики». Особо были отмечены находки нескольких продолговатых галек из мягкого камня желтого, белого и оранжевого оттенков. Скорее всего, они являлись



В культуросодержащих слоях Реаль-Альто встречались как отдельные черепки, так и развалы практически полных сосудов, а также каменные орудия, которые в обязательном порядке фотографировались и тщательно зарисовывались



Верхний слой по прочности напоминал цемент, пришлось использовать даже кирку.

**Зачистка — самый ответственный момент**

заготовками для производства знаменитых женских фигурок — вальдивийских «Венер».

Ниже последнего слоя с керамикой был обнаружен мощный (10–15 см) слой со множеством створок раковин. Дополнительные раскопки в одном из квадратов на 30–35 см вглубь показали, что ниже никакой археологический материал уже не встречается.

### Осадили со всех сторон

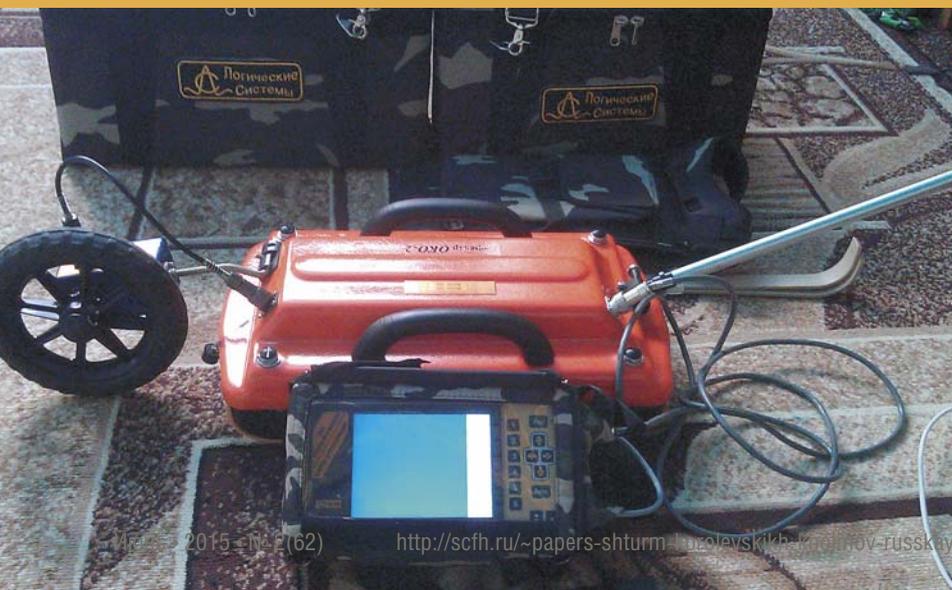
Наша экспедиция, которая с самого начала задумывалась как комплексная и мультидисциплинарная, предполагала использование различных полевых методов. Так, параллельно с раскопками производилась инструментальная съемка территории Реаль-Альто, отбор

Так наносился орнамент на мягкую глину. Такой узор мы называли «Пальчики Бога»





Для георадиолокационных исследований использовался полевой базовый комплект георадара ОКО-2 (НПЦ «ГЕОТЕХ», Россия), состоящего из приемо-передающей антенны, блока регистрации и блока управления. Георадар излучает сверхширокополосные импульсы электромагнитных волн метрового и дециметрового диапазона и принимает сигнал их отражения от предметов или любых неоднородностей, имеющих отличную от среды диэлектрическую проницаемость или проводимость



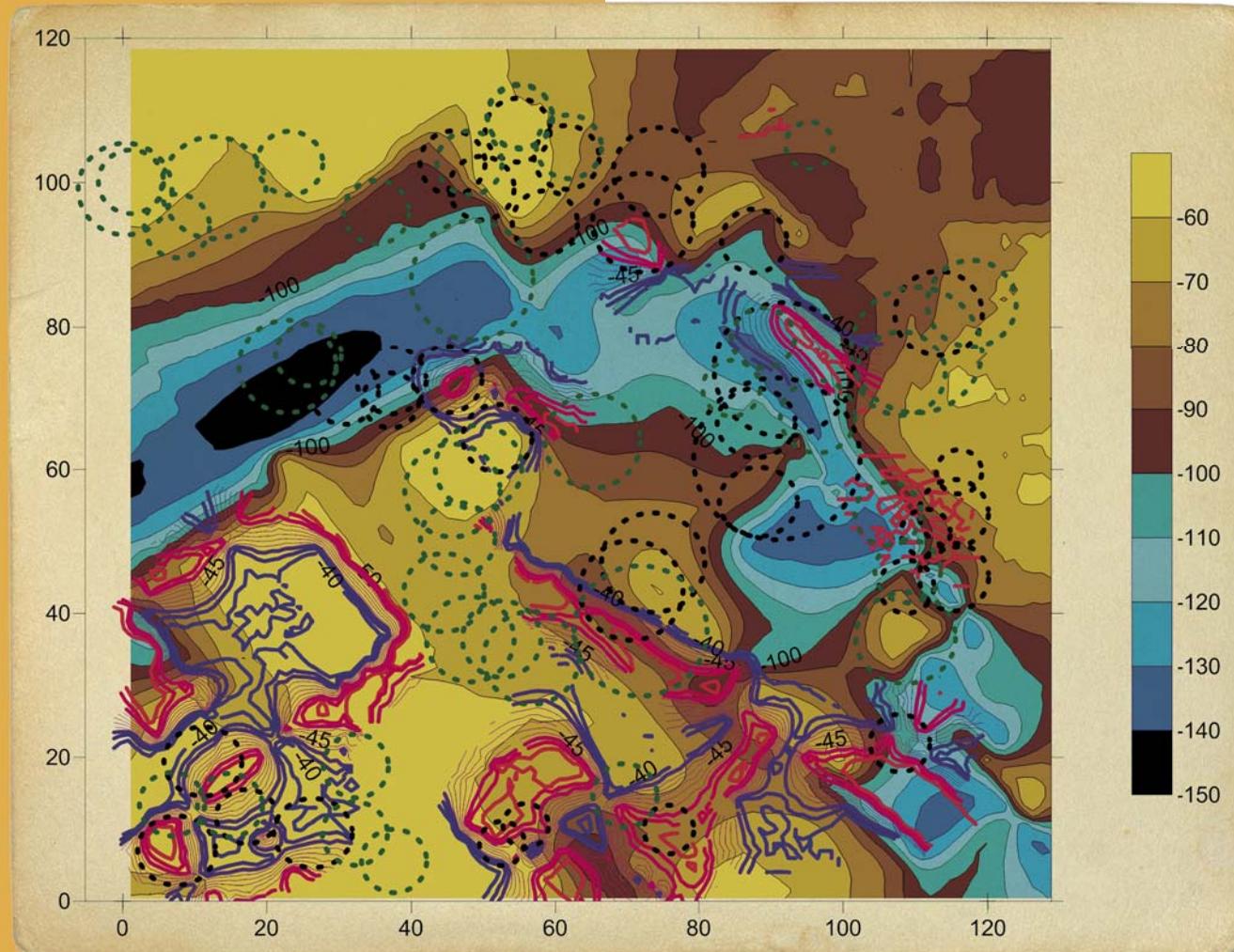
проб почвы для проведения анализа пылицы и реконструкции палеоклимата, а также зондирование памятника с помощью георадара.

На последний метод возлагались особые надежды: георадар дает уникальную возможность увидеть характер и последовательность заселения конкретного памятника, расположение жилищных конструкций, хозяйственных площадок и других объектов. Принцип действия георадара основан на излучении сверхширокополосных импульсов метрового и дециметрового диапазона электромагнитных волн и приеме сигнала, отраженного от предметов или неоднородностей (археологических объектов), которые имеют отличную от внешней среды диэлектрическую проницаемость или проводимость. На Рель-Альто георадиолокационные исследования были проведены на территории 120×90 м, которая была разбита на 18 полигонов, ориентированных по сторонам света.

На этом георадарном изображении специалисты отметили два вида антропогенных аномалий. Во-первых, возможные земляные насыпи на глубине 40—50 см (их границы отмечены малиновыми и фиолетовыми линиями). Для их сооружения, очевидно, применялся только местный песчаный грунт без использования камней, сырцовых кирпичей и т. д. Возводились насыпи постепенно, потом реконструировались. Так как за несколько тысячелетий их контуры сильно оплыли, начальная форма насыпей пока определена условно. Плотный слой раковин, обнаруженный в раскопе в 2014 г., мог служить для укрепления края земляной платформы. В любом случае, само наличие таких насыпей является уникальным свидетельством появления достаточно монументальных сооружений на раннем этапе культуры. Второй вид аномалий, расположенных примерно на той же глубине, можно уверенно интерпретировать как следы жилищ (они отмечены черными и зелеными окружностями в зависимости от глубины). Жилища, также разного возраста, перестраивались и наслаивались друг на друга

В ходе работ на раскопе из средней части культуросодержащих отложений были отобраны пробы для радиоуглеродного датирования: две пробы – нагар на керамике, и одна – из небольшого скопления угля. Как уже упоминалось, археологические материалы сопровождался значительным количеством раковин, а также костями животных (собака, косуля), рыб и птиц, встречались даже отдельные кости крупных морских животных (возможно, кита). Все эти находки тщательно обрабатывались и классифицировались палеобиологом.

Отдельно следует упомянуть работу нашего японского коллеги, профессора Й. Каномата, который привез с собой небольшую микроскопическую лабораторию для поисков на найденных каменных артефактах следов их использования. Ведь подавляющее большинство каменных изделий представляет собой грубые галечные отщепы, и определить их функцию возможно лишь с помощью бинокулярного исследования.





Ракушки – самый массовый материал, поэтому моют их все

## Итоги эквадорской весны

Археологические работы на Реаль-Альто закончились в самом разгаре эквадорской весны, когда полупустынные пейзажи запестрели свежими красками, а прямо перед лабораторией распустились яркие желтые цветы на дереве с причудливым индейским названием гуачепели. Раскопки на Реаль-Альто широко освещались в средствах массовой информации Эквадора, и на какое-то время мы даже стали знаменитыми. Даже офицеры службы контроля в аэропорту не стали досматривать наш багаж с пристрастием.

С момента окончания работ прошло не так много времени, но у нас уже есть первые результаты, часть из которых весьма интересна, если не сказать сенсационна.

Во-первых, в конце октября 2014 г. были получены три новые радиоуглеродные даты (от  $4490 \pm 30$  до  $4620 \pm 30$  лет назад), которые соответствуют второму этапу в хронологии культуры вальдивия и данным по типологии археологического материала.



Во-вторых, весь обнаруженный керамический материал по своим характеристикам (форме сосудов, их размерам, орнаментации) очень хорошо укладывается именно в ранние этапы культуры вальдивия (примесь черепков более поздних этапов или иных культур составляет менее 0,5%). Таким образом, очевидно, что раскопанный нами комплекс не был переотложен и потревожен последующими обитателями «Королевских холмов».

Судя по обнаруженной керамике, каменная индустрия культуры вальдивия лишь незначительно отличается от предшествующей ей индустрии культуры Лас-Вегас. Сырье, техника расщепления, набор орудий – все это с очевидностью свидетельствует о местной преемственности. При этом стратиграфические наблюдения за последовательностью залегания слоев с находками не подтвердили наличие существенного разрыва между докерамическим и раннекерамическим периодами. Скорее, следует считать, что переход от одного к другому произошел достаточно быстро.

И, наконец, очень интригующе выглядят предварительные данные расшифровки георадарного зондирования. Мы ожидали, что наш прибор сможет «увидеть» лишь следы жилищ и раковинных куч, но специалисты уверены в существовании в этой части памятника больших искусственных насыпей высотой от 20 см до 1 м. Если это так, и обитатели Реаль-Альто начали



Загадочный узор на ранней вальдивийской керамике напоминает рисунок гор



Игуаны с интересом наблюдали за работой археологов

возводить монументальные сооружения уже на самых ранних этапах культуры вальдивия (а не с третьего этапа, как считалось раньше), то время появления раннеземледельческой цивилизации в Северных Андах отодвигается в прошлое почти на тысячу лет!

**К**онечно, все данные, полученные в ходе археологической экспедиции 2014 г., еще будут анализироваться и перепроверяться. Однако обнаруженная нами керамика ранней вальдивии не имеет ничего общего с керамикой культуры дзёмон и никоим образом не может от нее происходить. Таким образом, пока не удалось найти ни одного доказательства гипотезы об интродукции гончарства в Эквадор из Японии. Поражает другое: даже самая ранняя керамика демонстрирует достаточно высокую технологию формовки и обжига. Поэтому вопрос о месте и времени происхождения местного гончарства пока остается открытым.

Нужно отметить, что наши результаты ни в коей мере не снимают вопрос о самой возможности трансстихоокеанских плаваний в древности. В искусстве

более поздних культур из прибрежных частей Эквадора и Колумбии имеется множество интереснейших сходных черт с искусством культур Японии и Китая, которые ждут своего изучения и объяснения.

Что касается Реаль-Альто, то в сентябре 2015 г. планируется проведение второго сезона раскопок. В состав экспедиции помимо наших эквадорских коллег войдут российские специалисты из Владивостока, Новосибирска и Москвы, а также археологи из японского Университета Тохоку и колумбийского Университета Каука. Планируется также продолжить геофизические исследования (сделать раскоп для проверки характера аномалий и их расположения), трасологический анализ каменных орудий и анализ палеофауны, а также работу с коллекциями антропологического материала, включая анализ зубов и взятие проб на ДНК.

Главная цель сезона 2015 г. – обнаружить самые ранние следы гончарства на южно-американском континенте, и памятник Реаль-Альто является в этом отношении наиболее перспективным. Очень важно найти и четко зафиксировать момент появления первой глиняной посуды – «день рождения» новой культуры на древних Королевских холмах.

#### Литература

Табарев А.В., Маркос Х.Г., Попов А.Н. Эквадор: по следам одной необычной археологической гипотезы // *Наука из первых рук*. 2013. № 5–6. С. 124–141.

Табарев А.В. Культурный и палеоэкономический аспекты появления древнейшей керамической посуды на востоке Евразии и в Южной Америке (Колумбия, Эквадор) // *Тр. IV (XX) Всерос. археологического съезда в Казани. Казань: Отечество, 2014. Т. 1. С. 354–356.*

Табарев А.В., Попов А.Н. Возвращение в Южную Америку: некоторые итоги, проблемы, перспективы // *Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири*



и сопредельных территорий: Материалы итоговой сессии Института археологии и этнографии СО РАН 2013 г. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2014. Т. XX. С. 289–291.

Раньше поселок Вальдивия назывался Гуачепели, как и этот прекрасный цветок

Исследования проводятся при поддержке Научного фонда Дальневосточного федерального университета (Владивосток)



# ПОДПИСКА для ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

Стоимость подписки на полугодие – 690 руб.  
Стоимость подписки на год – 1380 руб.



## Чтобы оформить подписку на 2015 г., заполните заявку:

1. Полное наименование организации \_\_\_\_\_
2. Юридический адрес \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ИНН/КПП \_\_\_\_\_
4. Тел./ факс \_\_\_\_\_
5. E-mail \_\_\_\_\_
6. Контактное лицо (Ф.И.О. полностью) \_\_\_\_\_
7. Ваши реквизиты для получения изданий по почте \_\_\_\_\_  
Почтовый адрес (включая индекс) \_\_\_\_\_
8. Получатель издания в организации (отдел, Ф.И.О.) \_\_\_\_\_
9. Прошу выслать счет на подписку  
журнала «НАУКА из первых рук» на первое, второе полугодие, год (нужное подчеркнуть),  
количество экземпляров \_\_\_\_\_

почтой  факсом  e-mail

## и вышлите ее по адресу:

Редакция журнала  
«НАУКА из первых рук»  
630090, г. Новосибирск,  
а/я 96

или отправьте по факсу:  
8 (383) 330-26-67

или по e-mail: [zakaz@infolio-press.ru](mailto:zakaz@infolio-press.ru)

Счет на оплату будет выслан  
в течение трех рабочих дней после  
получения заявки

### По всем вопросам обращаться:

Тел.: 8 (383) 330-27-22

Факс: 8 (383) 330-26-67

e-mail: [zakaz@infolio-press.ru](mailto:zakaz@infolio-press.ru)

Вы также можете оформить  
подписку на нашем сайте:  
[www.sciencefirsthand.ru](http://www.sciencefirsthand.ru)  
[www.sibsciencenews.org](http://www.sibsciencenews.org)

● Подписка на электронную  
и мобильную версию журнала:  
Пресса.ру: [www.ppressa.ru](http://www.ppressa.ru)

● Подписка на электронную журналы:  
Научная электронная библиотека e-library:  
[www.e-library.ru](http://www.e-library.ru)

● Подписка по каталогам:  
Агентство «Урал-Пресс»  
[www.ural-press.ru](http://www.ural-press.ru)

● Подписка on-line:  
Агентство «Деловая пресса»: [www.delpress.ru](http://www.delpress.ru)

Интернет магазин «PRESS cafe»:  
[www.presscafe.ru](http://www.presscafe.ru)

МК-периодика: [www.periodicals.ru](http://www.periodicals.ru)

Информнаука: [www.informnauka.com](http://www.informnauka.com)



## Платежные реквизиты:

ООО «ИНФОЛИО»

ИНН 5408148073

КПП 540801001

Р/счет 407 02 810 603 120 002 214

в ОАО «МДМ БАНК»,

г. Новосибирск

Кор/счет 30101810100000000821

БИК 045004821

В стоимость подписки включена доставка журналов заказной бандеролью



*Головка клеща. Электронная микроскопия Е. Митрофановой*

ISSN 18-10-3960



9 771810 396003 62