

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

www.scfh.ru

4⁽⁶⁴⁾ ● 2015

НЕТ УЧЕНЫХ
БЕЗ УЧЕНИКОВ

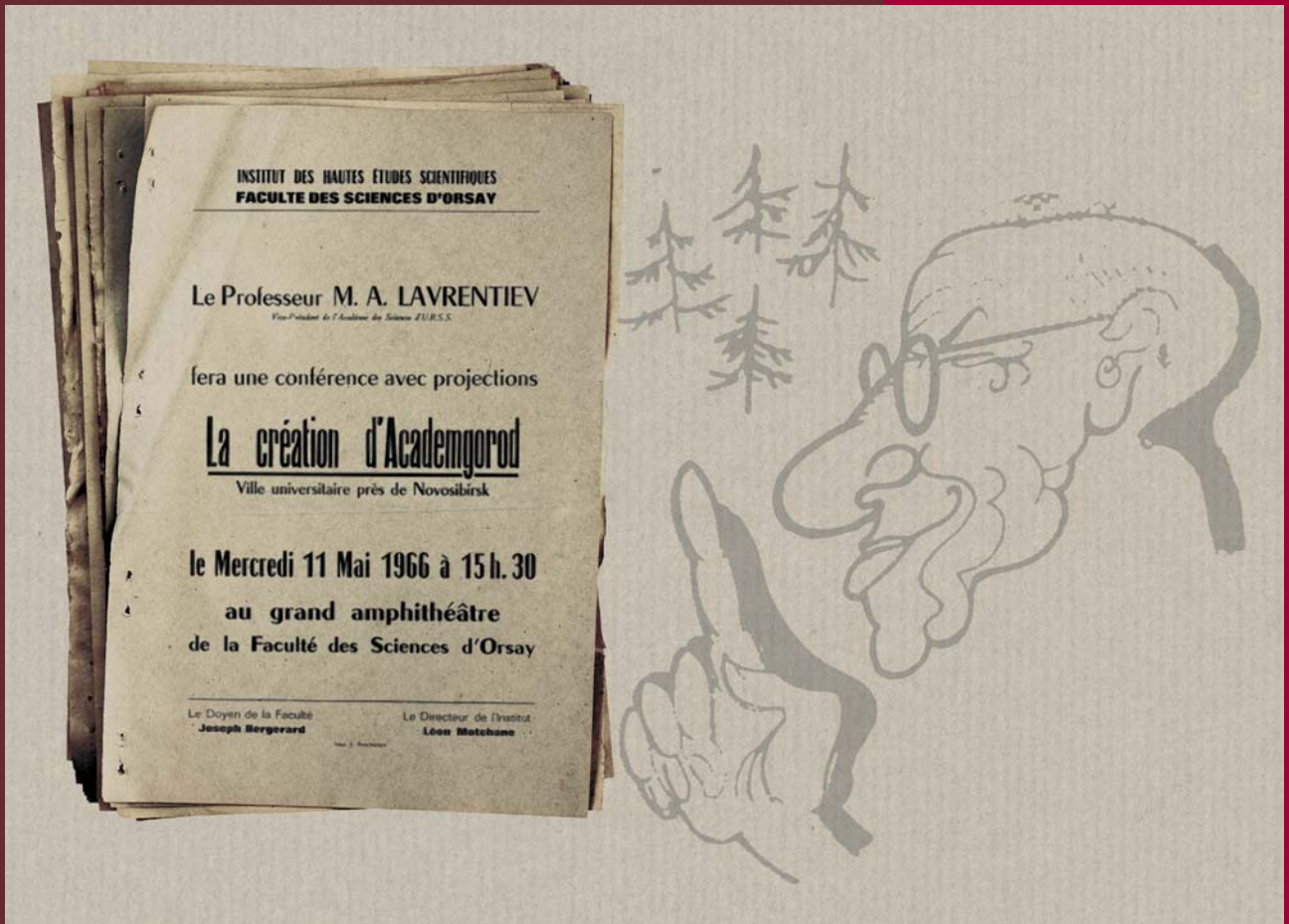
У ПОДНОЖИЯ
БОЛЬШИХ
КУРГАНОВ

В АРКТИКУ
НА ВОЗДУШНОМ
ШАРЕ

ТАЙНА
ЧАШКИ КОФЕ

УКРОЩЕННЫЙ ВЗРЫВ

К 115-летию академика М.А. Лаврентьева



Объявление о лекции академика М. А. Лаврентьева, сохраненное и любезно переданное французскими друзьями команде КВН НГУ, посетившей Францию в октябре 1989 г. *Музей НГУ*

«Нимб» над головой академика М. А. Лаврентьева — не что иное, как вихревое кольцо, образовавшееся на высоте более 2-х км в результате подрыва и детонации трех тонн распыленного в воздухе бензина в эксперименте, проведенном на острове в Обском море новосибирскими физиками. На основе одной из многочисленных идей Лаврентьева в области теории и практики взрыва, которым он уделял огромное внимание, впоследствии были созданы принципиально новые эффективные методы тушения пожаров на нефтяных и газовых скважинах с помощью вихревых колец и импульсных струй огнетушащего порошка

На первой странице обложки:

На фото — М. А. Лаврентьев во время эксперимента на острове в Обском море, во время которого были подрываны три тонны распыленного в воздухе бензина. В результате детонации двухфазной бензино-воздушной смеси сначала сформировался огненный шар диаметром 80 м, который превратился в «гриб», а затем — в вихревое кольцо, которое поднялось на высоту более двух километров

4. 2015
научно-популярный журнал



НАУКА

из первых рук



В НОМЕРЕ:

Академик Н. Н. Моисеев: «Когда я думаю о М. А. Лаврентьеве, то мне невольно приходят на ум личности эпохи Возрождения – тот же масштаб интересов и деятельности, то же неистовство стремлений и желаний, то же отсутствие боязни в своих начинаниях... Люди такого масштаба рождаются нечасто. Они составляют соль нации, создают образ эпохи»

Заочная физико-математическая школа при НГУ, отметившая в 2015 г. полувековой юбилей, многие годы существовала «нелегально» – практически на энтузиазме студентов, а первым официальным документом стал ... приказ об их увольнении из университета

Проект Брунса–Брейтфуса по созданию трансарктического сообщения на дирижаблях, представленный Советскому правительству в 1924 г., должен был совершенно преобразить жизнь в Сибири, разрешив «столетнюю сибирскую проблему соответственно ее высокому культурно-политическому и экономическому значению»

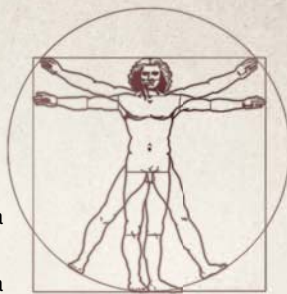
Познавательный журнал
для хороших людей

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.scfh.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 20.11.2015

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, 2015

© Институт археологии и этнографии
СО РАН, 2015

© Лимнологический институт СО РАН,
2015

© Институт геологии и минералогии
им. В.С. Соболева СО РАН, 2015

© Институт химической биологии
и фундаментальной медицины
СО РАН, 2015

© Институт нефтегазовой геологии
и геофизики им. А.А. Трофимука
СО РАН, 2015

Дорогие друзья!

Очередной выпуск нашего журнала вышел в канун 115-летия со дня рождения Михаила Алексеевича Лаврентьева – выдающегося ученого современности, неслучайно сравниваемого с такой знаковой фигурой эпохи Возрождения, как Леонардо да Винчи. Но сегодня мы вспомним его не только как крупнейшего математика, механика и организатора Сибирского отделения АН СССР, создание которого было революционным шагом в истории не только российской, но и мировой науки. Как мы знаем, в тройку главных составляющих знаменитого «треугольника Лаврентьева» входят «кадры», т.е. целенаправленная, многоступенчатая подготовка научной смены, начиная буквально со школьной скамьи. Одной из таких форм привлечения в науку талантливой молодежи в начале 1960-х гг. стала Всесибирская физико-математическая олимпиада школьников, третий тур которой подразумевал участие в Летней школе в новосибирском Академгородке, где школьники могли познакомиться с «живой наукой».

Однажды, в 1961 г. при обсуждении ЛФМШ наш выдающийся физик Г.И. Будкер, возглавлявший оргкомитет школы, выдвинул фантастическое для тех времен предложение: создать при университете постоянно действующую физмат школу. Лаврентьев стал горячим сторонником этой идеи: по воспоминаниям одного из первых учеников школы Геннадия Фридмана, опубликованным в этом выпуске, «первые полгода это было абсолютно незаконное образовательное заведение, содержащееся за счет безусловно нецелевого расходования бюджетных денег М.А. Лаврентьевым, который ничего не боялся, так как действовал во имя идеи, ... лишь в августе 1963 г. вышло, наконец, постановление Совета министров о школах-интернатах, а еще позже подобные школы стали организовываться в Москве, Ленинграде, Киеве и других городах».

Продолжение этой истории стало ярким примером жизнеспособности и огромного потенциала идей, положенных в основу создания новосибирского академического центра. Тот же Фридман, будучи уже второкурсником НГУ, вместе со своими товарищами буквально «повторил» организационный опыт, поставленный тремя годами раньше отцами-основателями. Так появилась Заочная физико-математическая школа, отпраздновавшая в этом году свой пятидесятилетний юбилей, которая дала любознательным и одаренным ребятам из разных, даже самых удаленных городов и поселков уникальную возможность оценить свои способности и серьезно повысить свою подготовку по физике и математике. Поразительно, но эта одна из лучших отечественных заочных школ первое время работала практически нелегально, держась на энтузиазме ее организаторов. По воспоминаниям Геннадия Фридмана, «первый официальный документ, в котором отразилось существование Заочной школы, появился лишь спустя 6–7 лет. По иронии судьбы, это был приказ по университету: “За развал работы ЗФМШ уволить».



Г.Ш. Фридмана ...», за которым продолжался список фамилий организаторов».

За прошедшие десятилетия сотни талантливых школьников, прошедшие по образовательной цепочке олимпиада – ФМШ – НГУ, получили путевку в «большую науку». Сегодня к этой системе добавилась система ТЮФ (Турнир юных физиков) – командное состязание старшеклассников, идея которого зародилась в МГУ в конце 1970-х гг., а к концу прошлого века турнир вышел на международный уровень. Сейчас на базе физического факультета НГУ и СУНЦ НГУ (бывшей ФМШ при НГУ) ежегодно проводится Сибирский турнир юных физиков, в котором участвуют команды из школ и гимназий Сибирского региона. О его уровне красноречиво свидетельствует тот факт, что уже третий год сборную России представляют на международном турнире школьники из новосибирских школ и гимназий, и уже два года подряд они становятся серебряными призерами!

В новых реалиях меняется и университет – он ищет свое место в новой действительности и продуктивную модель взаимодействия с академической наукой и обществом. По мнению члена Международного академического совета НГУ Г.Е. Фальковича, профессора Института им. Вейцмана (Израиль) и, конечно, выпускника НГУ, «во всем мире именно образование ставится во главу угла, что и неудивительно, ведь значимость любого университета для жизни общества намного больше, чем для жизни какого-либо института. Что касается НГУ, то даже в советское время лишь 40% его выпускников затем работали в Академии, а оставшаяся часть активно участвовала в жизни российского общества, играя в ней важную роль».

Здесь будет уместно привести слова самого Лаврентьева о том, что «кого учить, чему учить и как мы будем учить сегодня – этим будут определены завтра наши успехи в науке». И, добавим без большого преувеличения, не только в науке, но и в построении сильного, достойного и справедливого государства.

Академик Н.Л. Добрецов,
главный редактор



ПАЛЕОГЕНЕТИЧЕСКОЕ исследование древних обитателей юга Западной Сибири с использованием **МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК** – части генома, наследуемой только по материнской линии, позволило оценить уровень миграционной активности и степень вовлечения в **БРАЧНЫЕ СВЯЗИ** женского населения. **С. 62**

Археологические исследования последних лет доказали, что древние курганы **ЕВРАЗИЙСКОЙ СТЕПИ** представляют собой не просто насыпи, а сложные **АРХИТЕКТУРНЫЕ** сооружения, свидетельствующие о высоком уровне развития у древних кочевников строительных технологий. **С. 70**



.01

НОВОСТИ НАУКИ

- 6 **О.И. Лаврик**
Член-корреспондент РАН Ольга Лаврик: «...надеюсь, что теперь эта важная область исследований будет замечена в России»
- 12 Лауреат премии 2016 Robert R. Wilson Prize Василий Пархомчук: «И все же я надеюсь, что в недалеком будущем метод электронного охлаждения будет применяться и в нашей стране»

.02

ИСТОРИЯ НАУКИ. СУДЬБЫ

- 14 **А.А. Васильев**
Укрощенный взрыв.
К 115-летию М.А. Лаврентьева
- 34 **Б.Н. Апанасов**
Михаил Алексеевич Лаврентьев: «Нет ученых без учеников».
К основанию пространственных квазиконформных отображений

.03

УНИВЕРСИТЕТ В РАССКАЗАХ

- 40 **Г.Е. Фалькович, А.В. Косточка, А.А. Аполонский, В.Л. Зельман, Г.Л. Дианов**
Международный академический совет НГУ: от первого лица
- 48 **Г.Ш. Фридман, А.С. Марковичев, С.И. Прокопьев**
Заочная школа при НГУ. 50 лет спустя

.04

ГИПОТЕЗЫ И ФАКТЫ

- 62 **А.П. Деревянко, М.В. Шуньков, А.С. Пилипенко, Н.В. Полосьмак, В.И. Молодин**
На оси времени. По следам международного симпозиума «Мультидисциплинарные методы в археологии: новейшие итоги и перспективы»
- 70 **А. Наглер**
Курганы Большой степи как архитектурные сооружения
- 86 **Г. Парцингер, А. Гасс, Й. Фассбиндер**
У подножия «царских курганов». Новейшие археологические и геофизические исследования

Оказалось, что большие **СКИФСКИЕ** погребальные **КУРГАНЫ** одновременно использовались как **ХРАМЫ** для поминовения предков и приношения богам жертв, в том числе человеческих. **С. 86**

Как не расплескать **КОФЕ** при ходьбе или создать **ИСКУССТВЕННЫЕ МЫШЦЫ** из нейлоновой лески? Теоретическое и экспериментальное решение подобных задач на Международном **ТУРНИРЕ ЮНЫХ ФИЗИКОВ** в 2015 г. принесло «серебро» сборной команде России, состоящей из **НОВОСИБИРСКИХ** школьников. **С. 120**



.05

ИСТОРИЯ НАУКИ

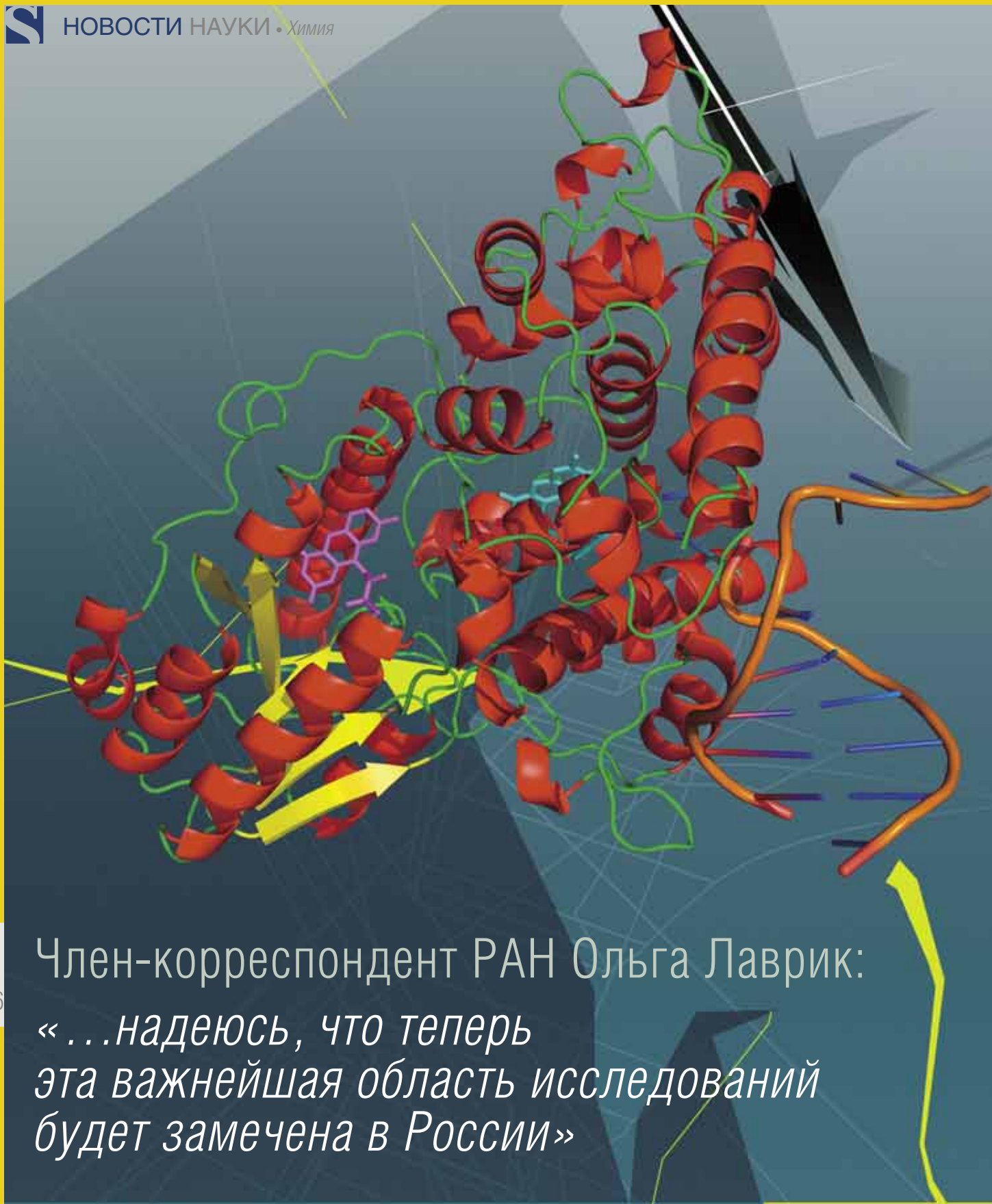
- 102 **О.А. Красникова**
В Арктику на воздушном шаре. Документ, обнаруженный в Фонде Полярной комиссии Российской академии наук

.06

ФАКУЛЬТЕТ

- 120 Турнир юных физиков: «Чашку кофе» и «искусственную мышцу» поменяли на «серебро»
- 122 **В.И. Матюнин, А.И. Щетников**
Искусственные мышцы из нейлоновой лески
- 128 **А.М. Буданцев, М.В. Буданцев**
Тайна чашки кофе





Член-корреспондент РАН Ольга Лаврик:

«...надеюсь, что теперь эта важнейшая область исследований будет замечена в России»



ЛАВРИК Ольга Ивановна – член-корреспондент РАН, профессор НГУ, доктор химических наук, заведующая лабораторией биоорганической химии ферментов Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск).
Лауреат Государственной премии СССР (1984). Автор и соавтор более 330 научных работ, в том числе 11 монографий и учебников, а также четырех патентов

Ключевые слова: Нобелевская премия, химия, репарация ДНК, Ku-антиген.
Key words: Nobel Prize, chemistry, DNA repair, Ku-antigen

Об истории и перспективах исследований механизмов репарации ДНК – основного наследственного материала живой клетки – направления, отмеченного Нобелевской премией по химии в 2015 г., о работах нобелевских лауреатов, проблемах и достижениях отечественных ученых рассказала в своем интервью журналу «НАУКА из первых рук» Ольга Ивановна Лаврик, член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор Новосибирского государственного университета, заведующая лабораторией биоорганической химии ферментов Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск).

В этом году Нобелевская премия по химии была присуждена за открытие ключевых механизмов репарации, благодаря которым сохраняется стабильность нашей генетической программы, по которой развивается любая клетка и весь организм в целом. Это очень радостное и долгожданное событие для всех нас, кто работает в этой области. Решению о присуждении премии предшествовало тревожное ожидание из-за серьезной конкуренции – это я знаю наверняка, так как знакома с лауреатами и некоторыми другими претендовавшими на премию кандидатами, т. е. – претендентов на награду было гораздо больше, чем мест. Однако следует признать, что премию получили достойные ученые, которые действительно открыли основные механизмы репарации ДНК, и, как часто это бывает с присуждением премий, эти открытия сделаны уже давно.

Один из лауреатов – английский ученый Томас Линдал, совершенно выдающийся человек и ученый – он первым отметил химическую нестабильность структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), хотя раньше нестабильной считалась рибонуклеиновая кислота (РНК), но не ДНК. Кстати, о том, так ли стабильна ДНК, как это принято считать, Линдал задумался, прочитав книгу российских ученых Э. И. Будовского и Н. К. Кочеткова, вышедшую в 1970-х гг. и переведенную на английский язык (это было время, когда у нас издавались прекрасные учебники и книги по химии нуклеиновых кислот). И, размышляя об этом, он понял, что, конечно, в ДНК могут разрушаться химические связи между азотистым основанием и сахарофосфатным остовом благодаря воздействию кислородных радикалов, формирующихся в результате постоянно идущего в организме оксидативного стресса. Так, еще в 1970-е гг. Линдал совершил чисто теоретическое открытие, и эта догадка привела к тому, что он стал искать ферменты, которые могут исправлять повреждения в ДНК. И действительно, такие ферменты, которые могли бы удалять поврежденные азотистые основания и выполнять необходимый «ремонт», были в итоге найдены.

Второй лауреат – американский ученый Пол Модрич, сейчас работающий в Университете Дьюка (США). Модрич открыл очень важный механизм репарации, исправляющий ошибки, образующиеся в процессе репликации (удвоения) ДНК. Этот процесс осуществляется ферментами ДНК-полимеразами, которые достраивают комплементарные цепочки нуклеотидов

на основе имеющейся в клетке ДНК. При этом они совершают множество ошибок, включая в ДНК не те «буквы» генетического кода. Но, как выяснилось, существует механизм, который удаляет из ДНК ошибочно введенные азотистые основания, это явление называется *мисматч*-репарация (от англ. *mismatch*).

Отремонтировать такие ошибочные азотистые основания гораздо сложнее, чем большие повреждения ДНК, потому что в этом случае сама «буква» является природным основанием, но в силу ее ошибочной позиции нарушается характер комплементарных связей в двойной спирали ДНК. Поиск ошибочно введенных азотистых оснований ведут определенные белки, которые открыл и описал Модрич. Кстати, их число в организме оказалось невелико, что свидетельствует о том, что эти ошибки в ДНК, может быть, не обязательно интенсивно исправлять. Это как две стороны одной медали: с одной стороны, появление и закрепление в ДНК таких точечных мутаций может приводить к болезням, а с другой – эти генетические «ошибки» являются движущей силой эволюции!

Третий нобелевский лауреат – Азиз Санджар, американский ученый турецкого происхождения, но давно работающий в США, открыл систему репарации, которая удаляет объемные повреждения в ДНК, индуцируемые ультрафиолетовым облучением. Правда он сделал это открытие для бактерий, однако позже аналогичные системы были открыты и у человека (за эти открытия Нобелевскую премию, к сожалению, не вручили, хотя в числе претендентов был наш коллега Фил Ханавальд из Университета Стэнфорда, за которого я «болела»).

Но нужно отдать должное Санджару – премию он получил заслуженно. Это человек, который всю жизнь занимался только наукой – сам, своими руками делал значительную часть экспериментов при открытии этих механизмов, и я думаю, что он до сих пор работает «у лабораторного стола». Он практически не появляется на научных конференциях, считая, что они отнимают слишком много времени. Никогда не руководил большими коллективами – не любил вещи, отвлекающие от самого научного исследования. Я к такой позиции отношусь с огромной симпатией, хотя судя по рассказам его бывших сотрудников, работать с таким требовательным человеком было очень непросто.

Системы удаления объемных повреждений ДНК очень важны: есть люди, которые очень чувствительны к солнечному свету: при повреждении генов белков системы репарации под действием ультрафиолета развивается болезнь, которая называется *xeroderma pigmentosum* (пигментная ксеродерма). Кроме того, объемные повреждения могут возникать под действием мутагенов окружающей среды, таких как, например, бензпирен, который попадает в легкие при курении или вдыхании выхлопных газов. Фактически эта сис-

тема репарации работает с повреждениями, возникающими из-за плохой экологии.

В арсенал медицины

В этом году премия по химии была вручена за фундаментальные открытия в области исследований механизмов репарации ДНК. Но могу предсказать, что в будущем Нобелевскую премию по медицине получат исследования систем репарации ДНК у человека, посвященные прикладным аспектам применения этих фундаментальных работ.

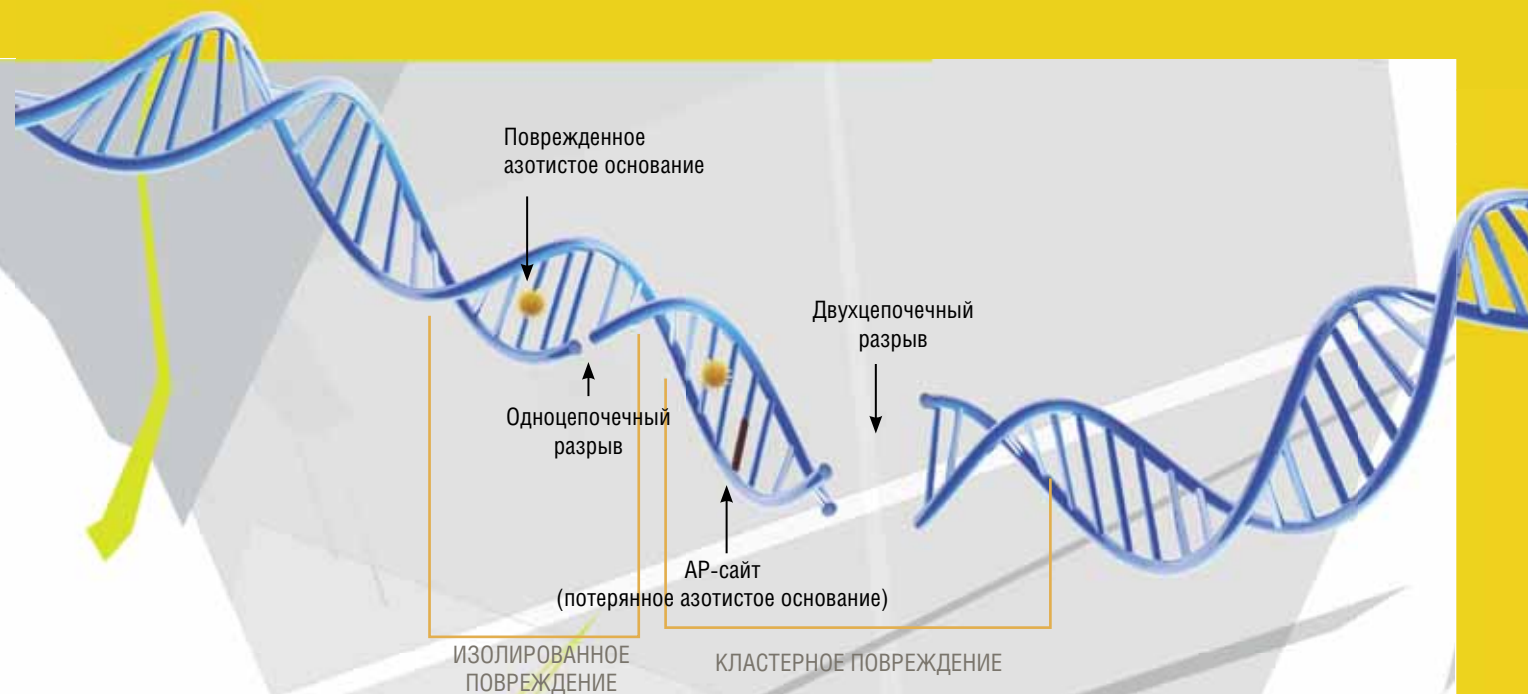
Исследования механизмов репарации имеют прямое отношение к медицине. Так, сегодня мы знаем, что мутации в генах белков репарации приводят к нейродегенеративным заболеваниям. Предполагают, что и возникновение болезни Альцгеймера тоже вовлечены повреждения ДНК и нарушения работы систем репарации. Выше мы уже говорили о пигментной ксеродерме, развивающейся при повреждении генов белков репарации, отвечающих за удаление повреждений, возникающих под действием ультрафиолета.

И, конечно, «поломки» систем репарации имеют совершенно прямое отношение к бичу человечества – онкологическим заболеваниям. Доказано, что мутации в генах, кодирующих белки *мисматч*-репарации, ответственны за рак прямой кишки; многие мутации ферментов репарации ДНК-гликозилаз ответственны за рак легкого.

Кроме того, при лечении рака стремятся разрушить структуру ДНК опухолевых клеток с помощью химиотерапии или ионизирующей радиации, создающей разрывы в ДНК. Но системы репарации активно сопротивляются этим повреждениям и исправляют их. Поэтому необходимо в ходе терапии использовать еще и ингибиторы систем репарации. И такие препараты сейчас уже существуют (например, олапариб).

Надо сказать, что существуют разные идеи о том, какими должны быть ингибиторы систем репарации. Сначала думали, что нужно подавить «универсальный» белок-регулятор, действующий одновременно на несколько систем, но в последние годы ученые склоняются к тому, что нужно выбирать уникальные мишени для препаратов, т.е. понимать, что именно сломалось, и бить по этой специфической мишени.

Сложность состоит в том, что даже при одинаковой форме рака у разных пациентов лечение может отличаться. Этот факт хорошо демонстрирует следующий пример одного из наших исследований на опухолевых клетках, взятых от больных меланомой. Нас интересовала в этих клетках экспрессия белка Ку-антигена – центрального звена системы репарации двойных разрывов в ДНК. Выяснилось, что если экспрессия Ку-антигена в клетках опухоли высока, то повреждения ДНК,



«РЕФОРМА НАУКИ ПОГУБИТ ОЧЕНЬ МНОГОЕ...»

В Академии наук существует программа «Фундаментальные науки – медицине», хотя мы сами никогда не разделяем исследования на фундаментальные и прикладные. Продолжение фундаментального исследования на первых порах, когда исследуется взаимодействие предполагаемого лекарства с мишенью, также носит чисто фундаментальный характер, ведь для этого требуется хорошо знать механизмы и условия, в которых работает фермент, все это никак нельзя «разрубить» на отдельные части.

Я всегда говорю о том, что нельзя предсказать заранее, какой фундаментальный результат на следующем этапе станет лидером прикладных исследований. Поэтому так не люблю разговоры о том, что нужно сразу моделировать лекарство, без всяких экспериментов. Это абсолютно неправильный подход, и я с этим борюсь, рассказываю студентам на лекциях и в лаборатории, что это просто пиар, который создается вокруг науки.

Если люди не хотят заниматься фундаментальными исследованиями, они могут стать шарлатанами, а это страшно опасно. Опасны лозунги, которые мы слышим даже от Министерства науки, что нужно финансировать именно прикладные исследования. Но как можно получить результат, перескакивая через этап фундаментальных работ? Это означает, что мы будем покупать технологии за рубежом. Ведь даже в такой прикладной области, как биотехнология, очень много и фундаментальных задач, которые необходимо решить, прежде чем вы получите эффективную «таблетку».

Такое неправильное понимание, к сожалению, встречается и у руководителей науки. Это особенно опасно сейчас, в период реформы, когда чиновники оттеснили Академию наук от разработки программ финансирования науки. Ведь людям, которые распределяют деньги, хочется быстрого, немедленного результата. Но такого в науке не бывает. Зато может появиться много людей, которые, чтобы получить

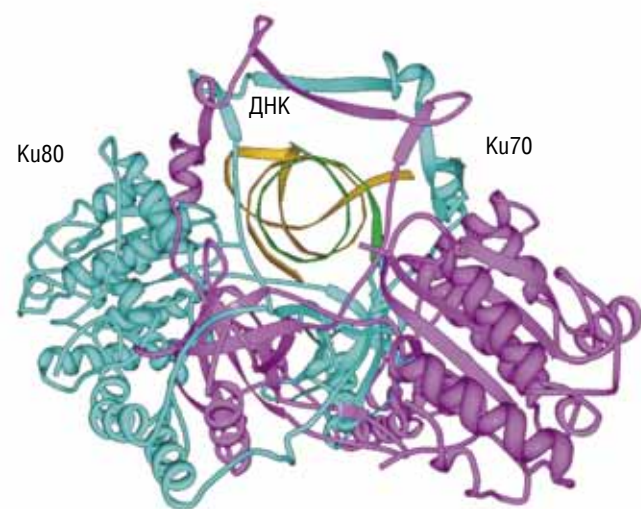
финансирование, будут выдавать желаемое за действительное, а это очень опасно.

И я это уже наблюдаю, особенно в университетах. Речь не идет о таких выдающихся образовательных учреждениях, как МГУ, НГУ, СПбГУ или других, с традиционно сильной наукой, которая сдерживает пиарные устремления. Но есть и другие примеры – университеты, где наука находится на стадии развития и которым выдают деньги просто под пиар-акции. Фактически там нет ученых, которые могут правильно воспользоваться этими средствами. Думаю, что такое финансирование будет приводить лишь к перераспределению и потере средств и, в итоге к отставанию российской науки.

Это очень опасная тенденция, просто катастрофа, и, вероятно, о подобных вещах надо больше писать в СМИ. Мне очень жалко молодых людей, которые могут быть, привлечены в науку пиар-акциями. И я опасаясь, что сегодня для нашей страны это типичная ситуация.

К сожалению, идущая сейчас реформа науки погубит очень многое. Вижу, как некоторые директора институтов меняют ориентиры. Им приходится считаться с ФАНО и даже говорить, задыхаясь под кучей бумаг из ФАНО, что там сидят «такие разумные люди»... Но я не понимаю, откуда возьмется этот «разум», если эти чиновники никогда в науке не работали и не знают эту область. Я много езжу, сотрудничаю с зарубежными лабораториями, но такой бюрократии, как теперь у нас, не видела нигде.

Сегодня за рубежом наука фактически организована таким образом, что лидерами в науке являются ученые-заведующие лабораториями. Когда начинали реформу то был лозунг все организовать как в западных лабораториях, а на деле мы движемся к чиновничьей централизации. Сейчас над каждым директором института стоит всевластный чиновничий орган. Нигде в мире такой системы нет, и вряд ли это тот путь, который будет способствовать развитию науки в России.



Белок Ку-антиген играет важнейшую роль в репарации двухцепочечных разрывов ДНК по пути негомологичного соединения концов. Он присутствует у всех видов живых организмов, от бактерий до растений и животных. У эукариот (организмов с оформленным клеточным ядром) Ку-антиген состоит из двух полипептидных цепей или субъединиц – Ku80 и Ku70 (числа в названиях отражают их примерную молекулярную массу в килодальтонах). Субъединицы связаны друг с другом и вместе формируют структуру с отверстием внутри, напоминающую «висячий» замок с массивным телом и тонкой дужкой или плетеную корзинку с ручкой.
По: (Walker et al., 2001)

вызванные в них радиотерапией, будут восстанавливаться, и необходимо увеличивать дозы. Но увеличение дозы будет приводить к гибели и здоровых клеток – это колоссальная проблема: таким больным даже рекомендуется менять стратегию лечения и применять не радио-, а химиотерапию. Были у нас и клетки больных, которые хорошо реагировали на радиотерапию, и оказалось, что в клетках этих больных структура Ку-антигена повреждена. Это может быть плохо для здорового организма, но при лечении рака такое повреждение Ку-антигена играет позитивную роль. Кроме того, выяснилось, что система репарации, которая удаляет объемные повреждения, вызванные химиотерапией, очень активно работает в метастазирующих раковых клетках, поэтому так трудно лечить метастазы.

Сибирский подход

В России исследования систем репарации ДНК сейчас сосредоточены у нас, в Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН. И когда пришло известие о присуждении Нобелевской премии в этой области, все центральные информационные агентства, по рекомендации московских ученых, звонили именно нам. Это стало своеобразным признанием того, что главный отечественный центр исследований систем репарации находится в Сибири.

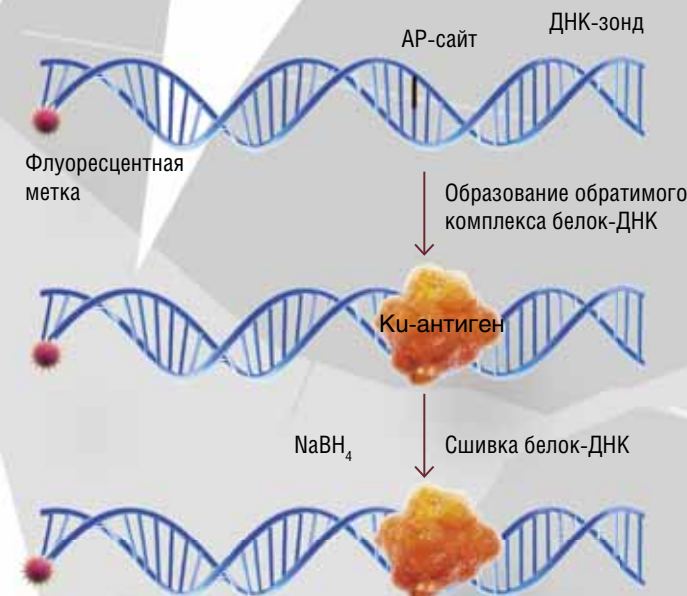
В нашем институте этой тематикой помимо нашей лаборатории занимаются еще лаборатории под руководством д. б. н. Д. О. Жаркова, д. х. н. О. С. Федоровой. Мы активно сотрудничаем, а свои усилия распределили по разным объектам исследования. Например,

лаборатория Жаркова занимается этапом узнавания повреждений ДНК ферментами ДНК-гликозилазами, а лаборатория профессора Федоровой – тонкими кинетическими аспектами этого динамического процесса (в прошлом году за эти работы молодой сотрудник лаборатории к. х. н. Н. А. Кузнецов получил Премию Президента РФ).

Моя лаборатория занимается исследованием «процессинга» – процесса исправления повреждений ДНК вплоть до полного восстановления ее структуры. Кроме того, мы изучаем репарацию объемных повреждений, возникающих под действием ультрафиолета и химических мутагенов, а также разрабатываем ингибиторы систем репарации для лечения рака. В Сибири для этого есть все условия – мы сотрудничаем с нашей alma mater, Новосибирским институтом органической химии СО РАН, на базе которого в свое время и был организован наш институт.

Конкретно мы работаем с отделом медицинской химии, возглавляемым д. х. н., профессором Н. Ф. Салахутдиновым. У них самая крупная в России «библиотека» различных природных соединений, которые они могут модифицировать; мы же, со своей стороны, проводим испытания этих соединений. Сейчас стадию доклинических испытаний проходят ингибиторы ферментов репарации, чья эффективность превышает мировые аналоги.

Начинали мы эту работу в рамках интеграционных проектов Сибирского отделения РАН. Мультидисциплинарные исследования вообще характерны для нашей области. Например, сейчас мы сотрудничаем с лабораторией чл.-кор. РАН О. А. Донцовой из МГУ и лабора-



В основе разработанного в ИХБФМ СО РАН метода детекции Ку-антигена лежит способность этого белка взаимодействовать с ДНК, содержащей AP-сайт (потерянное азотистое основание). Такой ДНК-зонд также содержит радиоактивную, или флуоресцентную, метку. Белок образует с ДНК нестабильный ковалентный комплекс, опосредованный образованием основания Шиффа между первичной аминогруппой белка и AP-сайтом. Этот комплекс можно восстановить боргидридом натрия, в результате чего образуется необратимая «сшивка» белок-ДНК. Метка на ДНК-зонде позволяет детектировать целевой белок Ку-антиген

торией из Новой Зеландии, где занимаются компьютерным моделированием. В лаборатории Донцовой занимаются еще одной важнейшей системой обеспечения стабильности клеточного генома – ферментом теломеразой, которая, фактически, определяет время жизни клетки. Теломеры – это концевые участки хромосом, которые укорачиваются при каждом делении клетки; чем короче теломеры, тем ближе клетка подходит к так называемому пределу Хейфлика, когда она теряет способность делиться. У раковых клеток теломераза «пришивает» новые нуклеотиды к концевым участкам молекул ДНК и, соответственно, удлиняет теломеры, делая раковые клетки фактически бессмертными.

Мы хотим посмотреть, как взаимодействуют системы репарации и система теломеразы, потому что субстрат для теломеразы фактически является и субстратом

для системы репарации, хотя в клетке существуют механизмы, которые делают так, чтобы системы репарации на него не претендовали. Эти две системы, безусловно, определенным образом сопряжены, и уже известны общие для них регуляторы.

В лаборатории Донцовой развиты разнообразные физические методы, такие как иммунофлуоресцентная микроскопия (они исследуют компоненты системы теломеразы на уровне клетки), мы этими методами владеем в меньшей степени. Я думаю, что такое исследование – на стыке двух серьезных механизмов регуляции стабильности клеточного генома – очень перспективно, и мы надеемся, что эта программа, которая поддерживается грантом РФФИ, продолжится. Здесь может быть и практическое применение, потому что разработка ингибиторов теломеразы тоже актуальна для онкологии.

Исследование механизмов репарации ДНК – это современная, бурно развивающаяся область молекулярной биологии, где многое уже открыто, однако установить какой-то конкретный механизм репарации – это не значит описать полностью работу всей системы в клетке, которая очень сложна и таит еще немало загадок.

Мы очень надеемся, что в связи с тем, что весь мир обратил внимание на механизмы репарации ДНК, что-то положительное произойдет и в России. Мы много раз пытались показать, насколько важными являются наши исследования для лечения серьезных заболеваний человека и говорили о необходимости создания в СО РАН отдельной программы для исследования систем репарации. Конечно, пока есть гранты РНФ, но хотелось бы иметь отдельную, хорошо финансируемую программу. Остается надеяться, что теперь нашей мечте суждено осуществиться. Поскольку область исследования репарации ДНК тесно связана с медициной, хотелось бы, чтобы фундаментальные исследования поддерживались и соответствующими медицинскими программами.

Литература

Жарков Д. О. Часовые генома // НАУКА из первых рук. 2009. № 4 (28). С. 160–169.

Косова А. А., Лаврик О. И., Ходырева С. Н. «ДНК на замке» // НАУКА из первых рук. 2014 № 5/6 (53/54). С. 14–21.

Лаврик О. И. Как клетка ремонтирует ДНК // НАУКА из первых рук. 2007. № 3 (15). С. 82–89.

Лауреат премии 2016 ROBERT R. WILSON PRIZE Василий Пархомчук:

«И все же я надеюсь, что в недалеком будущем метод электронного охлаждения будет применяться и в нашей стране»

Международная премия Роберта Вильсона, учрежденная в память об основателе известной американской ускорительной лаборатории Фермилаб (Fermilab, Batavia IL, USA), ежегодно вручается за выдающиеся достижения в физике ускорителей элементарных частиц. До сих пор только два российских физика были удостоены этой награды. Американское физическое общество (American Physical Society) объявило о присуждении премии 2016 г. Василию Васильевичу Пархомчуку, сотруднику Института ядерной физики СО РАН, «за решающий вклад в доказательство принципа электронного охлаждения, за опережающий вклад в экспериментальное и теоретическое развитие электронного охлаждения и за достижение запланированных параметров работы электронных охладителей для ускорителей в научных лабораториях по всему миру»

«Прошло полвека с тех пор, как я впервые услышал о встречных пучках от Г.И. Будкера на его лекции у фонтана в первой летней школе для победителей олимпиад. Тогда, в 1962 г., Г.И. Будкер с вдохновением рассказывал о применении метода столкновения встречных пучков протонов или электронов для изучения их структуры. Для простоты понимания он сравнил частицы с паровозами, мчащимися навстречу друг другу почти со скоростью света. После такого мощного столкновения все внутренние элементы частицы (паровозов) разлетятся во все стороны, и их можно будет разглядывать по отдельности.

Уже в то время возможности ускорителей элементарных частиц были таковы, что эффективная масса ускоренных электронов в соответствии с теорией относительности возрастала в тысячи раз, и было ясно, что столкновения быстро движущихся «тяжелых» электронов с «легкими» электронами неподвижной мишени будут гораздо менее эффективны, чем встречные столкновения высокоэнергичных «тяжелых» частиц. Физико-математическая школа, Новосибирский государственный университет, Институт ядерной физики привели в аспирантуру к Г.И. Будкеру», – вспоминает Василий Пархомчук в своей статье, посвященной истории создания электронного охлаждения («НАУКА из первых рук», 2012. № 4 (46). С. 46–57)

Там В. Пархомчук вместе с группой молодых физиков начал заниматься электронным охлаждением – экспериментально проверять новую идею фокусировки пучков тяжелых частиц, сформулированную Г.И. Будкером. На достижение практически значимого результата ушло несколько лет. В эти годы группа В. Пархомчука не опубликовала ни одной научной работы, так что в сегодняшних условиях финансирования за такую деятельность их бы, не дождавшись результата, просто разогнали. Тем не менее, благодаря энтузиазму и усилиям ученых в 1974 г. в ИЯФ был запущен первый ускоритель, использующий этот метод.

Дальнейшее развитие метода электронного охлаждения привело к значительному успеху не только в физике элементарных частиц. Очень интересные результаты получены с его помощью в медицине, а именно – в онкологии. При обычной терапии рентгеновскими лучами максимум дозы

облучения достигается на момент входа пучка излучения в тело пациента, однако по мере достижения опухоли она заметно снижается. В случае использования высокоэнергичного пучка ионов по мере торможения пучка в теле пациента ионизация возрастает и максимальный разрушающий эффект наблюдается в зоне опухоли. Благодаря электронному охлаждению размер ионного пучка мал, что позволяет легко фокусировать его. Это дает возможность сконцентрировать большую плотность излучения только в новообразовании, сводя ее к минимуму в здоровых тканях.

К настоящему времени в ИЯФ создали накопители ионов с применением идеи электронного охлаждения для многих стран. Институт активно участвовал в развитии этого метода в Японии, Швеции, США. Установка для накопления ионных пучков на БАК также разработана и изготовлена в ИЯФ СО РАН.

«Наличие на настоящий момент в той же Германии четырех установок электронного охлаждения при полном отсутствии их в России является иллюстрацией вечной нашей проблемы: мы вновь выступаем в роли небызвестного сапожника без сапог. И все же я надеюсь, что в недалеком будущем метод электронного охлаждения будет применяться и в нашей стране, как для научных, так и практических приложений». Возможно, престижная награда, присужденная автору этих слов Американским физическим обществом, приблизит это «недалекое будущее».



1978 г. Первопроходцы неизведанного: академик А. Н. Скринский в пультовой НАП обсуждает с молодыми учеными В. В. Пархомчуком, И. Н. Мешковым и Н. С. Диканским только что обнаруженное явление сверхбыстрого электронного охлаждения

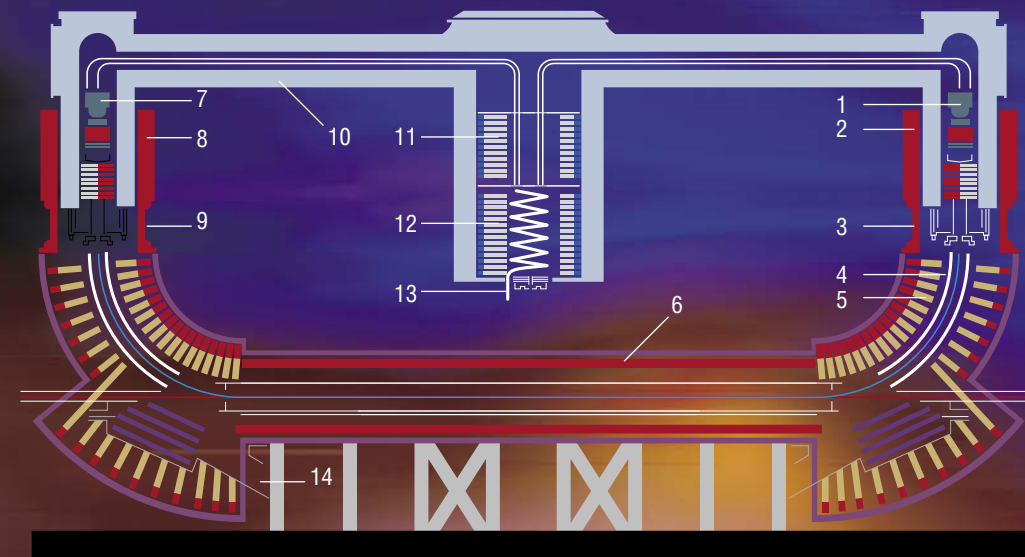


Схема охладителя с энергией 350 кэВ:

- 1 – электронная пушка;
- 2 – основной магнит пушки;
- 3 – дополнительный магнит пушки;
- 4 – электростатическая отклоняющая система;
- 5 – тороидальная магнитная отклоняющая система;
- 6 – основной магнит;
- 7 – коллектор;
- 8 – основной магнит коллектора;
- 9 – дополнительный магнит коллектора;
- 10 – элегазовый (SF₆) фидер;
- 11–12 – выпрямители;
- 13 – ввод питания;
- 14 – вакуумные насосы

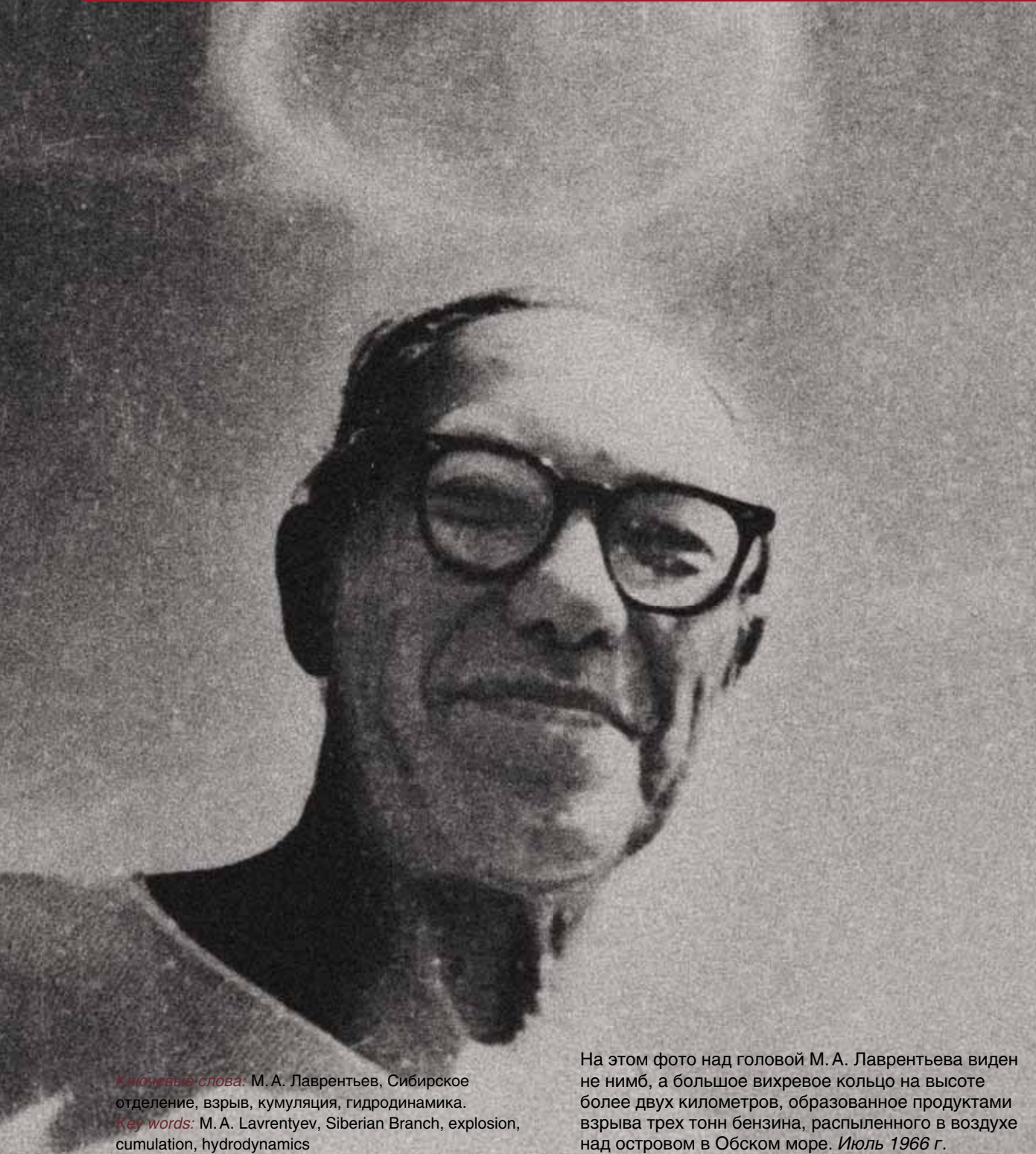
Конструкция электронного охладителя выглядит достаточно просто. Электронный пучок создается электронной пушкой с катодом специальной формы. Затем пучок ускоряется и при помощи отклоняющих систем вводится в канал основного ускорителя. Затем электронный пучок опять же при помощи отклоняющих систем выводится наружу и электроны принимаются в коллектор

Ключевые слова: ускорители заряженных частиц, электронное охлаждение, премия 2016 Robert R. Wilson Prize.

Key words: particle accelerators, electron cooling, 2016 Robert R. Wilson Prize

К 115-летию академика М.А. Лаврентьева

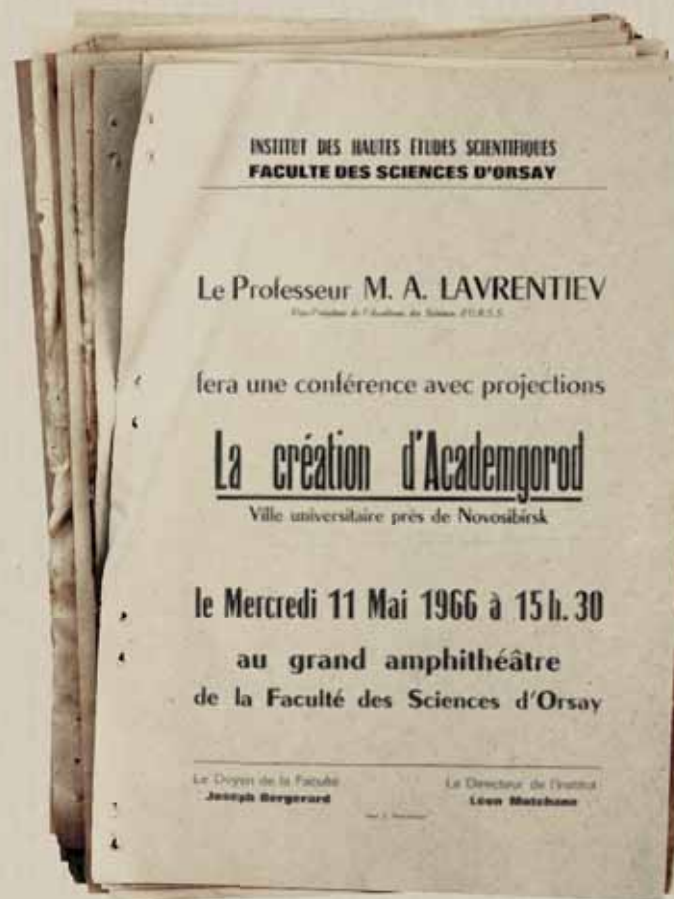
Укрощенный Взрыв



Ключевые слова: М. А. Лаврентьев, Сибирское отделение, взрыв, кумуляция, гидродинамика.

Key words: M. A. Lavrentyev, Siberian Branch, explosion, cumulation, hydrodynamics

На этом фото над головой М. А. Лаврентьева виден не нимб, а большое вихревое кольцо на высоте более двух километров, образованное продуктами взрыва трех тонн бензина, распыленного в воздухе над островом в Обском море. *Июль 1966 г.*



Объявление о лекции академика М. А. Лаврентьева, сохраненное и любезно переданное французскими друзьями команде КВН НГУ, посетившей Францию в октябре 1989 г. Музей НГУ

Имя академика М. А. Лаврентьева навечно вписано в летопись российской науки, в историю Сибирского отделения АН. На очередной конференции «Лаврентьевские чтения по физике, механике и математике», которые каждые пять лет проводит Институт гидродинамики СО РАН – первенец Новосибирского научного центра, одной из основных тематик являлась теория и практика взрыва, которой сам ученый уделял большое внимание. С именем Лаврентьева связаны гидродинамическая теория кумуляции с «парадоксальной» гипотезой, что металл при больших импульсных нагрузках ведет себя как жидкость; исследования по направленному взрыву, связанные с проблемой дробления и перемещения в заданном направлении монолитных материалов, а также малоизвестные работы по созданию артиллерийского ядерного снаряда. В преддверии 115-й годовщины со дня рождения академика Лаврентьева журнал «НАУКА из первых рук» представляет публикацию о физике взрыва – многообразной и многоплановой тематике, долгие годы успешно развивающейся в Институте гидродинамики и остающейся востребованной в наши дни



ВАСИЛЬЕВ Анатолий Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ, заведующий лабораторией газовой детонации Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН (Новосибирск). Директор института 2010—2015 гг. Автор и соавтор 250 научных работ и 9 патентов

В научной литературе под взрывом понимают явление быстрого преобразования взрывчатого вещества из исходного состояния в газообразное, сопровождающееся мощным динамическим и тепловым воздействием на окружающие тела. Благодаря же современным СМИ слово «взрыв» сегодня в первую очередь ассоциируется с тяжелыми разрушениями, а термин «тротиловый эквивалент» знают даже дошкольники.

Да, неконтролируемые взрывы на производстве и в быту представляют опасность не только из-за разрушений материальных объектов, но и возможной гибели людей. В многомиллионной истории человечества немалую угрозу всему живому представляли лесные и степные пожары, вызванные молниями, тем не менее человеку всегда хотелось обуздать силы природы и обратить их во благо. Тот же укрощенный огонь оказался замечательным помощником, и до сих пор большая часть тепловой и электрической энергии вырабатывается при контролируемом сжигании разных видов углеводородного топлива. Столь же привычны стали нам и укрощенные взрывы: жизнь современного человека невозможно представить без миллионов маленьких взрывов, ежесекундно происходящих в двигателях внутреннего сгорания различного назначения, в том числе такого «взрывного» устройства, как автомобиль.

Однако человечество обязано взрыву не только своим современным комфортом, но и самим фактом своего существования. В поисках ответа на вечный вопрос – как возникла Вселенная? – ученые также не смогли обойтись без представления о взрыве. Согласно одной из теорий, которая так и называется – теория Большого взрыва, наша Вселенная возникла примерно 13,77 млрд лет назад. После «рождения во взрыве» она представляла собой высокооднородную и изотропную среду с необычайно высоким давлением, плотностью (около 10^{93} г/см³) и температурой (примерно 10^{32} К), и с тех пор непрерывно расширяется и охлаждается. (Для сравнения: максимальная плотность вещества в земных условиях составляет всего 23 г/см³ (у иридия), а температура поверхности Солнца – $6 \cdot 10^3$ К.)

Какие же уникальные измерительные приборы должны быть в распоряжении исследователей взрывных процессов, чтобы охватить весь этот фантастически широкий диапазон параметров – от сверхплотных твердых веществ до высокотемпературных газов! Исследования физики взрыва невозможно обеспечить силами специалистов одного узкого направления, здесь требуется комплексный подход. Это понимали М. А. Лаврентьев и его соратники, когда создавали Сибирское отделение. На основе принципа многоплановости и междисциплинарности исследований был создан и работает в наши дни и Институт гидродинамики, который сегодня носит

имя М. А. Лаврентьева, существенный вклад в копилку достижений которого вносили и вносят исследователи взрывных процессов.

На смену задачам, поставленным отцами-основателями, приходят новые – жизнь продолжается. Устремляя взор в будущее, хотелось бы еще раз отдать должное старшему поколению, создавшему более полувека назад Сибирское отделение. Заложенные ими принципы (наука – кадры – внедрение) никогда не забывались последующими поколениями сибирских исследователей и оказались как нельзя востребованными в настоящее время. Нынешнему и будущим поколениям полезно знать свою историю, особенно историю науки, и гордиться ее достижениями. О краткой истории взрывной тематики и хотелось бы напомнить в этой статье в связи со 115-й годовщиной Михаила Алексеевича Лаврентьева, одного из ярких представителей этого направления.

Мирные взрывы

Устойчивый интерес к задачам, связанным со взрывом, сформировался у Лаврентьева еще в годы войны, во время работы над новыми видами вооружений. В мирное же время он начал углубленно изучать взрывные процессы и возможности их применения в народном хозяйстве.

Из воспоминаний академика РАН Б. Е. Патона:

«По возвращении в 1945 г. в Киев М. А. Лаврентьев продолжает руководить Институтом математики АН УССР, исследованиями в области взрыва. В созданной им экспериментальной лаборатории исследовались качества взрывчатых веществ и их применение, в частности, для определения прочности сварных конструкций большой толщины. Проводились также опыты по штамповке взрывом металлических изделий. А использовались для этой цели отходы пироксилиновых порохов ... как результат, в 1940–1950-х гг. на Украине при непосредственном участии М. А. Лаврентьева развернулись работы с применением взрыва в мирных целях: для прокладки каналов, тоннелей, дорог, в строительстве и сельском хозяйстве».

Взрыв продолжал интересовать Лаврентьева и позже, когда он стал работать в Москве и преподавать в МФТИ. Его ученик, бывший сотрудник ВНИИ-ЭФ («Арзамас-16») и лауреат Ленинской премии М. В. Сеницын вспоминает: «... после окончания в 1951 г. IV курса в качестве преддипломной практики М. А. организовал для нас командировку в Киев. Там, в Институте математики АН УССР, существовала под его патронажем лаборатория взрывных процессов. Точное название ее уже забылось, а руководил ею крупный специалист взрывного дела Н. М. Сытый. Лаборатория



располагалась в пригородном поселке Феофания... В поселке кроме постоянного населения располагались 2–3 лаборатории академических институтов и несколько дач академиков. И в этом тихом райском уголке проводились эксперименты как раз на тропинке, по которой местные жители ходили в Киев... Заряд обычно подвешивался между деревьями, мы расходились в разные стороны, и если появлялись прохожие, то мы их останавливали в овражке, откуда заряд не был виден. А после взрыва все направлялись по своим делам: жители – в город, мы – к своим измерительным приборам.

Рабочая неделя у нас складывалась следующим образом: задание нам выдавал М. А. (например, определить поле давлений заряда заданной конфигурации), обсуждались методы измерений и ожидаемый результат. Часто М. А. затем уез-

жал по своим делам в Киев. А мы из “подножного” материала, имевшегося в лаборатории и в окрестности поселка – каких-то баков, обрезков труб, свинцовых мембран, которые прокатывались в лабораторной мастерской, – изготовляли измерители давления и импульса.

М. А. Лаврентьев – вице-президент АН УССР. 1948 г.

Фотоархив СО РАН

Внизу: проводятся исследования пробивания танковой брони. 1944 г. *Фотоархив СО РАН*



Прессовали необходимой формы и размера заряды из взрывчатого вещества и проводили эксперименты. Далее следовала обработка результатов и подготовка доклада для МА, который приезжал в назначенное время.

Такой метод работы показал нам, что, используя смекалку и находчивость, можно получать пригодные для практической цели результаты с помощью даже самых примитивных средств».



Ҷағәһі і і ді оәә һәәү

Взрывное направление в работах М. А. Лаврентьева получило новый импульс в 1957 г., когда было создано Сибирское отделение АН СССР. Уже в первые месяцы своей сибирской жизни М. А. заложил базу для дальнейших, исключительно успешных работ по этой тематике.

В первую очередь речь идет о так называемом направленном взрыве. Как известно, при взрывных работах важно, чтобы грунт переместился в нужном направлении. У Лаврентьева появилась идея, как надо расположить взрывчатку, чтобы добиться такого результата. Осуществить эту идею на практике было поручено двум ученикам Лаврентьева – В. М. Кузнецову и Е. Н. Шеру, а правильность полученного решения была подтверждена в экспериментах, проведенных в 1960 г. на берегу Обского водохранилища.

Из воспоминаний сотрудника Института теплофизики СО РАН Б. Г. Новикова:

«Однажды, ближе к осени, проходя мимо домика Лаврентьева, я увидел Михаила Алексеича, копившегося у одного из многих пней у торцевой стены его жилища. Пни были высокие и толстые. Видимо, площадку под домик готовили зимой, и деревья пилили выше уровня снежного покрова. Лаврентьев встал, отошел к стене. Послышался тихий хлопок. Пень приподнялся и медленно завалился точно в сторону от домика. Ситуация повторилась с еще несколькими пнями. Я понял, что хлопки – это не что иное, как небольшие взрывы... И вот в 1960 г. Михаил Алексеич на своем очень скромно отмечавшемся юбилее сделал блистательный научный доклад, где кратко, но с предельной ясностью изложил ряд идей и результатов, как своих, так и ближайших своих учеников... Среди них была и идея направленного взрыва, обеспечивающего движение заданной массы среды в заданном направлении без изменения в процессе движения своей формы. Только тогда я понял, что осенью 1958 г. у своего домика Михаил Алексеич проверял и отработывал идею направленного взрыва».

Несколько позже под руководством Михаила Алексеича направленным взрывом под Алма-Атой была создана грандиозная антиселевая плотина.

Вот как сам Лаврентьев вспоминал о строительстве этого грандиозного защитного сооружения в Медео:

«По моей инициативе в системе Академии наук СССР в 1959 г. был создан Научный совет по народно-хозяйственному использованию взрыва, где я стал председателем, а академик М. А. Садовский – моим заместителем. После организации Совета мы получили дополнительные возможности помогать реализации научных методов в технике и народном хозяйстве.

У нас установилась хорошая связь с Союзвзрывпромом и его главным инженером М. М. Докучаевым.

Как раз в это время велось проектирование создания методом взрыва противоселевой плотины на реке Малая Алмаатинка, в районе Медео, в 15 км от Алма-Аты. Довольно редко, один раз в 20–30 лет, при определенных климатических условиях в горах при таянии снегов образуются озера. В какой-то момент снежная плотина не выдерживает и рушится, а огромная масса воды (до миллиона кубометров), несущая каменные глыбы, устремляется вниз по долине речки. Мощный водокаменного потока такова, что он может уничтожить половину Алма-Аты (за 100 лет город страдал от селей 3 раза). В 1962–1963 гг. показания гидрометеослужбы и сейсмических станций стали тревожными – ожидалась крупная селе. Взрыв был единственным методом быстро создать плотину на пути селя и защитить город.

М. М. Докучаев предложил создать плотину двукратным взрывом, группа молодежи (М. А. Садовского и моя) провела расчеты, проект был представлен в Совмин Казахстана. Совмин и ЦК партии республики поддерживали проект, но ряд академиков Казахской Академии наук и ученые разных специальностей выступили в печати с резкими возражениями. Говорили и писали о том, что предполагаемый взрыв 10 тыс. т взрывчатки сам по себе опаснее селя.

Экспертиза была поручена Совету по взрыву. Собирались несколько раз в Академгородке и Москве, между заседаниями проводили подсчеты разных вариантов расположения ВВ и возможных сейсмических, фугасных, дымовых (то, чего больше всего боялись противники взрыва) последствий...

На решение взрывать сильно повлиял сель, произошедший в районе озера Иссык в 70 км от Алма-Аты... 7 июля 1963 г. на Иссык приехал один из руководителей республики с гостями. У причала их ожидал катер для поездки на другую сторону озера, чтобы показать построенные там дома отдыха. Катер был наготове, но его водитель куда-то отлучился. Пока его ждали, со стороны гор раздались гул и грохот – это шел сель. Стало ясно, что гостей нужно немедленно увозить. Через несколько минут после их отъезда в озеро вошел грязекаменный селевой поток. Озеро переполнилось, в естественной каменной плотине, подпиравшей его, образовалась промоина, и новый селевой поток, вместе с водой из озера, хлынул вниз по ущелью. Находящийся в конце ущелья районный центр Иссык сильно пострадал, но жертв там почти не было – жители были предупреждены о надвигающейся опасности.

Вскоре нас снова вызвал Д. А. Кунаев и запросил дополнительные данные о безопасности взрыва с тем, чтобы принять окончательное решение. Для проверки в районе, близком к будущей плотине, был произведен



Последовательные стадии развития правобережного взрыва, снятые со стороны нижнего бьефа плотины (от катка Медео).

Слева: вид ущелья до взрыва и через восемь секунд после взрыва.

Вверху: облако раскаленных газов и пыли через 30 с после взрыва и вид ущелья через 2 мин. после взрыва.

Фотографии получены экспедицией Института физики земли Академии наук СССР

модельный взрыв. В спешке мы забыли обеспечить себе укрытие и во время взрыва попали под каменный дождь из камешков от 10 до 100 г – все старались голову вобрать в плечи и защитить ее руками...

Взрыв был произведен осенью 1966 г. Мы стояли на горе и видели все – от огня до раздробленной каменной массы, отделившейся от склона и завалившей ущелье...

Через семь лет после сооружения плотины... по алма-атинскому ущелью прошел сель, по мощности больший, чем все прежние (он нес валуны весом до 120 т). Все селевые ловушки, построенные выше плотины, были сметены. Селехранилище, образованное плотинной и рассчитанное на 100 лет, заполнилось почти на три четверти. Водотводные трубы были забиты, уровень озера неуклонно поднимался, началось просачивание воды через плотину.

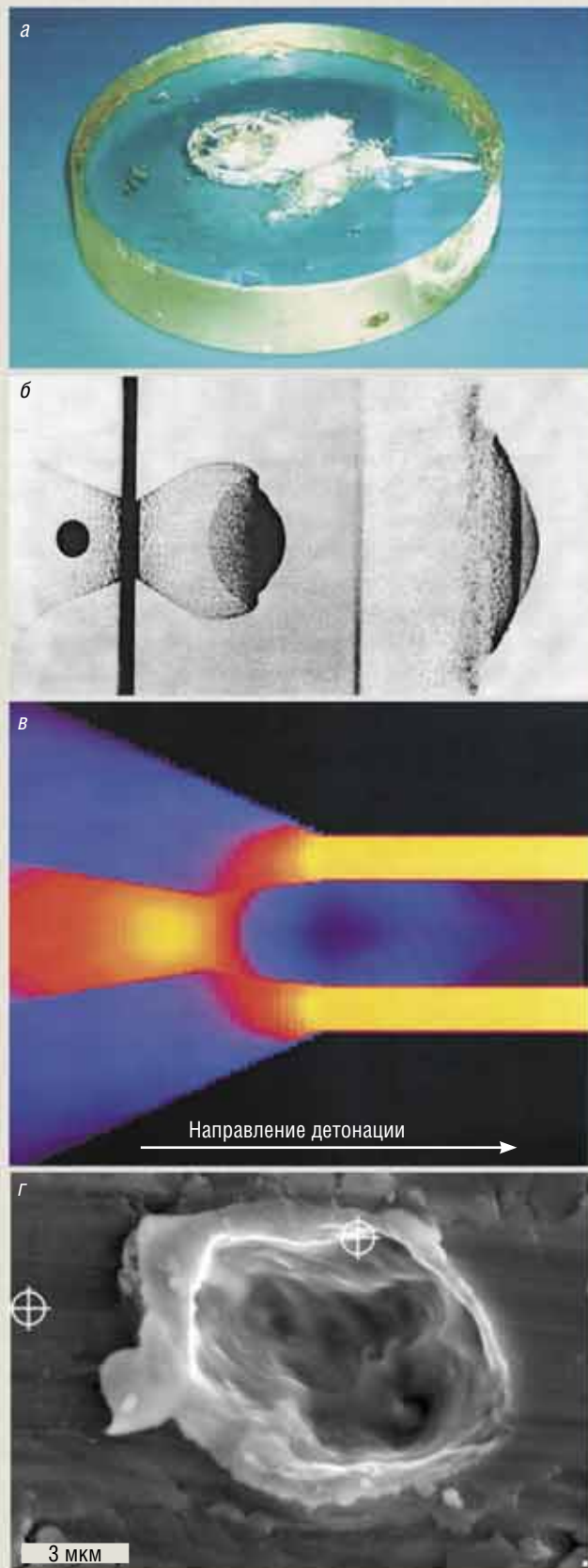
Из Москвы была срочно вызвана комиссия: от науки были М. А. Садовский и я... На плотине собрались во главе с Д. А. Кунаевым руководители республики, представители промышленности, строители плотины, военные и ученые. Главный вопрос: выдержит ли плотина напор миллионов кубов? Хотя почти все были уверены, что выдержит и что просачивание тоже не страшно (обыкновенная фильтрация через каменную наброску), были предприняты меры по спуску воды из озера через трубы... Через два дня можно было спокойно ехать домой».

Хорошая противометеоритная защита – один из залогов безопасности космических объектов и полетов. Решать эту задачу начали после непосредственного обращения С. П. Королева к М. А. Лаврентьеву.

На фото:

а – образец стекла для иллюминаторов космического корабля, поврежденный в ходе экспериментов с летящими шарикообразными микрочастицами; б – экспериментальная съемка микрочастицы, пробивающей преграду (1960-е гг.); в – модели метеорита или «космического мусора» – частицы из металла или стекла размером от 0,1 до 5 мм ускоряются высокоскоростным спутным потоком продуктов детонации от 1 до 8–14 км/с;

г – кратер на стальной пластине, экспонированной в открытом космосе на борту МКС «Мир», образованный в результате удара частицы «космического мусора»



Михаил Алексеевич Лаврентьев, 1958 г.

Слева: один из учеников М. А. Лаврентьева Юрий Фадеев, принимавший активное участие в работах, связанных с освоением космоса. Фото из книги «Я – ФИЗТЕХ». М., 1996

Космические задачи

Со взрывом оказались связаны и стратегически важные задачи по освоению космоса. В начале 1960-х гг., с активным развитием космических исследований появилась проблема, связанная со столкновениями космических аппаратов с метеоритами. Ученик Лаврентьева, будущий академик В. М. Титов взялся решить задачу моделирования метеоритного удара в земных условиях. Используя принципы кумулятивных зарядов, удалось научиться разгонять небольшие металлические шарики до космических скоростей. Это позволило не только изучить возможные последствия встречи метеоритов и космических кораблей, но и оценить эффекты падения метеоритов на Землю и на небесные тела.

Историю этих исследований можно найти в воспоминаниях одного из сотрудников Института гидродинамики Ю. И. Фадеев, принимавшего непосредственное участие в работах по созданию методики высокоскоростного метания тел:

«В начале 1958 г. Институт гидродинамики готовился к отъезду в строящийся новосибирский Академгородок... Отношение к новым сибирякам в московских научных кругах было самое теплое, академики не скупи-

лись на постановку интересных задач для молодежного сибирского десанта. Тогда-то впервые в тематике института появилась космическая тема: готовился полет третьего искусственного спутника Земли (ИСЗ-3), и академик С. П. Королев предложил М. А. Лаврентьеву актуальную задачу – создание искусственных метеоритов, т. е. быстролетающих частиц, с помощью которых можно было бы произвести градуировку устанавливаемых на ИСЗ-3 метеоритных датчиков. Скорость частиц должна была быть не ниже первой космической – 7,8 км/с.

До отъезда оставались считанные месяцы, но за это время студент-дипломник Л. А. Лукьянчиков ухитрился получить с помощью кумулятивного взрыва струю газов со скоростью 13–14 км/с. Однако использовать ее для разгона твердых частиц уже не удалось – пришла пора грузиться в эшелон...

С лета 1958-го началось обживание площадки в лесу под Новосибирском. «Задача Королева» то забывалась, то вновь со всей остротой вставала перед институтом – соответственно графику запуска объектов, несущих метеоритные датчики. С каждой новой попыткой возрастало почтительное уважение к трудности задачи; это было как с путешественниками в горах, перед которыми



Нил Армстронг на пикнике с советскими космонавтами Береговым и Феоктистовым. Справа: академик АН СССР Михаил Алексеевич Лаврентьев. Фото из архива СО РАН

с каждым переходом открываются все новые и новые грани преодолеваемого хребта. Но одновременно рос «спортивный азарт» и повышались ставки. Вплоть до чеканного директорского условия: «Один грамм, 20 км/с – Государственная премия». Во время одного из таких приливов активности, помнится, в конкурсе принял участие физтеховец – молодой отец, только что получивший под пару близнецов очень дефицитную в едва начавшем строительстве городке жилплощадь: пару комнат в сборном финском домике. Дощатые стенки домика изнутри были обшиты картоном и в 50-градусные морозы промерзали насквозь. В дальней комнате молодая мама кормила детей. А в ближней молодой отец (В. Ф. Минин, позднее директор Института прикладной физики в Новосибирске) установил мощную конденсаторную батарею с энергией разряда в несколько граммов тротилового эквивалента. Все картонные стены в этой комнате были утыканы обрывками проволоки, вылетающей из электромагнитного ускорителя со скоростями до 3 км/с.

Задача не поддавалась долго. Приятно вспомнить, что мне удалось внести вклад в ее решение. Мне очень нравился один из вариантов ускорения, испытывавшийся по рекомендации М. А. Лаврентьева. Взрывной газокумулятивный ускоритель покорял воображение удивительной простотой конструкции. Он состоял из единственной детали – трубы из литого ВВ, по форме напоминающей короткий ствол мелкокалиберной пушки. С одного конца этот заряд инициировали детонатором, на другом устанавливали ускоряемое тело – обычно это был стальной шарик от подшипника. По оси детонирующего заряда возникала высокоскоростная газовая струя. «Метеорит» неизменно разрушался, но его осколки летели с довольно приличной скоро-

стью – до 5 км/с. Когда наступило очередное затишье и коллега-исполнитель (В. М. Кузнецов, ныне уже покойный) занялся другими делами, я взялся доводить понравившийся вариант до ума. Действовал путем «большого перебора» – испытывал подряд все возможные комбинации параметров заряда и частицы.

Это была эпоха энтузиастов-трудооголиков. С рабочим временем многие не считались, и за день удавалось сделать до 10–12 опытов. Через несколько месяцев пришел успех. Удалось понять принципиальную вещь: ускоряемые частицы должны быть размером на порядок меньше, чем применявшиеся до тех пор. Слишком большие разрушались при разгоне, слишком маленькие оплавлялись и сгорали в газокумулятивном потоке. Оптимальными оказались размеры 0,15–0,25 мм.

Легко сказать – доли миллиметра! А где их взять? Промышленно выпускались лишь шарики диаметром от 1 мм и крупнее, а специальный заказ стоил бы непомерно дорого. Порошки не годились – даже небольшие отклонения от сферической формы приводили к раскрутке в газовой струе и разрушению центробежными силами. Пришлось делать сферические частицы самим, по хорошо известным технологическим принципам: «на столе» или «на колене». Исходное сырье – металлические проволоки, с помощью электрического взрыва в воде превращались в крошево из частиц разнообразных форм и размеров. На ситах отсеивалась нужная фракция. А затем шарики отделялись от хлама методом гонок на листе лощеной бумаги – чем правильнее форма частицы, тем резвее она катится при наклоне... Вскоре штатив был заполнен пробирками с набором идеальных частиц разных фракций из самых разнообразных металлов. Особенно хороши были нетускнеющие никелевые и вольфрамовые красавцы – прямо-таки для витрины ювелирного магазина ...



Выпускники Физтеха – ученики М. А. Лаврентьева, уехавшие в 1958 г. в Новосибирск, в Институт гидродинамики. Слева направо: Ю. А. Тришин, М. Е. Топчян, В. В. Митрофанов, Б. В. Войцеховский, Л. А. Лукьянчиков, Ю. И. Фадеенко, В. Л. Истомин, В. М. Титов. Снимок сделан в 1970 г. на юбилее Физтеха. Из архива Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН

Однако микрошарики, едва расставшись с ускоряющей струей, в воздухе быстро тормозились... Понадобилась вакуумная камера, насос, помещение, персонал ... словом, была организована специальная лаборатория (ее заведующим стал В. М. Титов) и дело пошло на лад. Первый же опыт в вакуумной камере дал, как по заказу, желаемый результат – 7,9 ... 8,0 км/с. Мы все-таки успели к пилотируемым полетам.

Вскоре из Москвы одна за другой потекли посылки с необычным содержимым: иллюминаторы, обшивка корабля «Восток», шлем и детали скафандра космонавта. Они обстреливались «метеоритами» и отправлялись «заказчику» для анализа и выводов. Работы по метеоритной тематике пережили короткий, но бурный расцвет до конца 1960-х, когда были резко сокращены советские космические проекты. За это время были достигнуты скорости метания 12–14 км/с, установлены контакты с десятками советских и зарубежных исследовательских организаций, проделана немалая работа по изучению явления высокоскоростного удара. Нашу взрывную площадку посетили многие делегации, включая космонавтов и астронавтов США.

Особенно запомнились полярные противоположности: Г. Береговой и Н. Армстронг. Береговой, несмотря на возраст, переполненный энергией и жадной немедленных активных действий, непременно хотел стоять рядом с местами демонстрационных взрывов, желательно в трех шагах. Рассматривая отстрелянные образцы, с азартом выпрашивал подробности; оглядываясь на американцев, вполголоса интересовался: «Когда вы этими штуками сможете достать супостатов в космосе?» Армстронг, первый человек, ступивший на Луну, был невозмутим и молчалив, как лунный камень... Я попросил его расписаться на брошюрке, сопровождающий удивленно сказал: «Ну, вам повезло! Армстронг автографов не дает».

Прошли годы, прежде чем мы смогли правильно оценить место наших работ в мировой науке. Выяснилось, что в те самые времена секретные исследования в лабораториях разных стран сопровождались получением струй, потоков вещества, по массе и скорости намного превосходивших наши искусственные метеориты. Пожалуй, самых внушительных результатов добились

разработчики так называемых “имплозионных” схем атомных бомб, получавшие огромные скорости и концентрации энергии при взрывах обычных ВВ, “направленных внутрь”, к центру ядерного устройства. При нарушении центровки такой схемы из нее в момент максимального сжатия вырывались струи со скоростями едва ли не более 20 км/с. Но струи чего – паров, пены, жидкости? Использовать все эти схемы для разгона отдельных частиц известных размеров и формы, да еще и с проведением калибровочных отстрелов и измерений, было невозможно.

В течение нескольких лет мы были чуть ли не единственным коллективом, ставившим перед собой цель получить космические скорости именно на частицах известных размеров и формы. И получить их в лабораторном помещении, а не на ракетном полигоне, где до космических скоростей можно разгонять многотонные блоки. И вот на этом направлении наш маленький коллектив на несколько лет оказался обладателем мировых рекордов. Теперь-то ясно, что мы вышли на мировой уровень (где-то в районе 5–6 км/с) довольно быстро и продвинули черту мирового рекорда до 13–14 км/с. Увы! Это – уже без моего участия...

Здесь уместно напомнить, что эта работа, как и многие другие интересные начинания того времени, была начата студентами и основательно развита 30–35-летними людьми. Как много значит и может в науке энергия, энтузиазм молодости, направляемые опытом и мудростью стариков! (“Если бы молодость знала, если бы старость могла!”)

Конечно, за прошедшие 30 лет все эти достижения устарели. Они были перекрыты американцами, которые сначала при помощи легкогазовой пушки разогнали не микрошарик, а весомую “таблетку” до 11 км/с, а затем применили для метания специальный кумулятивный заряд с бериллиевой облицовкой. Скорость кумулятивной струи может быть тем большей, чем выше скорость звука в материале облицовки. Бериллий в этом отношении – рекордсмен среди металлов, и голова бериллиевой струи может достигать скорости 19 км/с. Американцы научились отсекал от бериллиевой струи взрывом этот головной элемент и использовать его как калиброванный ударник. Ну, а потом время метеоритных проблем и взрывных методов ускорения вообще прошло. Резко изменился характер интереса к космосу, подход к постановке задач. Накопленный практический опыт давно уже достаточен для учета метеоритной опасности при космических полетах и, если это оправдано, конструирования специальной противометеоритной защиты. “Высокоскоростная” тематика, если когда-то вновь оживет, то по непредвидимому сегодня поводу и наверняка в каком-то совершенно новом виде. Электростатические ускорители пыли на десятки км/с? Миниатюрные многоступенчатые ракеты? Время покажет.

Застой на этом направлении не может быть бесконечно долгим. Рано или поздно придет время для нового поколения молодых энтузиастов ...

Р.С. Вышеизложенное написано в апреле 1999 г. За это время кое-что изменилось. Намного усовершенствовались телескопы и техника наблюдений. Радикально изменились представления о “твердой составляющей космической материи”. Кажется, уже начинается прорисовываться новый этап интереса к удару с космическими скоростями: оценка опасности катастрофических столкновений Земли с крупными телами – кометами и астероидами» (23 января 2007)».

Взрыв-ледокол

Взрыв оказался работником на все руки – такой вывод позволяют сделать результаты исследований, проводившихся в Институте гидродинамики. Часто они были продолжением давних работ и возобновлялись по просьбам промышленных организаций, обращенных к руководству СО АН СССР.

Одно из практических применений взрыва, которыми интересовался Лаврентьев, связано с подрывом ледяного покрова на реках.

Лауреат Государственных премий Украины и РФ С.В. Малащенко вспоминал:

«Опыты обычно приурочивались к началу паводка на Днестре и проводились перед мостами – в целях предохранения их от повреждений ледоходом. Здесь также изучалась работа длинных зарядов, они изготовлялись либо в форме пороховых колбас в матерчатой оболочке, либо порох засыпался в длинную канаву, вырубаемую во льду.

Помню картинку: М. А. где-то на льду вдали, среди реки, что-то рубит пешней. А на берегу – замерзшие, переживающие Вера Евгеньевна и маленькая дочь Верочка, которые пришли посмотреть ледовый фейерверк и – оберегать папу.

Любимые цветы Веры Евгеньевны на подоконнике преждевременно увядали, так как освобожденные от них глиняные конусообразные горшки отлично показали себя при моделировании кумулятивных струй в воде... Опыты с применением горшков и вазонов выполнялись в так называемом верхнем “лягушачьем” пруду. Туда ходили компанией – всегда с гостями. Горшок с закрытым отверстием в дне, с подвязанным внизу зарядом отпускался плавать в пруд и там подрывался. Кумулятивная струя была хорошо видна, опыт оценивался по ее высоте – “выше осины или выше березы”.

Научных результатов, как правило, в таком опыте было два. Гости начинали веровать в наличие особого явления – кумуляции, а М. А. и соучастники опыта с изумлением убеждались, что лягушки, живущие в



пруду, выдерживают действие взрыва. Их выбрасывало на берег, но они оставались живы».

Эти днепровские опыты с подрывами ледовых полей не забылись и в Сибири, только здесь льды были северные, а задачи – намного масштабнее.

Об этой работе подробно рассказывает лауреат Ленинской премии Г.С. Мигиренко, в 1958–1973 гг. работавший заместителем директора ИГ СО АН СССР:

«Наши лаборатории ютились у ручья Зырянка во временных помещениях. Правда в то время мы были рады и этим помещениям и вели в них посильную научную деятельность. В частности, под руководством академика М. А. Лаврентьева наша научная молодежь исследовала целесообразность применения взрывных зарядов для разрушения льда. Важно было установить соответствие между размерами зарядов и толщиной льда, определить, какие заряды необходимы для продельвания во льдах майн заданных размеров.

Первая группа сотрудников Института гидродинамики прибыла в Новосибирск 27 июня 1958 г. На фото – Золотая долина, 1958 г.

Внизу: одно из рабочих помещений в Золотой долине – здесь рождалась мировая наука. Зима 1958/1959 гг.





Первая зима
в Сибири:
1958/1959 гг.
Внизу:
Михаил Алексеевич
с женой
Верой
Евгеньевной, зима
1958/1959 гг.

Зима 1958/1959 гг. выдалась по-настоящему сибирской, термометры у бараков, служивших жильем, иногда фиксировали 50 градусов ниже нуля. Лед на Обском море достиг метровой толщины. А так как толщина эта нарастала последовательно, имелась возможность пройти со взрывами целую гамму толщин и вывести закономерность.

Михаил Алексеевич был увлечен этой работой и часто увозил нас с собой на лед... Он орудовал пешней, подносил заряды, обмерял майны. Опыты должны были ответить на множество вопросов: что, если заряд поставить поверх льда? а что, если поместить во льду? а подо льдом? а на каком расстоянии? Словом, все сводилось к вопросу: как минимальным зарядом пробить максимальное отверстие?

...Скоро мы пришли к выводу, что для полноты исследования надо бы испробовать подрывы более толстого льда. Однако в районе Новосибирска зима уже кончалась, лед не нарастал. Хуже того, накопившийся на нем снег начал таять и постепенно разъедать лед. И тут Михаил Алексеевич внес предложение: не высадиться ли нам на лед Карского моря?

Помню, мы немало смутились, и для этого было достаточно оснований... По-хорошему, надо было бы уговорить Михаила Алексеевича отказаться от заманчивой в научном отношении идеи или отпустить нас одних. Но стоило нам заикнуться об этом, как стало ясно, что продолжение дискуссии бессмысленно...

Нам предстояло попасть на остров Диксон, а уже оттуда – на лед в районе о. Сибирякова, что в устье



Через много лет уже другая команда сотрудников института с новой важной задачей динамики льда вновь оказалась в Арктике, в районе Северной Земли (на фото слева направо: А. Р. Бернгардт, В. М. Титов, В. Т. Кузавов, В. К. Кедринский, водитель вездехода Слава, В. Бондаренко, Н. Н. Чернобаев). За эти исследования А. Р. Бернгардт получил одну из первых премий Ленинского комсомола для молодых ученых

Енисея. Этот район являлся для нас особенно интересным – господствующая там толщина льда достигала 2 м... Когда уже практически по всему Енисею начиналась навигация, в устье его, перегороженным о. Сибирякова, надолго (иногда на целый месяц!) сохранялась ледовая перемычка... Это заставляло сокращать и без того короткий навигационный период ... Особую заботу представляла доставка на лед взрывчатки – надо было перевезти около 2 т тротила, притом очень быстро. Это можно было сделать с помощью самолетов, но нам дали только один. Недолго раздумывая, Михаил Алексеевич предложил взять взрывчатку с собой. Так мы с ней долетели сначала до Красноярска, затем перегрузились в самолет, доставивший нас в Норильск, а оттуда полярная авиация доставила нас по маршруту Норильск–Диксон–перемычка. Погрузкой и разгрузкой приходилось заниматься самим, ибо привлечение посторонних лиц могло раскрыть наш секрет. Михаил

Алексеевич был самым активным участником всех такелажных работ.

В Красноярке уже господствовала весна. Поудобнее устроившись на тротиле, мы отправились вдоль Енисея на север... Вскоре мы оказались на льду среди полярников из Ленинграда.

...Скоро все стало очень простым и обычным. Спали мало: надо было спешить, так как иногда ледоходы на Енисее бывают бурными и стремительными. Уберечься от такой стихии не представляется возможным. Устье Енисея имеет ширину до 15 км – лишь сильно напрягая зрение, можно было вдали различить очертания о. Сибирякова. В случае беды добежать до суши было бы непросто...

Наши соседи-ленинградцы изучали напряженное состояние в ледовой перемычке. Оказалось, что лед в некоторых местах сжимался, в других – наоборот, растягивался. Невольно напрашивалась мысль, что



Фото, демонстрирующее принципиально новый высокоэффективный способ тушения пожаров газонефтяных фонтанов, возникающих при авариях на скважинах. Тушение пожара по этому способу осуществляется путем импульсного воздействия на факел воздушным вихревым кольцом, заполненным распыленным огнетушащим порошком

Слева: эпизоды тушения горящего нефтяного факела, поглотившего 6 тыс. т топлива в сутки, вихрепорошковым методом. Для тушения этого пожара было использовано всего 6 кг взрывчатого вещества и 500 кг огнетушащего порошка

заряды надо ставить в местах растяжения перемычки, тогда после взрыва она сама развалится на части и уйдет в Карское море.

Мы установили, что при подледных взрывах требуется значительно меньше взрывчатки. Однако не так просто поместить заряд под двухметровый лед: приходилось орудовать и сверлами, и малыми зарядами. Эффект взрыва подо льдом оказался исключительно сильным, а для того чтобы перешибить ледяное поле поперек, надо было связывать заряды в цепочки и сплавлять их подо льдом, используя течение. Расчеты показали, что при сравнительно небольшом общем количестве зарядов можно было одним взрывом удалить из устья реки всю перемычку. В общем экспедиция дала материал и для интересных научных обобщений, и для полезных практических применений» (Рассказы об ученых, 1965).

От детонационных покрытий до вихревого тушения пожаров

Еще одно перспективнейшее направление исследований «взрывной» тематики было заложено М. А. Лаврентьевым в середине 1950-х гг., после возвращения в Москву из Ядерного центра в Арзамасе-16, где велись работы над артиллерийским ядерным снарядом. Лаврентьев предложил одному из своих учеников – Б. В. Войцеховскому – заняться «экзотической» проблемой спиновой детонации. В конечном результате работа над этой небольшой задачей привела к пересмотру классической теории детонации с плоским фронтом и открытию поперечной волны и многофронтной детонации. Результаты оказались столь фундаментальны, что были отмечены не только Ленинской премией, но и Дипломами о научном открытии, а дальнейшее развитие идей в этой области уже в XXI в. – Государственной премией РФ.

Объектом современных исследований Института гидродинамики являются проблемы горения и детона-

ции так называемых гетерогенных систем, где горючее и окислитель исходно находятся в различных фазовых состояниях. Примером могут служить капли жидкого горючего (бензин, керосин и т. п.) или твердые частицы (металлы, угольная пыль, мука) в атмосфере газообразного окислителя (например, в воздухе). Гетерогенной средой являются и газожидкостные смеси, от пенных структур до жидкостей с небольшим количеством пузырьков газа. Последняя система может возникать при утечке и всплывании метана в результате разработки газогидратных месторождений, залегающих на морском дне. (Кстати сказать, этим явлением объясняется и одна из загадок Бермудского треугольника: суда попадают в такой вспененный столб с низкой плотностью и практически мгновенно теряют плавучесть, не успевая подать сигнал бедствия.) Существуют и многообразные пористые среды в виде прочного каркаса с межпоровыми пустотами, заполненные газообразными или жидкими компонентами (такая структура типична для пород в местах залегания нефти и природного газа).

Аспект практического применения научных результатов по горению и детонации подобных многовариантных гетерогенных систем очень важен. Из последних открытий в этом плане особенно интересен экспериментально зафиксированный эффект полного срыва детонации и горения метановой смеси с помощью завес из инертного мелкодисперсного песка. Таким способом можно подавлять аварийные взрывы метан-воздушной смеси в шахтах.

Широкое практическое применение в технологии нанесения покрытий нашла газовая детонация. Детонационная пушка представляет собой ствол с открытым торцом, периодически заполняемый горючей газовой смесью, куда впрыскивается порция порошкового материала – будущее покрытие. После инициирования смеси возникает детонационная волна, которая распространяется вдоль ствола, вовлекая и одновременно нагревая частицы порошка. Вылетая из ствола с высокой скоростью, частицы соударяются с напыляемой поверхностью, формируя детонационное покрытие.



М. А. Лаврентьев и Б. В. Войцеховский (стоит спиной в светлой кепке) у гидропушки. Середина 1960-х гг. Фото из архива СО РАН

Аналогичная установка без порошка используется для очистки от пылевых отложений различных поверхностей, например, электродов, улавливающих цементную пыль на заводах (при ударно-волновом воздействии взрывной волны такая пыль вновь возвращается в производственный цикл, что обеспечивает сбережение ресурсов и экологическую безопасность технологии).

Почти одновременно с работами по детонации гетерогенных систем начались исследования вихревых движений газа. Примером последних служат кольца из дыма, пускать которые считается особым шиком среди начинающих курильщиков. Одну из многочисленных идей Лаврентьева в области использования вихревых течений и взрыва стал развивать его ученик Б. А. Луговцов: разработанная им математическая модель движения и структуры вихревых колец дала возможность рассчитать параметры турбулентного вихревого кольца.

В рамках этих исследований было проведено много экспериментов, в том числе на острове в Обском море были подорваны 3 т распыленного в воздухе бензина. В результате детонации этой двухфазной бензино-воздушной смеси сначала сформировался огненный

шар диаметром 80 м, который превратился в «гриб», а затем – в вихревое кольцо, которое поднялось на высоту более 2 км. На основе подобных результатов Лаврентьев предположил, что с помощью вихревых колец большого диаметра можно воздействовать на атмосферу и вызывать дожди.

Все эти исследования послужили основой для создания эффективных методов тушения пожаров на нефтяных и газовых скважинах с помощью вихревых колец и импульсных струй огнетушащего порошка. В сентябре 1973 г. на полигоне Нижневартовска были проведены первые успешные натурные испытания взрывного метода тушения горящего нефтяного фонтана, разработанного в лаборатории Луговцова совместно с новосибирским Управлением пожарной охраны УВД. А через 9 лет с помощью вихрепорошкового метода был погашен факел на газовой скважине «Южная Тандырча» (Узбекистан). Высота этого факела достигала 90 м, а диаметр – 15 м. Благодаря использованию 19 кг взрывчатки и 1,5 тыс. кг огнетушащего порошка за несколько секунд пламя, которое месяц не удавалось погасить традиционными способами, было сбито.



Сваркой взрывом были получены заготовки триметалла титан-ниобий-титан, из которых изготовлены сопловые насадки ракетного двигателя для космического корабля «Луна-16»

Путем объединения технологии сварки взрывом с традиционным нагревом материала и его выдержки в течение некоторого времени получают интерметаллидные композиты. На фото – интерметаллидные слои Al_3Ti , полученные в результате дополнительного нагрева соединенного взрывом композита из слоев алюминия (светлый) и титана (темный) до температуры 650 °С и выдержки в течение пяти часов



Сварка взрывом и взрыв-ювелир

Во взрывной тематике эра «нано» началась задолго до ее раскрутки СМИ. Так, специалистам Института гидродинамики принадлежит одна из первых в мире работ об образовании в продуктах взрыва ультрадисперсных частиц алмаза (Лямин и др., 1988). Этот поразительный эффект был обнаружен уже после ухода из жизни М. А. Лаврентьева. Совместно с НПО «Алтай» эти исследования были доведены до практической технологии, за что коллектив авторов в 1994 г. получил Государственную премию РФ.

Еще одно новое направление связано с так называемой сваркой взрывом.

Об истории этих работ можно узнать из воспоминаний самого М. А. Лаврентьева:

«Стрелочный завод обратился к нам с просьбой помочь осуществить упрочнение взрывом подвижной части стрелки. Сотрудники института А. А. Дерибас, Ю. А. Тришин, Е. И. Биченков быстро провели нужный опыт. Обработанная взрывом стрелка была поставлена на путь, и через полгода стало ясно, что она может служить в два раза дольше, чем обычно. При желании за полгода—год можно было наладить упрочнение всех выпускаемых заводом стрелок и тем самым дать солидную прибыль. К сожалению, из-за бюрократической волокиты широкое внедрение затянулось: чтобы запустить на заводе цех по упрочнению взрывом, понадобилось почти 15 лет!

Разработка метода упрочнения случайно привела к новому научно-техническому открытию. Желая усилить эффект и избавиться от возможных при взрыве нарушений поверхности стрелки, попробовали упрочнить стрелку, бросая на нее взрывом металлическую пластину. При опытах неожиданно обнаружилось, что металлическая пластина часто приваривалась к стрелке. Развитие теории и практики сварки взрывом взял на себя А. А. Дерибас.

Забавное в этой истории то, что за 15 лет до описанных опытов аналогичная «сварка» была получена Н. М. Сытым в моей лаборатории под Киевом. Для опытов была нужна медная болванка диаметром 10–20 см. Достать такую болванку мы не смогли, но у нас была медная проволока. Сытый взял пучок этой проволоки, обмотал детонирующим шнуром и произвел подрыв. Получилась нужная монолитная болванка (это была первая реализация технологии взрывного компактирования материалов). Аналогичная сварка происходила также и при опытах с кумулятивными зарядами, но мы рассматривали эти эффекты как курьез.

Параллельно с нами сваркой взрывом начали заниматься в США, а позже, и в очень широких масштабах, —

в Швеции, ФРГ, Японии. По количеству различных применений взрыва для сварки мы сегодня занимаем 1–2-е место в мире, зато по массовому применению для производства особо важных биметаллических изделий (таких как сталь-нержавейка) — одно из последних мест. Причина — министерствам невыгодно выпускать биметалл, в несколько раз более дешевый, чем дорогой металл с теми же качествами».

С момента написания этих строк многое изменилось. Здесь нужно упомянуть, что существуют два предельных режима распространения волны по горючей смеси: во-первых, ламинарное горение с характерными скоростями в несколько десятков сантиметров в секунду (например, пламя новогодней свечи или пламя зажигалки), основными механизмами которого является теплопроводность и диффузия; второй — сверхзвуковая детонация со скоростями около 2–3 км/с для газовых систем и 5–8 км/с (первая космическая скорость для Земли!) для твердых ВВ, в которой ведущую роль играет головная ударная волна. В Институте гидродинамики в последние годы ведутся активные исследования в области так называемых эмульсионных взрывчатых веществ, где в качестве наполнителя используются... пустотелые крошечные шарики. В таких ВВ удается в широких пределах варьировать интенсивность детонационных волн, а также степень их воздействия на окружающие предметы.

Новый подход позволил модернизировать традиционную технологию сварки взрывом настолько, что с ее помощью сегодня стало возможным получать новые биметаллические материалы на основе тонкой металлической фольги толщиной до 100 мкм. Только вдумайтесь: взрыв — и тонкая фольга, причем не покоробленная, как ожидалось!

В последние годы сварку взрывом стали использовать для создания многослойных композиционных материалов. Например, чередованием тонких слоев из различных металлов можно создать композит с повышенной ударной вязкостью, который можно использовать для защиты военной техники. Объединение технологии сварки взрывом с традиционным нагревом материала позволяет получать новые структурные материалы — интерметаллидные композиты.

В Институте гидродинамики была освоена и технология искрового плазменного спекания порошковых материалов с субмикронным или наноразмерным зерном (метод SPS), которая использует совместное воздействие высокого давления, температуры и импульсных токов. В результате можно получить, к примеру, плотную высокотемпературную керамику, представляющую интерес для газотурбинного двигателестроения.

В работе над новыми проектами по взрывной тематике большим подспорьем станет не имеющая мировых аналогов методика исследования взрывных процессов



с помощью синхротронного излучения, разработанная Институтом гидродинамики совместно с Институтом ядерной физики и Институтом химии твердого тела и механохимии СО РАН.

Михаил Алексеевич Лаврентьев с учащимися физико-математической школы при НГУ, 1960-е гг. Фото из Музея НГУ

В качестве заключения хочется еще раз отметить, что принципы, заложенные М. А. Лаврентьевым в основу работы как Сибирского отделения Академии наук в целом, так и его первого института, успешно работали в советские годы и выдержали тяжелейшие проверки временем перестройки.

И когда в 1965 г. Председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин утверждал акт приемки первой очереди Академгородка, он дописал чернилами на официальном документе: «Отметить, что стройка уложилась в утвержденные для нее ассигнования». Подобным не могут похвастаться ни Сколково, ни РОСНАНО, ни Олимпийский комплекс в Сочи, ни космодром «Восточный», ни многие другие объекты, находящиеся под управлением современных «эффективных менеджеров». И в этом смысле тезис о неэффективном управлении Академией наук своей собственностью,

явившийся одним из оснований для последней разрушительной реформы РАН, лопается как мыльный пузырь.

Сам основатель Сибирского отделения был не только выдающимся ученым и замечательным организатором, но и настоящим Учителем в науке и жизни для нескольких поколений молодых исследователей, его учеников и последователей. Идеи Лаврентьева, посеянные в благодатную почву, продолжают развиваться: находятся решения поставленных некогда проблем, возникают новые задачи, на которых вырастают новые поколения исследователей. Таково лаврентьевское наследие, ценность которого с течением времени только возрастает. И за это Михаила Алексеевича помнят, ценят и благодарят все, кому удалось соприкоснуться с ним и результатами его научного поиска.

Чтим и помним!

Михаил Алексеевич Лаврентьев:

«Нет ученых без учеников»

К основанию пространственных квазиконформных отображений

Автор этой статьи, в настоящее время профессор Университета Оклахомы (США), сформировался как математик в рамках сибирской школы геометрической теории функций, возникшей на основе работ М. А. Лаврентьева, П. П. Белинского и Ю. Г. Решетняка. В этом выпуске, посвященном 115-летию М. А. Лаврентьева, он, рассказывая о неожиданном результате, полученном им в геометрической теории функций, отмечает, что этот результат – еще одно подтверждение известного свойства М. А. Лаврентьева высказывать гипотезы в отношении важнейших направлений науки, благодаря которым эти направления получали новое, зачастую неожиданное развитие. В свое время так случилось и с теорией пространственных квазиконформных отображений, основанной М. А. Лаврентьевым в 30-х годах в связи с потребностями в приложениях для пространственных течений сжимаемой среды

Так уж получилось, что с осени 1990 г., в дополнение к моей работе в Институте математики СО АН, начавшейся после окончания НГУ в 1973 г., я стал полным профессором математики на Западе – сначала один год в Автономном университете Барселоны, а потом в Университете Оклахомы (США), где и работаю до сих пор (уйдя год назад из ИМ).

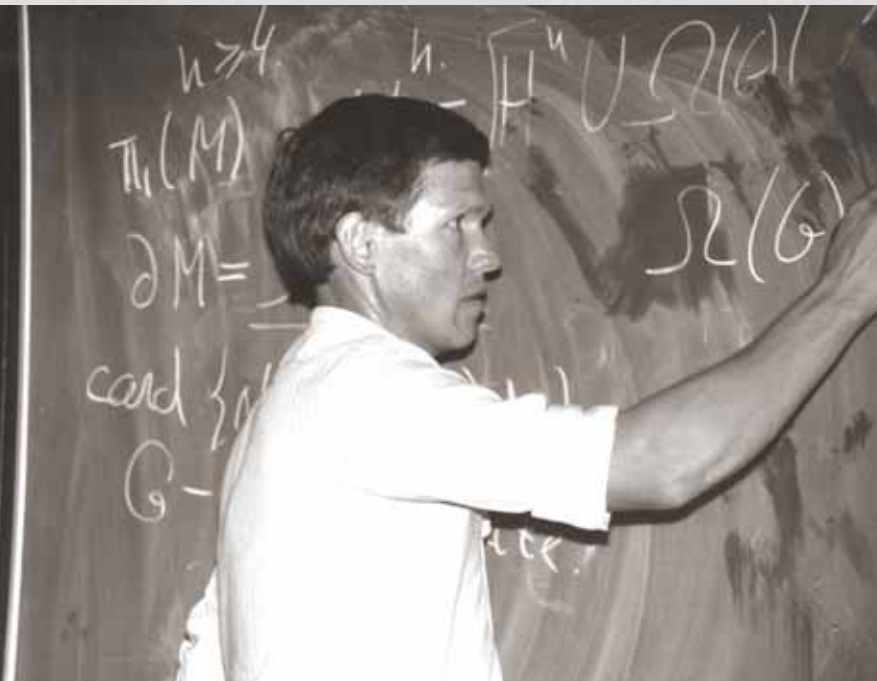
Приехав прошлым летом в Петербург на конференцию по квантовой топологии и встретившись потом в Хельсинки с финскими коллегами, я с удивлением понял, что у меня получается весьма неожиданный результат в области, из которой я вырос как геометр и тополог – в теории пространственных отображений с ограниченным искажением или, как их сейчас называют, квазирегулярных отображений, основанной в 30-х гг. прошлого столетия Михаилом Алексеевичем Лаврентьевым.

И поэтому, когда наш разговор с моим старым другом из Академгородка свернул на тему готовящегося

выпуска журнала к большому юбилею – 115-летию со дня рождения ставшего легендой еще при жизни, выдающегося математика и механика М. А. Лаврентьева, я согласился написать эту короткую заметку, целью которой не является какое-то «глобальное размышление» о М. А. Лаврентьеве – даже и в математике. Слишком ко многому он имел непосредственное отношение, и я боюсь, что чего-то, к сожалению, я просто не знаю.

До сих пор живы его принципы и научные школы, заложенные им более 50 лет назад, в том числе, и легший в основу «сибирской» академической науки знаменитый «треугольник Лаврентьева», объединяющий науку, образование и внедрение научных результатов в практику, и его любимая фраза: «Нет ученых без учеников».

С другой стороны, его единомышленником в математике был Павел Петрович Белинский, бывший его ученик, декан математического факультета НГУ и заведующий отделом теории функций Института математики СО РАН, чьи работы были очень близки



Б. Апанасов. Доклад на семинаре в Институте математики СО РАН. Новосибирск, 1977 г.

к математическим интересам Лаврентьева. Они вместе писали статьи, публиковавшиеся в том числе в престижных зарубежных изданиях. П. П. Белинский был первым математиком из Академгородка, поехавшим в 1968 г. в длительную поездку по Америке. В каком-то смысле аналогичную роль Павел Петрович сыграл и в моем становлении математиком с хорошей геометрической интуицией, несмотря на то, что моим непосредственным руководителем был С. Л. Крушкаль, с которым я стал работать с 3-го курса матфака и который сам был учеником Белинского. Я хорошо помню наши длительные дискуссии с Павлом Петровичем, когда я, будучи студентом, объяснял ему многочисленные доказательства моего результата о неожиданной геометрии действия относительно простой дискретной группы в пространстве. Впоследствии эта работа была представлена М. А. Лаврентьевым для публикации в Докладах Академии наук СССР, сделав меня известным среди специалистов в теории клейновых групп в пространстве.

Через эту личную призму моей близости к Павлу Петровичу Белинскому, ученику М. А. Лаврентьева, я думаю, что могу считать М. А. Лаврентьева своим «математическим дедом». И хотел бы надеяться, что это будет отражено в рамках так называемого «Генеалогического Математического Проекта», создаваемого онлайн Американским математическим Обществом, но, к сожалению, российская математика в нем освещена довольно слабо...

Ключевые слова: М. А. Лаврентьев, пространственные квазиконформные отображения, гиперболические многообразия, 4-х мерные кобордизмы.
Key words: M. A. Lavrentyev, quasiconformal mappings in space, hyperbolic manifolds, 4-dimensional cobordisms

Б. Н. АПАНАСОВ

К 115-летию академика М. А. Лаврентьева



АПАНАСОВ Борис Николаевич – профессор математики Университета Оклахомы, США. Приглашенный ведущий научный исследователь Института Миттаг-Лефлера Шведской королевской академии наук (Стокгольм), Математического исследовательского института в Беркли (Калифорния), Исследовательского центра математики в Барселоне (Каталония). Автор более 100 научных работ и 12 книг (изданных в России, Германии, Голландии и США). Выпускник НГУ 1973 г.



Относительно моей новой конструкции в теории квазирегулярных отображений в пространстве, связанной с идеями М. А. Лаврентьева, П. П. Белинского и В. А. Зорича можно писать много, так как она соединяет воедино различные области математики, в которых коллеги считают меня экспертом: дискретные действия групп в 3-х и 4-х мерных пространствах, нетривиальные 4-х мерные кобордизмы (и известную гипотезу С. П. Новикова), геометрические структуры на многообразиях и их пространства Тейхмюллера, и связанные с ними алгебраические многообразия представлений их фундаментальных групп, ну и конечно, теорию пространственных квазиконформных отображений. И что интересно, этот неожиданный результат в геометрической теории функций оказался новым подтверждением известного яркого свойства Михаила Алексеевича чувствовать важнейшие направления в науке и, более того, высказывать гипотезы, которые давали этим направлениям новое неожиданное развитие. Так случилось и с теорией пространственных квазиконформных отображений, основанной им в 1930-х гг. в связи с потребностями в приложениях для пространственных течений сжимаемой среды и отсутствием какого-либо аналитического

Отдел ТФКП Института математики СО РАН по дороге на пикник (П. П. Белинский, Б. Н. Апанасов, С. Л. Крушкаль, А. В. Сычев, А. Д. Медных и др.). Новосибирск, весна 1974 г.

математического аппарата, сопоставимого с теорией аналитических функций на плоскости. В статье, опубликованной в Математическом сборнике в 1935 г., М. А. Лаврентьев увидел в теории квазиконформных отображений эффективный инструмент для решения задач динамики сплошных.

В этой статье и в работе, вышедшей в 1938 г., М. А. Лаврентьев смог сформулировать несколько утверждений-гипотез, решением которых потом занимались лучшие умы, и которые привели к созданию новых направлений в математике: теории пространственных отображений с ограниченным искажением (квазирегулярных отображений), распределения значений квазирегулярных отображений, теории, относящейся к классической теореме Пикара, и т. д.

В частности, по одной из подтвердившихся гипотез М. А. Лаврентьева, доказанной в 1967 г. В. А. Зоричем

из МГУ, локально гомеоморфные квазиконформные (квазирегулярные) отображения в 3-х мерном пространстве должны быть глобальными гомеоморфизмами на все пространство, не имеющими никаких «барьеров». В дополнение к своему доказательству гипотезы М. А. Лаврентьева, В. А. Зорич использовал идеи П. П. Белинского для построения такого отображения в 3-х мерном пространстве, имеющего ветвление вдоль семейства параллельных прямых, проходящих через целочисленные точки решетки на плоскости. Это отображение имело существенную особенность в бесконечности и не принимало значение 0.

Эти гипотезы М. А. Лаврентьева и пример Зорича послужили основой для возникновения весьма богатой теории распределения значений для квазирегулярных отображений (в стиле классической теоремы Пикара). На эту тему написано множество книг (включая монографии Ю. Г. Решетняка и Сеппо Рикмана) и статей в наиболее престижных научных журналах, включая статью, опубликованную в Acta Math. в июле 2015 г. (David Drasin, Pekka Pankka, 2015).

Мой «добавочек» к этой проблеме, о котором я коротко рассказываю в настоящей публикации, смог привязать к этой области отображений в 3-х мерном пространстве совсем далекие от этого понятия: 4-х мерные кобордизмы, пространства Тейхмюллера геометрических структур на многообразиях и соответствующие алгебраические многообразия представлений конечнопорожденных групп (фундаментальных групп соответствующих кобордизмов).

С существенной помощью моих недавних результатов в этих топологическо-геометрическо-алгебраических областях, я смог построить неизвестные до сих пор «топологические барьеры» для таких локально гомеоморфных квазирегулярных отображений в 3-х мерном пространстве, препятствующие их продолжению на все пространство.

Что удивительно, так это то, что такие «существенные особенности» на довольно малом Канторовом подмножестве 2-х мерной сферы (где они плотны) не позволяют непрерывно связать образы такого отображения внутри и снаружи этой сферы. И это несмотря на то, что образы внутреннего шара и дополнения к его замыканию относительно построенного отображения являются дополнительными друг к другу и взаимно зацепленными: их общей границей является «поверхность» бесконечного рода, топологические ручки которой плотны на ней (разбиение Хегора 3-х мерной сферы бесконечного

рода). Это локально гомеоморфное квазирегулярное отображение 3-х мерной сферы в себя является отображением, согласованным с конформным действием на сфере равномерной 3-х мерной гиперболической решетки Γ (с 2-мерной сферой в качестве предельного множества) и ее гомоморфного образа \mathbf{G} , $\Phi: \Gamma \rightarrow \mathbf{G}$, действующего конформно и разрывно на дополнении в 3-х мерной сфере к «поверхности» бесконечного рода и имеющего своим ядром 3-порожденную свободную подгруппу в Γ .



Б. Апанасов на семинаре в Институте математики СО РАН. Новосибирск, 1975 г.



Теннисный мяч с четырьмя вершинами, симметрично разделенными белой петлей

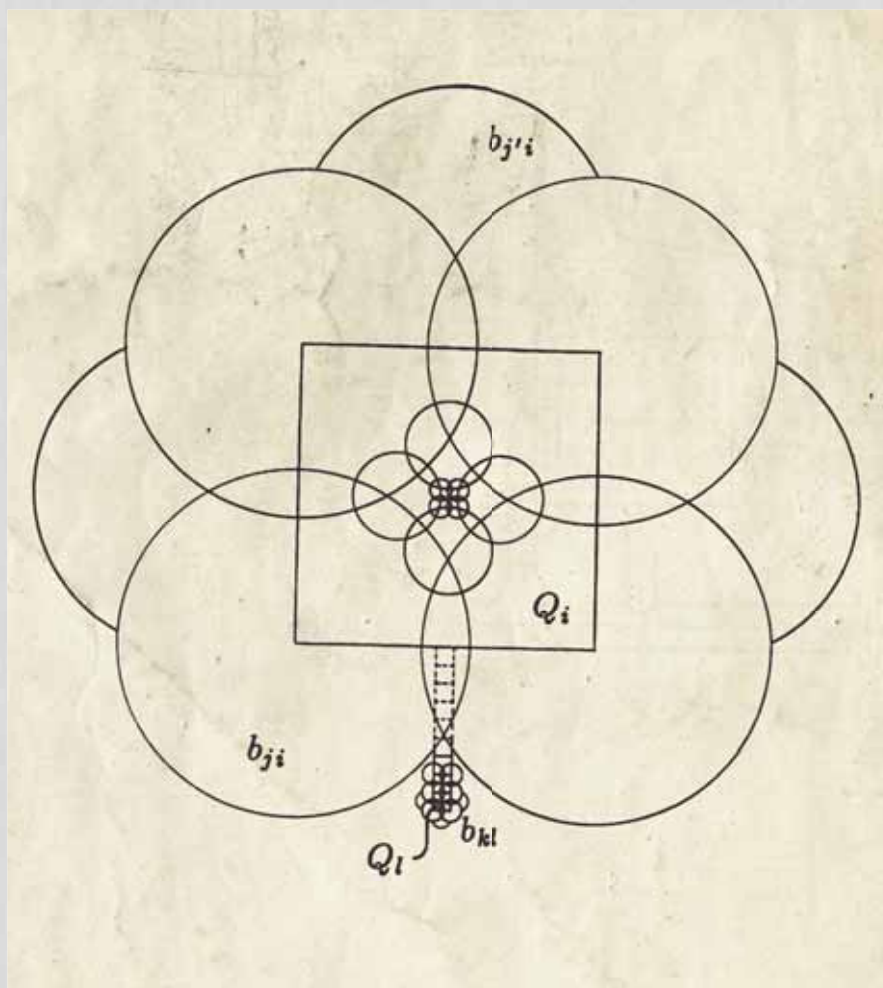
К ЧЕМУ ПРИВЕЛА ИНТЕРЕСНАЯ СИММЕТРИЯ ТЕННИСНОГО МЯЧИКА МОЕЙ ДОЧЕРИ ЭНИ

Этот теннисный мячик с 4-мя выделенными точками (симметрично разделенными белой петлей) можно продеформировать в объединение 4-х шаров с взаимно ортогональными граничными сферами. При этом выделенные точки будут соответствовать тройкам таких сфер, пересекающимся в этих вершинах. Если теперь натянуть пленку (топологический диск) на нашу белую петлю и покрыть ее конечным множеством других шаров, чьи граничные сферы пересекают друг друга (и первые 4 сферы) либо под прямыми, либо под 60-градусными углами, то дополнение ко всем нашим шарам будет объединением двух «симметричных» непересекающихся полиэдров P и P' , с попарно равными двугранными углами. Оказывается, что есть комбинаторно подобный выпуклый полиэдр P в 3-х мерном пространстве Лобачевского, которое можно реализовать в

Покрытие грани куба отражающими сферами и взаимосвязь размеров кубиков

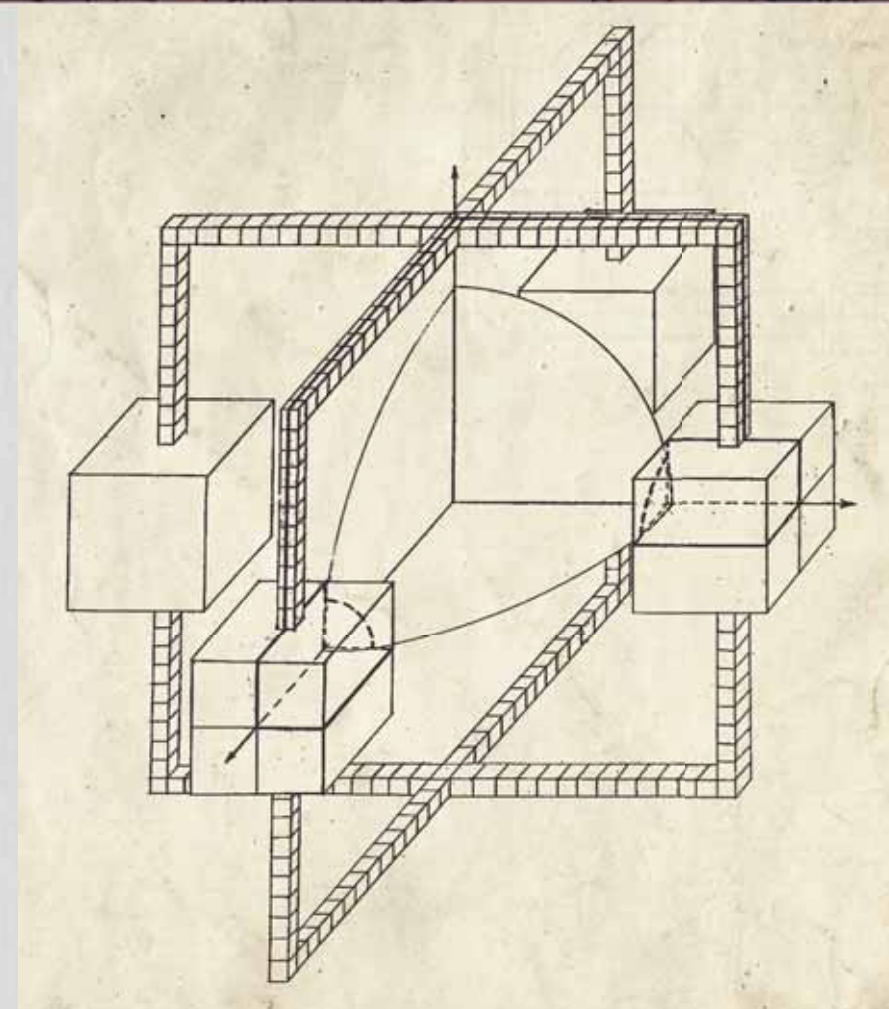
единичном шаре B (и в его дополнении B' , содержащем такой же полиэдр P' , «симметричный» P). Группа G изометрий пространства Лобачевского, порожденная отражениями в гранях P и P' , оказывается 3-мерной гиперболической решеткой, которая определяет алгебраический гомоморфизм $\Phi: G \rightarrow G$ на дискретную группу G , конформно действующую в 3-х мерном пространстве (и в ограниченном им 4-х мерном пространстве Лобачевского) и порожденную отражениями в гранях полиэдров P и P' . Это действие определяет так называемый 4-х мерный (нетривиальный) гиперболический кобордизм, чьи «симметричные» граничные компоненты P/G и P'/G накрываются двумя G -инвариантными связными компонентами O и O' множества разрывности $O(G)$ группы G в 3-х мерном пространстве. Вся эта конструкция требует точной геометрической реализации (с указанными свойствами двугранных углов и т. п.). Это можно сделать «детскими кубиками», чьи размеры взаимосвязаны (см. рисунок внизу), и поверхности которых покрыты шарами с нашими условиями на их граничные сферы. Сделав отражения относительно наших первых (взаимно ортогональных) трех сфер, полученных деформацией теннисного мячика, можно увидеть такую конфигурацию этих «детских кубиков» (см. рисунок справа):

Здесь надо заметить, что наш полиэдр P находится внутри этой конфигурации, а «симметричный» ему полиэдр P' — вне ее. Теперь можно закончить главную



Конфигурация кубиков, определяющая гиперболический 4-кобордизм

идею конструкции нашего 4-кобордизма и квазирегулярного отображения F 3-х мерного пространства в себя, определив это отображение F на полиэдрах P и P' , квазиконформно отображаемых на полиэдры R и R' , и дальше продолжаемое по симметрии до отображения 3-х мерного шара B и его дополнения B' на взаимно зацепленные области O и O' , имеющие общую граничную «поверхность» с плотным на ней множеством топологических «ручек». Построенное квазирегулярное отображение F является локальным (взаимно однозначным) гомеоморфизмом, но не имеет такого глобального свойства. Кроме того, оно имеет «топологический барьер» в виде плотного Канторова подмножества существенных особых точек на граничной сфере шара B , в любую окрестность которых оно непродолжаемо. Эти свойства следуют из того, что наш гомоморфизм Φ 3-х мерной гиперболической решетки G на дискретную группу G имеет большую ядро-подгруппу $K(\Phi)$ в G , являющуюся свободной группой на 3-х порождающих. Поэтому, когда точка x стремится к граничной сфере шара B вдоль вложения графа Кэли подгруппы $K(\Phi)$ (в шаре B или B'), ее образы $F(x)$ бегут вдоль «заполненных зацепленных ручек» области O или O' , не имея при этом никакого предела. Все детали этой конструкции можно найти в моей работе *Topological barriers for locally homeomorphic quasiregular mappings in 3-space*, (<http://arxiv.org/abs/1510.08951>).



Таким образом, после этого запутанного бега с барьерами, мы возвращаемся к нашей начальной идее, основанной на интересной симметрии обычного желтого теннисного мячика, связывающей воедино такие далекие на первый взгляд области математики. Ко всему этому можно прийти, вспоминая впечатляющие беседы маститых ученых и их начинающих учеников, как иллюстрацию фразы Михаила Алексеевича Лаврентьева: «Нет ученых без учеников».

Литература

- Апанасов Б. Н. Об одном классе Клейновых групп // Доклады АН СССР, 1974 Т. 215.
- Белинский П. П., Лаврентьев М. А. Некоторые проблемы геометрической теории функций // Труды математического института Стеклова. М.: Наука, 1972. Т. 128, № 2. С. 34—40.
- Зорич В. А. Теорема М. А. Лаврентьева о квазиконформных отображениях пространства // Математический Сборник, 1967. Т. 74, № 3. С. 417—433.
- Лаврентьев М. А. О классе непрерывных отображений // Математический Сборник, 1935. № 42. С. 407—424.
- Apanasov B. N. Topological barriers for locally homeomorphic quasiregular mappings in 3-space. <http://arxiv.org/abs/1510.08951>



Международный академический совет НГУ:

ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА



Ученые из ведущих университетов и научных центров мира, входящие в Международный академический совет НГУ, в интервью журналистам «НАУКИ из первых рук» рассказали о самых больших проблемах отечественной науки, о перспективах и возможных моделях университетской науки в России, а также о своей роли в жизни НГУ

Ключевые слова: Международный академический совет, НГУ, наука, интеграция, образование, СО РАН, выпускники.
Key words: International Academic Council, Novosibirsk State University, science, integration, education, SB RAS, university graduates



Г. Е. Фалькович, член
Международного академического
совета НГУ, выпускник ФФ НГУ
1980 г., специалист в области
гидродинамики, профессор
Института им. Вейцмана (Израиль)



Сегодня большая часть науки “делается” в университетах, которые являются главными исследовательскими центрами, хотя в России это всегда было не так. Как известно, главные проблемы в обществе – это время и деньги. В мировой науке их решают следующим образом. Во-первых, главной единицей научного исследования, исполняющей большую часть научной работы, является профессор университета. Как правило, у него есть небольшая преподавательская нагрузка, а также он получает научные гранты для работы. В некоторых университетах с гранта берут налог, а в других, напротив, дают дополнительное финансирование. В России же сейчас выстраивается другая система, когда гранты даются на конкретный проект. В этом смысле идущая сейчас реформа науки выглядит устрашающе, хотя в ней есть и плюс – финансируются не академические институты, как раньше, а конкретные проекты. В любом случае большая часть российских ученых сейчас все равно работает в институтах, а не в университетах. Перестройка – очень болезненный и сложный процесс, и сегодня никто не может сказать, как она будет происходить и произойдет ли до конца.

Если же говорить о более фундаментальных вопросах, например, об отношении между образованием и наукой, то напомним, что в СССР практиковалась внятная и простая модель: образование существовало само по себе, а наука была прерогативой Академии наук и финансировалась отдельно. Синтез между ними возникал лишь в исключительных, уникальных случаях, как в новосибирском Академгородке, однако он никогда не был оформлен административно, юридически. В остальном же мире именно образование ставится во главу угла, что и неудивительно, ведь значимость любого университета для жизни общества намного больше, чем для жизни какого-либо института. Что касается НГУ, то даже в советское время лишь 40% его выпускников затем работали в Академии, но и оставшаяся часть активно участвовала в жизни российского общества, играя в ней важную роль.

Ситуация в России уникальна, это очень быстро меняющаяся страна. И НГУ лихорадочно ищет свое место в новой действительности. В сложных условиях постоянно сталкивающихся ведомственных интересов

правильного ответа на вопрос, какую модель взаимодействия науки и образования следует выбрать, по сути, не знает никто, даже те, кто твердо уверен в обратном. В такой ситуации всегда реализуется не оптимальная модель, а компромисс. По моему мнению, оптимальным вариантом для НГУ стала бы сверхструктура, включающая в себя университет и институты, оформленная как юридическое лицо. Пока же один и тот же человек является, к примеру, заведующим кафедрой/лабораторией в университете и такой же лабораторией в институте. При этом он не может перенести свой прибор из одной лаборатории в другую, так как они принадлежат разным министерствам, и он в этом случае нарушит закон.

Что касается конкретных моделей объединения, то есть, к примеру, “оксфордская” модель, в которой Оксфорд – это место, где занимаются образованием, и одновременно “крыша над головой” для больших независимых институтов. Однако, когда человек получает здесь степень, это всегда степень Оксфорда. Еще есть формально похожая модель МГУ, но вместо независимых институтов там имеются подчиненные университету подразделения, которыми ректор управляет практически напрямую. Нам представляется, что для НГУ оптимален первый вариант, однако на данный момент ни тот, ни другой вариант невозможен по техническим и политическим причинам. Реально Академия наук фактически отменена, ее имуществом и бюджетом управляет ФАНО. Принятие серьезных решений в такой ситуации невозможно, но это не может продолжаться вечно.

Я работал и в Израиле, и в Америке, и в Европе, но нигде и никогда не видел таких тяжелых условий, в каких сейчас приходится работать НГУ. И рекомендации мы даем с пониманием этого положения и с большой осторожностью. Одно из наших главных дел – помогать ректору, который работает в этой очень трудной ситуации, советами по стратегии, во-первых, и по технике исполнения, во-вторых. То есть мы помогаем сформулировать задачи, найти конкретных исполнителей и подсказываем, как правильно решать ту или иную задачу. И я считаю, что наше взаимодействие плодотворно и конструктивно. Конечно, мы не всегда понимаем реальные ограничения, с которыми ректору приходится сталкиваться в своей работе, потому мы и являемся рекомендательным и совещательным органом, а не управляющим.

Например, на одном из прошлых заседаний мы дали рекомендацию по созданию отдела стратегического планирования, поскольку нам хотелось поднять работу проектного офиса на более высокий уровень. По нашему мнению, это сейчас ключевое место, потому что речь идет о больших деньгах, которые должны тратиться правильно, принося университету не только “науку”, но и следующие деньги. Есть и конкретные задачи:

например, повышение уровня “англоязычности” НГУ, повышение его рейтинга, в том числе с помощью выпускников, разъехавшихся по всему миру. Кроме того, мы даем и много небольших технических советов. Так как все члены совета – люди страшно занятые, если в какой-то момент у нас возникнет ощущение, что наша работа имеет очень низкую результативность, мы немедленно прекратим эту деятельность.

Безусловно, сегодня в НГУ не хватает и медицины, и биотехнологий, т.е. наук о жизни, доля которых должна составлять 35–40%, а не 15–20%, как сейчас. Ведь именно в этой области будут происходить и уже происходят главные научные “чудеса”, будут сделаны великие открытия, которые повысят общую сумму человеческого счастья, и Новосибирск не должен оставаться в стороне от этого магистрального направления. Ведь на самом деле люди идут в науку потому, что хотят испытывать восторг, а возникает он лишь тогда, когда делаются важные открытия. И все это возможно и при нынешней ситуации в российской науке, которая хотя и несколько хуже, чем была во время СССР, но все же не настолько драматически плоха, как в 1990-х.

Что касается моей роли, то я стараюсь передать людям, которые здесь живут, свое видение некоторых вещей, которые у них не вызывают никакого удивления или сомнения, но зато совершенно изумляют меня. К примеру, понятие “импортозамещение”: среди российских ученых стало совершенно нормальным обсуждать, что “мой университет (институт, наука...) работает на импортозамещение, это полезно для страны, можно под это дело получить гранты и т.д.” У меня же такие рассуждения вызывают ужас, потому что если бы мне сказали, что я буду работать на импортозамещение, я бы лучше ушел на базар фруктами торговать. Ведь заниматься импортозамещением – это делать то, что кто-то уже когда-то сделал, и делать потому, что где-то там какие-то политики с кем-то не смогли договориться. И я свою единственную бесценную жизнь и свой талант ученого должен буду тратить на то, чтобы повторить чьи-то позавчерашние результаты. Этот пример объясняет, для чего здесь нужны такие люди, как я, у которых чуть-чуть другой взгляд на мир.

Конечно, невозможно просто перенести способ делания бизнеса из другого, совершенно непохожего мира, но можно перенести способ “делания науки”, способы учить, лечить и любить людей, потому что эти вещи универсальны. Во всем мире наука делается одним способом: сидит ученый, всегда один (наука не делается коллективами – они появляются потом), напряженно думает, мучается, чего-то не понимая, ищет... При этом каждый ученый всегда хочет открыть, придумать и сделать то, чего до него никто не мог сделать. И это справедливо для любого времени и любой страны мира».

МАС – Международный академический совет Новосибирского государственного университета – образован в 2014 г. с целью повышения международной конкурентоспособности НГУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров. В его состав вошли международные эксперты в области высшего образования, ведущие зарубежные ученые, занимающиеся приоритетными для университета научными направлениями.

Сейчас в составе Совета 15 членов, 9 из которых – выпускники НГУ. На своих заседаниях, собирающихся не реже двух раз в год, совет рассматривает стратегические вопросы развития университета, оценивает его научную деятельность и репутацию как образовательного центра, разрабатывает рекомендации по повышению его международного рейтинга среди ведущих университетов мира

Г. Е. Фалькович, специалист в области гидродинамики, профессор Института им. Вейцмана (Израиль), выпускник ФФ НГУ:

«В Международный наблюдательный совет НГУ входят люди, которые хорошо знают, как работает научная система на западе; наша цель – помогать НГУ совершать первые шаги на пути его превращения в настоящего классный исследовательский университет, предостерегать от очевидных ошибок, не позволять соглашаться на “второсортность” ни в чем. Весь смысл нашего присутствия в том и состоит, что мы должны настаивать на соблюдении самых высоких стандартов всегда и во всем. Это трудно, но именно в этом я вижу нашу функцию. И очень важно, что в совет входят не только выпускники НГУ, но и люди “со стороны”, которые по-другому смотрят на мир, но при этом любят университет и хотят тратить на него свое время.



На заседании академического совета Александр Аполонский обратил внимание на одну из важных проблем – низкий интерес студентов к «необязательным» лекциям приезжих ученых. После заседания А. Аполонский прочитал студентам лекцию о научной журналистике

А. А. Аполонский, специалист по лазерным технологиям, старший научный сотрудник Института квантовой оптики общества Макса Планка и Мюнхенского университета (Германия), выпускник ФФ НГУ:

«Сильной стороной МАС является разносторонняя экспертиза, которую мы можем осуществить, ведь в него входят представители запада, востока и России, а это дорогого стоит. И деятельность Совета заметно меняется в лучшую сторону, к нам начинают прислушиваться...

Если говорить о чем-то конкретном, то Совет не устраивает структурная организации университета, которую, мы уверены, надо менять. Следующий момент, требующий обсуждения – совместные (зеркальные) лаборатории при НГУ. Принципы и положения, по которым они должны быть организованы, досконально прописаны, однако параллельно существуют научно-образовательные центры, в которые лаборатории входят как составные части, для которых это не так. Это большая проблема: научно-образовательный центр, у которого более сложная организация, чем у лаборатории, не может существовать без официально утвержденного положения и полного комплекта соответствующих

документов. Подобные вещи в России не всегда замечают, но со стороны они видны сразу. Такой ситуации не должно быть в принципе, и мы на это указали.

Кстати сказать, судя по тому, что мы услышали о работе зеркальных лабораторий, дело с ними обстоит гораздо лучше, чем мы ожидали. Изначально было ощущение, что это начинание окажется провальным, но полученная информация звучит очень обнадеживающе. И это при том, что зеркальные лаборатории создаются фактически с нуля, и чтобы раскрутить этот маховик, нужен по крайней мере год.

К сожалению, я не могу сказать того же в отношении мероприятий, которые были проведены в ФМШ и Технопарке в честь Международного года света и световых технологий, каким ООН провозгласила 2015 г. На эти лекции в Новосибирск приехали ученые со всего мира – американцы, немцы, англичане, готовые рассказать об уникальных вещах, которые в России, скорее всего, никто пока не может сделать. Однако интерес был на уровне «шума» – в огромном прекрасном зале Технопарка собралось лишь несколько человек... Это было как оскорбление. Подобные ситуации останавливают многих из нас; так, я обращался к авторам лекций с предложением опубликовать их работы в научно-популярном формате, но, не увидев интереса аудитории, они отказались от этой идеи».



А. Косточка, профессор Университета Иллинойс в Урбана-Шампейн (США), выпускник ММФ НГУ, считает большой честью быть избранным в Международный академический совет НГУ

А. В. Косточка, специалист по теории графов, профессор Университета Иллинойс в Урбана-Шампейн (США), выпускник ММФ НГУ:

«По окончании НГУ я долгое время работал в Институте математики СО РАН, а примерно 15 лет назад меня пригласили на должность штатного профессора в один из университетов США, где я работаю до сих пор. Город, где он находится, очень напоминает Академгородок – почти 40% его жителей являются студентами и аспирантами университета, и я чувствую себя там вполне комфортно. Но с Новосибирском меня по-прежнему очень многое связывает, здесь живет мой сын, поэтому я приезжаю сюда при любой возможности. То, что меня выбрали в Международный академический совет НГУ, – это почетная обязанность, и я стараюсь ее исполнять со всей ответственностью.

Предложения, которые мы выдвигаем на совете, конфиденциальны, поэтому расскажу лишь о том, которое я лично предложил. Касается оно организации системы отзывов студентов о преподавателях, которая должна действовать как можно более широко (на всех факультетах университета) и на постоянной основе. Ведь известно, что не все преподаватели работают так, как должно, а такая система будет их дисциплинировать. Да и для студентов это хорошо, так как они будут чувствовать, что к их мнению прислушиваются. Кстати, почти во всех университетах США студенты перед экзаменами заполняют специально разработанные опросники, в которых они характеризуют всех своих преподавателей с разных сторон. Соответствующая служба университета их обрабатывает и потом, уже после сессии, сообщает результаты преподавателям. И такая система побуждает преподавателей более ответственно и качественно выполнять свою работу».

Г. Л. Дианов, специалист в области молекулярной биологии, профессор Оксфордского университета, первый зарубежный исследователь, получивший почетное звание «адъюнкт-профессор НГУ», выпускник ФЕН НГУ:

«Российский и зарубежный подход к финансированию научных исследований отличается не только разным объемом вложенных средств. Я сейчас знакомлюсь с системой российских грантов, и у меня просто нет слов... На западе эта система тоже забюрократизирована, но все же не настолько.

Конечно, в любой заявке на грант должна быть четко описана оригинальность и новизна исследования, но без ненужных деталей, таких как план на первый год, на второй... Это просто тихий ужас – такого я не видел нигде. И это большая проблема, потому что наука по определению непредсказуема. И за границей мы даем заявку в более свободной форме, четко очерчивая лишь направление работ, а не описывая по десять раз его новизну и научно-практическое значение, как здесь. Ведь



Григорий Дианов принял участие в неофициальном открытии конгресса выпускников 2015, поучаствовав в велопробеге НГУ

у фундаментальной работы практические приложения могут появиться лишь позже, и значительно позже...

Самая демократичная грантовая система – американская. В Англии, к примеру, если первая группа экспертов не пропустила заявку (по причине, к примеру, отсутствия новизны), то обратиться к этим экспертам и поговорить с ними нельзя. В Америке же диалог может продолжаться до полугода, и там могут отказать, а могут и помочь. А вот мой личный пример из России: при вскрытии конвертов оказалось, что одна

справка была неверно составлена, в результате чего нас просто не допустили к конкурсу. Почему нельзя было сказать: вот тебе три дня на исправление справки? Ведь к самой науке это не имеет никакого отношения. Похоже, главная задача такой системы – просто отсеять претендентов.

Мне кажется, что основная проблема здесь в том, что какое-то время гранты не использовались по назначению, и такая излишняя детализация и жесткость отбора была призвана не дать возможность эти средства «замотать». Конечно, система грантов должна быть прозрачной, но в существующем виде она работает неэффективно, ограничивая добросовестных ученых, а недобросовестные всегда могут найти обходные пути.

Единственной мерой эффективности научной работы являются публикации. В этом смысле на западе достаточным основанием для получения первого гранта является разумно составленная заявка, где видна научная идея, потенциал исследователя и находящееся в его распоряжении оборудование. А вот основанием для второго и следующего уже служат результаты в виде статей в хороших журналах. И если продуктивность ученого будет падать, ему будет все труднее получить грант. Главным же препятствием для развития науки в России, в том числе университетской, как раз является система грантодержателей: если бы всех судили по конечным результатам, а не создавали излишнюю бюрократию и волокиту, работать было бы гораздо легче.

В качестве примера совершенно невыполнимых условий финансирования приведу ситуацию с созданием новой лаборатории, с которой я лично столкнулся. Соответствующий грант дается на 3 года, и за это время вы должны не только все организовать, но и выдать 15 публикаций! Однако в условиях России сделать все это нереально: снабжение работает плохо, а найти квалифицированные кадры почти невозможно. Последнее связано с очень низкой мобильностью: люди с трудом переходят даже из лаборатории в лабораторию, что уж говорить о разных городах! К примеру, к нам в Оксфорд едут исследователи со всего мира, а здесь невозможно пригласить людей даже из Барнаула, потому что их держат там дача и квартиры, которые в Новосибирске им получить нереально.

Как переломить такую ситуацию? Я долго думал об этом и считаю, что отсеять людей, которые просто «примазались» к науке, вполне реально за 10–15 лет. Для этого нужно просто сначала давать гранты «без разбору», независимо от пола, возраста и заслуг, конечно, при наличии интересной научной идеи. И оценивать результаты по публикациям в хороших журналах, а не по отчетам в «известиях сельскохозяйственных наук». Конечно, часть средств при этом пропадет, но это будет «плата» за выявление настоящих ученых и перспективных научных работ.

Безусловно, ученому из России, например, из того же Барнаула, придется приложить больше усилий, чтобы опубликоваться в престижных международных научных изданиях. Но в принципе «хорошую науку» видно сразу. Конечно, если речь идет о молодом исследователе, то и на Западе его статья будет рассматриваться более критично, чем статья уже именитого ученого. То есть более важно, не откуда ты, а кто ты. И физики, и биологи из НГУ и академических институтов сегодня печатаются в самых лучших журналах, потому что в Академгородке работает много признанных ученых мирового уровня, с высочайшей репутацией.

Сегодня одной из проблем российской науки, в том числе университетской, является отставание в биологических дисциплинах. И это не ее вина: сегодня науки о жизни требуют вложения огромных средств, а в России в самые трудные времена поддерживали скорее физику, в том числе в оборонных целях. И за это время западная биологическая наука ушла далеко вперед. Догнать ее можно, но для этого нужны немалые деньги.

Более жесткой, как на западе, должна стать и система отбора ученых, так как, по моему мнению, в российских институтах и теперь слишком много (до 30%) «балласта». За рубежом конкуренция очень высока, и те люди, которые не очень интересуются тем, что делают, просто не продвигаются в карьере. Хорошую работу получить очень трудно, стать штатным профессором – еще труднее. Поэтому весь «лишний» народ отсеивается и начинает заниматься другой деятельностью. Конечно, будет слишком жестоко начать выгонять из институтов уже немалых людей, которые сейчас активно не работают – реальность изменилась не по их вине, они пришли из старой системы и ничего не могут изменить ни в прошлом, ни в настоящем. Прошлое должно уйти само. Но к молодым надо применять жесткую систему конкуренции, хотя, по-видимому, должно смениться целое поколение, пока ситуация в российской науке не нормализуется.

Что касается сегодняшних проблем НГУ, то хотелось бы отметить, что раньше мы начинали заниматься научной деятельностью в институтах очень рано, начиная со второго курса, а сегодня на дипломную работу студентам иногда отводится полгода. Ну что они могут сделать за это время? Что касается набора в университет, то все-таки экзамены были великим делом, и студентов в НГУ, который действительно считался элитарным вузом, отбирали «по мозгам», способности мыслить и решать задачи. Никакого ЕГЭ тогда не было, да и, честно говоря, я бы, к примеру, его не сдал.

И сейчас в университете, как и во всем Сибирском отделении, много способных, талантливых и успешных людей. Но есть и проблемы, связанные с системой, в решении которых принимает участие и наш Международный академический совет. Самым главным в на-



уже мне кажется сейчас обмен, сотрудничество, хотя в сегодняшней политической ситуации это не всегда просто. Но наука в любом случае должна быть открытой, и этого не надо бояться».

В.Л. Зельман, врач-анестезиолог, руководитель кафедры анестезиологии и реаниматологии Университета Южной Калифорнии (Лос-Анджелес, США), академик Российской академии наук, выпускник Новосибирского медицинского института:

«Как врач и член МАС НГУ я хотел бы высказать свою точку зрения на настоящее и будущее молодого медицинского факультета университета. Конечно, это новое для России направление подготовки врачей, при том что в стране существует больше сотни медицинских институтов, академий и университетов так называемого традиционного направления, созданных в основном еще во времена СССР. В середине прошлого века была большая нужда в медицинских кадрах для растущих сибирских городов, и правительство приняло мудрое решение организовать медицинские институты в Новосибирске, Тюмени... Все эти институты были созданы на основе традиционной российской медицинской школы – блестящей школы клиницистов, среди которых имена Боткина, Остроумова и других выдающихся российских врачей.

Однако после открытия тайн наследственности медицина сделала большой рывок, и сегодня ее развитие идет в сторону так называемой молекулярной медицины, может быть, даже наномедицины, персонализированной медицины. В США традиционные медицинские школы являются частью университетов, и химию и физику там преподают люди высшей квалификации – заведующие соответствующими университетскими кафедрами.



В своем интервью журналу «НАУКА из первых рук» В. Зельман рассказал также о глобальном проекте *Connectom*, который можно также назвать «Википедией мозга»: он позволит проследить взаимодействия нейронов, установить число их вариаций, их генетическую предопределенность и определить, какие из них являются патологическими

И в смысле получения естественно-научного образования подготовка врачей там намного лучше, чем в России. Однако, на мой взгляд, идеального врача будущего можно получить лишь при соединении двух этих подходов: такой врач будет знать геномику, генетику и биоинформатику, но при этом будет оставаться врачом. Ведь когда человек заболевает и приходит к врачу, между ними должна установиться гуманистическая связь, но при этом для лечения пациента врач должен использовать самые новейшие медицинские достижения.

Сегодня в России существует всего пять медицинских факультетов с новой программой, в том числе в МГУ, СПбГУ и НГУ. Наш факультет сейчас проходит стадию «детства», он как ребенок, который только начинает ходить. Чтобы ему помочь, нужно, во-первых, максимально использовать благоприятную ситуацию, т.е. наличие в городе Новосибирского медуниверситета, который ни в коем случае не является конкурентом. Напротив, эти два университета должны работать вместе. Во-вторых, в НГУ при медицинском факультете надо создать своего рода университетскую клинику, по примеру западных госпиталей, которая должна стать частью структуры университета.

Далее – разработка и участие в больших медицинских и научно-исследовательских проектах, например, с Институтом патологии кровообращения им. академика Е. Н. Мешалкина, уникальным и очень эффективным медицинским центром, где также успешно занимаются наукой. Наши студенты и выпускники НГУ могут там работать, и, напротив, специалисты клиники могут защищать у нас диссертации.

Я, безусловно, планирую активно участвовать во всей этой деятельности, приезжать, читать учебные курсы нашим студентам-медикам и вообще помогать нашему молодому факультету встать на ноги. А иначе – зачем я на этом свете живу?»



Заочная школа при НГУ: 50 лет спустя



23 октября 2015 года Заочная школа СУНЦ НГУ – первая заочная физико-математическая школа в мире – отметила 50-летний юбилей. На праздновании юбилея в Академгородке собралось более сотни человек, среди которых были и создатели школы, и выпускники, и преподаватели, а также все те, кто в разное время участвовал в деятельности заочной школы и способствовал ее развитию.

Заочная школа при физико-математической школе НГУ стала важным дополнением к системе олимпиад и летних школ и дала любознательным и одаренным ребятам из разных, даже самых удаленных, городов и поселков уникальную возможность оценить свои способности и серьезно повысить уровень подготовки по физике и математике, а позже – поступить в престижный вуз.

На коференции «Диалог поколений» с поздравительными и напутственными речами выступили более 20 человек. Бывший ректор университета Н.С. Диканский поделился своими мыслями о том, в каком направлении должна развиваться школа в современных условиях, декан ФФ НГУ А.Е. Бондарь рассказал свою историю обучения в ЗФМШ, как полученные знания помогли ему поступить в университет и отметил несомненную пользу заочного образования для тех, кто собирается работать на переднем крае науки. А профессор НГУ А.С. Марковичев, который много лет назад участвовал в разработке методичек для ЗФМШ, рассказал удивительную историю, случившуюся недавно на вступительном экзамене по математике: «Слушая, как абитуриент отвечает на вопрос про исследование функций, я вдруг поймал себя на мысли, что если бы говорить на эту тему пришлось мне, то я точно так же излагал бы. Спустя некоторое время я спросил его: “может быть, Вы в нашей Заочной школе учились?”, – и получил утвердительный ответ!»

Начало деятельности этого успешного образовательного проекта тесно связано с именем известного бизнесмена, президента группы компаний «Ф-консалтинг» к.ф.-м.н. Геннадия Шмерельевича Фридмана, в то время – студента-второкурсника ММФ НГУ.

В своем интервью журналу «НАУКА из первых рук» он рассказал увлекательную историю о том, как несколько инициативных студентов в свободное время создали стабильно работающую школу «по переписке» буквально за два месяца, без поддержки официальных лиц университета.

О дальнейшей жизни ЗФМШ – в воспоминаниях к.ф.-м.н., профессора НГУ Александра Сергеевича Марковичева, несколько десятилетий руководившего математическим отделением этой школы. О своих впечатлениях рассказывает также редактор «НАУКИ из первых рук», к.х.н. Сергей Иванович Прокопьев, который сначала учился в ЗФМШ, а потом был преподавателем школы.

Сегодня в ЗШ СУНЦ НГУ, уже на восьми отделениях, учится около двух тысяч ребят от 5-го до 11-го класса из двадцати регионов России, из стран СНГ, Германии и США. Но суть образовательных услуг, неизменно предоставляемых ЗШ с 1965 г., можно выразить буквально в «двух словах»: любой школьник, владеющий русским языком, может по запросу получить методические материалы по интересующим его предметам и набор тематических задач, которые немного меняются из года в год, прислать свои решения и гарантированно получить письменную рецензию в ответ. Специалисты из разных отделений школы оценят правильность

решений и оригинальность рассуждений школьника и дадут рекомендации по его дальнейшему обучению. Все это способствует развитию способностей и отбору талантливой молодежи, многие из которой потом становятся студентами НГУ.

**Г. Ш. Фридман, к.ф.-м.н.,
президент группы
компаний «Ф-консалтинг»:**

«В августе 1965 г., возвращаясь из Всероссийского комсомольского лагеря “Орленок”, я зашел на мехмат МГУ, где увидел впервые, как готовятся задания для Заочной математической школы. А у нас в новосибирском Академгородке в это время как раз проходила Летняя школа (ЛФМШ), и мы с ребятами сразу решили, что тоже организуем заочную школу, но только (в отличие от москвичей) физико-математическую. И всем ребятам из Летней школы, кто не остался в интернате, объявили, что они стали первыми нашими «заочниками».

В качестве отступления скажу, что в некотором смысле мы повторили организационный опыт, поставленный тремя годами раньше отцами-основателями первой Летней школы, в которой я участвовал. После 45 дней тесного общения им, очевидно, стало грустно с нами расставаться, и они решили создать нечто постоянное. После экзаменов некоторые из нас были

Ключевые слова: дополнительное образование, заочные школы, математика, физика, химия.

Key words: supplementary education, correspondence schools, mathematics, physics, chemistry



ФРИДМАН Геннадий Шмерельевич – кандидат физико-математических наук, член-корреспондент Российской академии естественных наук, президент Группы компаний «Ф-Консалтинг». Лауреат Национальной общественной премии им. Петра Великого (2001), Национальной премии Российской академии бизнеса и предпринимательства «Дарин» (2004). Один из создателей первой в СССР заочной физико-математической школы. Автор и соавтор более 80 научных работ

Первая лекция в ФМШ, 1963 г. Второй слева – Г. Фридман. Фотоархив СО РАН

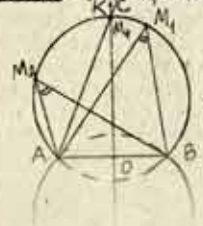
Первый официальный документ, в котором отразилось существование Заочной школы, появился лишь спустя 6–7 лет. По иронии судьбы, это был приказ по университету: «За развал работы ЗФМШ уволить: Г. Ш. Фридмана ...», за которым продолжался список фамилий организаторов

приняты в круглогодичную физико-математическую школу (ФМШ), хотя в то время сама реализация этой идеи, в том числе финансирование, была под большим вопросом...

Тем не менее ФМШ открылась в январе по адресу: Детский проезд, 3 (это здание было построено для других целей, но несколько месяцев его использовали в качестве нашего общежития-интерната). И первые полгода это было абсолютно незаконное образовательное заведение, содержащееся за счет безусловно нецелевого расходования бюджетных денег М. А. Лаврентьевым, который ничего не боялся, когда действовал во имя идеи. Первоначально в школу были приняты 120 человек, из них 93 ее закончили. И лишь в августе 1963 г. вышло, наконец, постановление Совета министров о школах-интернатах, и подобные школы стали организовываться в Москве, Ленинграде, Киеве и других городах.



Рассмотрим еще одну задачу:
Задача 2. На плоскости даны две точки A и B . Найти геометрическое место точек M , для которых угол $\angle AMB$ имеет заданную величину α (в этом случае говорят, что отрезок AB виден из точки M под углом α).
Решение. Пусть M_1 – одна из точек...



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО
НОВОСИБИРСКОГО
ГО

Девятиклассники
первой Летней
физико-
математической
школы, 1962 г.
Шестой слева –
Г. Фридман.
Фотоархив
СО РАН

Фотоархив СО РАН

Здание № 1

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

Работа должна быть выполнена в простой ученической тетради в клетку. Пишите краткое условие задачи, а затем её решение

- Указывайте номер
- Обязательно оста
- На обложке те
- 1. Отделение (м
- 2. Тему и номер
- 3. Класс, в кото
- 4. Индекс почто
- 5. Ваш домашний
- 6. Фамилию, имя
- Ваша работа
- будет оформлена
- Работу отосл
- реглайте и не
- вложите листок
- адресом (или на
- Наш адрес: 6



Г. Фридман (справа) с однокурсниками на первомайской демонстрации в 1970 г. Фото из личного архива Екатерины Кукиной

Так ФМШ стала еще одним пионерным делом Сибирского отделения Академии наук. В том числе и благодаря ей наш НГУ стал действительно всесоюзным университетом – у нас учились студенты даже из Украины и Молдавии. Было два формата набора в ФМШ, в том числе по результатам заочных олимпиад. Можно было приехать из Москвы, из Ленинграда, откуда угодно. С прибывшими школьниками проводили собеседования, и не всем из них удавалось пройти конкурс, большая часть уезжала назад. Тем же, кого принимали в ФМШ, постфактум оплачивали затраты на дорогу.

Многие студенты НГУ почти с самого начала учебы начинали участвовать в организации региональных туров олимпиады в «зоне влияния» НГУ: от Урала и Средней Азии до восточных границ СССР. В 1965 г. я был студентом первого курса, и меня уже назначили руководителем бригады СО АН СССР для проведения олимпиады по ма-

«Если барон Х., которого ограбил Робин Гуд, лишился трети своих богатств, а Буратино похитил две пятых от всего количества имевшихся у Бармалея сольдо, то посчитайте, кто из них наворовал больше» – из заданий ЗФМШ



Участники карнального шествия в кузове машины на улице Терешковой около школы № 25 (ныне гимназии № 3). У заднего борта в центре – Г. Фридман. Фото Ю. Щеглова. Фотоархив СО РАН



Первые выпускники новосибирской ФМШ. Крайний справа в переднем ряду – Г. Фридман, 1964 г. Фотоархив СО РАН, фото из музея ФМШ

тематике, физике и химии в Тюменской области. Стать рядовым членом бригады студенту-первокурснику было легко, но получить мандат бригадира, в команде которого имелись два кандидата наук, в том числе известный математик Л. В. Баев – это было «круто»! Вот такой была поистине героическая юность Академгородка.

В нашу команду входили: математики Сергей Тресков и Юрий Михеев, физики Оксана Буднева, Миша Перельройзен и Сеня Эйдельман (его я имел честь учить в Летней школе, когда сам уже был принят на первый курс университета; сейчас он, помимо прочего, заведует кафедрой физики элементарных частиц НГУ). Эйдельман и Перельройзен были тогда первокурсниками, Оксана – третьекурсницей, а мы с Тресковым и с Михеевым перешли на второй курс. Вот эта компания и создала Заочную школу.

Мы сами сочиняли задания для рассылки и, по отзывам, неплохо с этим справлялись. Потом мы нашли среди первокурсников тех, кто стал проверять выполненные работы, на следующий год из этих студентов выросли бригадиры. В свою очередь, преподавателей стали сразу искать уже среди выпускников ФМШ, и они вместе с теми, кто «прошел» год или два в заочной школе, становились, после соответствующей тренировки, преподавателями Летней школы. Вот такой сформировался у нас принцип преемственности.

Надо заметить, что Заочная школа многие годы держалась исключительно на нашем энтузиазме. Мы сами, без какой-либо поддержки руководителей университета, организовывали печатание заданий и их рассылку. Первый официальный документ, в котором отразилось существование Заочной школы, появился лишь спустя 6–7 лет. По иронии судьбы, это был приказ по университету: «За развал работы ЗФМШ уволить: Г. Ш. Фридмана...», и далее продолжался список фамилий организаторов.

...Недавно на заседании Международного академического совета НГУ ректор сказал, что у «университета с Академией наук должны быть взаимные интересы». Но ведь так было всегда! Более того, в наше время даже нам, успешным ученикам ФМШ, оформили пропуска в Институт ядерной физики, где мы могли начать уже реально работать и посещать настоящие научные семинары. Правда я сам потом «перекинулся» на математику, но мои однокашники Саша Рубенчик, Женя Кузнецов и Василий Пархомчук так там и остались. Что касается Пархомчука, то директор ИЯФ Г. И. Будкер взял его на работу еще до окончания физматшколы (!), а на четвертом курсе доверил проводить свой собственный эксперимент с участием коллектива инженеров. То есть у НГУ всегда был свой собственный стиль, и студенты и даже школьники из ФМШ немалое время проводили в научно-исследовательских институтах. И первая моя статья вышла, когда я учился на первом курсе,

и опубликована она была не где-нибудь, а в «Докладах Академии наук»!

Студенты, которые сейчас учатся в нашем университете, должны понимать, что они учатся в уникальном вузе с уникальными традициями. Однако далеко не все это понимают, а престиж НГУ падает. Сейчас перед нами стоит задача возрождения университета как выдающегося образовательного заведения с давней, устоявшейся репутацией, которую мы можем и должны использовать».



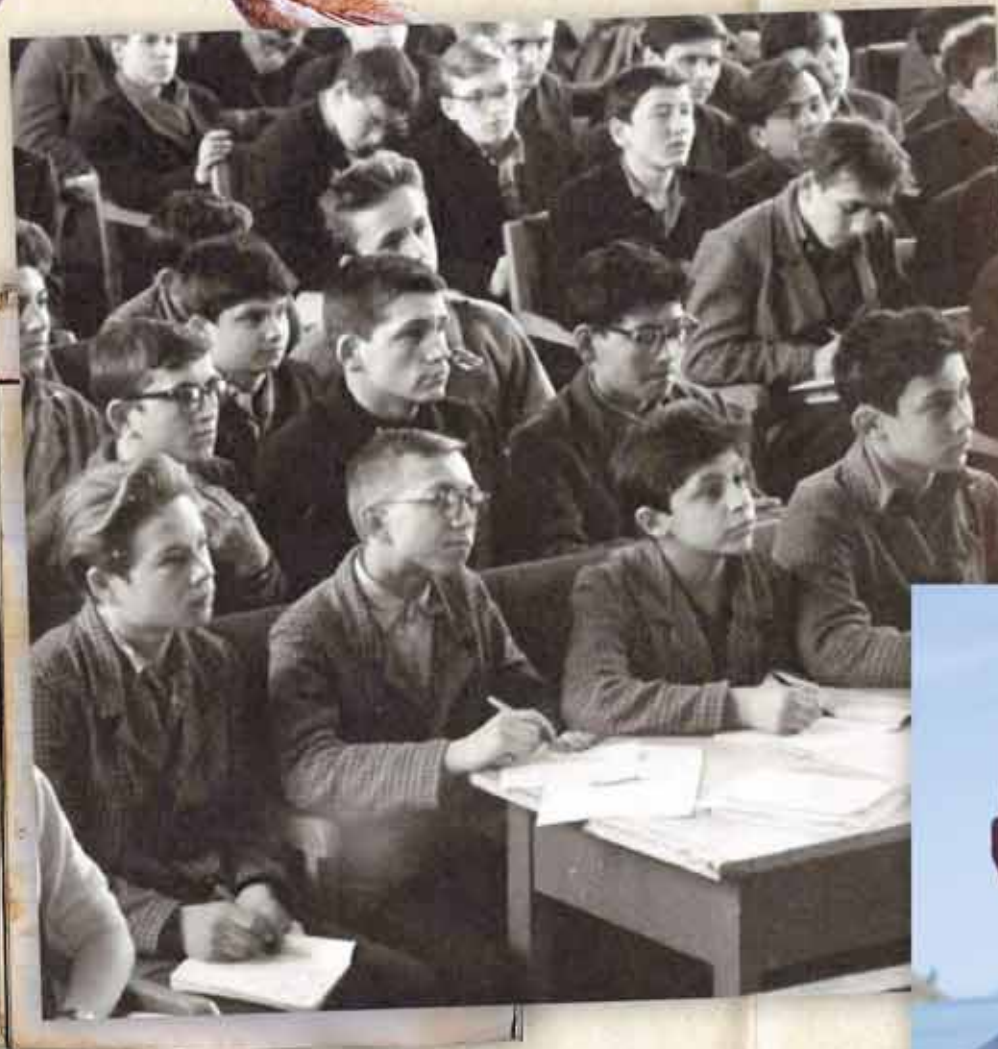
Н.С. Диканский, академик РАН, заведующий лабораторией ИЯФ СО РАН, ректор НГУ с 1997 по 2007 г.

...НАМ НУЖНО БОЛЬШЕ ТАЛАНТЛИВЫХ ЛЮДЕЙ

Николай Диканский
(из выступления 23 октября в ЗФМШ)

«У нас реализуется схема образовательной пирамиды: Заочная школа – это фундамент для ФМШ, а та в свою очередь является фундаментом для НГУ, поставляя нам лучших своих выпускников. Но последние годы нам стало гораздо труднее набирать ребят в университет. Во-первых, детей рождаться стало намного меньше, другая проблема – в охвате регионов. Мы создали несколько региональных университетов, теперь там руководят наши выпускники, они начали с нами конкурировать и оттягивают часть учебного контингента на себя. В нашей ЗФМШ учится около двух тысяч ребят – это очень немного. Для сравнения: в ЗФТШ при МФТИ (где нет школы-интерната) – больше пяти тысяч.

Но сейчас появилась колоссальная возможность решить все эти проблемы: для заочного обучения надо максимально использовать возможности Интернета, скайпа, других средств связи. Когда я был ректором, лет 15 назад мы сделали специальный класс дистанционного обучения, обеспечивающий студентам интерактивную обратную связь с преподавателем. И подобную систему в ФМШ нужно внедрять как можно быстрее. Потому что нам нужно больше талантливых людей».



А. С. Марковичев, к. ф.-м. н., профессор НГУ:

«Академгородок, 1960-е гг. – необыкновенное место, необыкновенное время и замечательные люди!

В 1963 г. через заочный тур II Всесибирской физико-математической олимпиады школьников я попал во вторую Летнюю школу, и через нее – в ФМШ. Как мы учились в ФМШ – отдельная тема. Скажу только, что несколько “старичков” (учеников первого набора) организовали в школе Математическое общество, в который мог вступить каждый фымышонок, сдав соответствующий экзамен одному из его “отцов-основателей”, среди которых были Гена Фридман, Сережа Тресков и Георгий Карев. Я сдал такой экзамен Гене Фридману и таким образом с ним познакомился.

В школе царил атмосфера творчества, интеллектуальной свободы, нам, молодым людям в возрасте 14–18 лет, все было интересно. Нам читали лекции такие замечательные ученые, как М. А. Лаврентьев, А. А. Ляпунов, Г. И. Будкер, С. Т. Беляев и др. Конечно, писать про остальных прекрасных ученых “и другие” неприлично, но перечислить их всех здесь просто невозможно. Окончив школу и попав в НГУ, многие из нас просто жаждали делиться своими знаниями со школьниками так же, как с нами делились

МАРКОВИЧЕВ Александр Сергеевич – кандидат физико-математических наук, заместитель директора Института педагогических исследований одаренности детей Российской академии образования (Новосибирск), профессор кафедры математических наук механико-математического факультета и специализированного учебно-научного центра Новосибирского государственного университета. Лауреат Премии Президента Российской Федерации в области образования (2000). Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации. Автор и соавтор более 150 научных работ



... Я ЗАНИМАЮСЬ СО СВОИМ ВНУКОМ МАТЕМАТИКОЙ ПО МАТЕРИАЛАМ ЗФМШ

А. Марковичев (второй слева, в первом ряду) на лекции в ФМШ, 1963/64 учебный год. Фото из личного архива А. С. Марковичева

Фотография выпускников группы 511 механико-математического факультета НГУ, 1970 г. Первый справа в нижнем ряду – А. С. Марковичев. Фото из личного архива Е. Кукиной.

Александр Александрович Никитин (из выступления 23 октября в ЗФМШ)

«Моя деятельность в Заочной школе началась осенью 1966 г., когда кураторы ЗФМШ принесли нам – студентам НГУ – работы учеников, которые надо было срочно проверить. Тетрадей было так много, что меня охватил ужас. К тому же нас предупредили, что отвечать в рецензиях надо так, чтобы ученики не присылали в школу претензий со словами “нам непонятно объяснили”. И мы с этим справились. Помню, когда я был уже директором ФМШ при НГУ, НФПК при Правительстве РФ решил материально поддержать лучшую заочную школу. Пришлось потратить много времени и сил, чтобы доказать чиновникам, что надо поддержать не одну, а несколько лучших школ. В результате на первом этапе поддержали 30 заочных школ, а на втором – 18. Наша, разумеется, оказалась в этом списке. Я и сейчас занимаюсь со своим внуком математикой по материалам ЗФМШ»



Может статься, что мы возьмем в качестве значения x только целые числа и получим, что

$$\dots = y(-2) = y(-1) = y(0) = y(1) = y(2) = \dots = 1.$$

а отсюда вообразим, что графиком нашей функции является прямая

$y = 1$. На это можно возразить – будем находить значения функции в других точках, например, при

$$x = \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4}, \frac{3}{2}$$

и т.п. Но как нам за-

ранее понять, в каких точках лучше всего вычислять значения функции, чтобы построить правдоподобный эскиз графика?

Определение некоторых общих свойств функции позволяет ограничиться вычислением значений функции в нескольких точках (а иногда вообще обойтись без таких вычислений) и, тем не менее, точно построить график.

Какие же свойства функции необходимо выяснить в первую очередь? Прежде всего следует:

- 1) найти область определения функции и исследовать поведение функции в граничных точках этой области;
- 2) выяснить симметрию графика и его периодичность;
- 3) найти точки разрыва функции и промежутки непрерывности;
- 4) решив уравнение $f(x) = 0$, определить точки пересечения графика функции с осью Ox (нули функции);
- 5) установить промежутки постоянства знака, т.е. промежутки, в которых функция положительна или отрицательна;
- 6) найти промежутки монотонности и точки экстремума;
- 7) указать те или иные особенности графика;
- 8)* определить промежутки выпуклости и вогнутости функции;
- 9)* найти асимптоты в случае их существования.

В.Г. Харитонов и А.С. Марковичев разбирают почту с письмами участников заочной олимпиады школьников.

Фото из архива СО РАН

Слева: методические материалы ЗФМШ по теме «Исследование функций». Составитель – А.С. Марковичев. 1987 г. Фото из личного архива С. Прокопьева

знаниями эти выдающиеся ученые. Неудивительно, что в 1965 г., сразу после окончания первого курса, я вместе с несколькими своими друзьями-однокурсниками стал работать преподавателем в 4-й Летней школе, обучать математике ребят, которые были всего на два года моложе меня.

В том же году начала работу и Заочная физико-математическая школа, к чему приложил руку все тот же Гена Фридман. В то время я уже участвовал в проверке заданий в этой школе, но моя регулярная работа там началась позже, уже в 1970-х гг., когда я был аспирантом и сам преподавал в ФМШ. Меня



Елена Серая (Оксфордский университет), выпускница ЗФМШ, ФЕН НГУ 1986 г.



«Я БЫЛА УВЕРЕНА, ЧТО МОИ РАБОТЫ ПРОВЕРЯЕТ ЕСЛИ НЕ ПРОФЕССОР, ТО ДОЦЕНТ...»

Елена Серая
(из интервью журналу «НАУКА из первых рук»)

«Я училась в заочной школе по генетике и биологии при ФМШ, которую организовали Анатолий Овсеевич Рувинский и Павел Михайлович Бородин. О том, что есть такая школа, я узнала поздно, поэтому за один год мне пришлось пройти двухлетний курс. Приходилось наверстывать очень много. Система такая: школьники занимаются, получают задания и отправляют свои работы в университет, мы ничего не знали о своих преподавателях, но я была уверена, что мои работы проверяет если не профессор, то доцент... Когда я поступила на ФЕН, меня уже через месяц разыскала Оля Горохова, студентка третьего курса; оказалось, она и была моим преподавателем. Оля предложила и мне заниматься со школьниками. Так, будучи студенткой первого курса, я стала преподавателем заочной школы. А когда Оля закончила университет, я переняла ее полномочия: стала завучем заочной биологической школы. Самая веселая часть этой учебы была, когда Павел Михайлович Бородин собирал информацию по генетике

кошек. Я приехала в Новосибирск, в Институте цитологии и генетики встретила с Анатолием Овсеевичем, он дал мне карту, на которую нужно было поставить точку с указанием конкретной частоты определенного гена в районе г. Кемерово.

В Кемерово в 1980 г. по городу кошки не бегали, поэтому мы поехали на окраину, в поселок на шахте «Пионерская», там жила наша одноклассница. Фактически, это деревня, где в каждом частном доме – по кошке. Это было большое счастье, что подругу там все знали, потому что в этом году ввели налог на кошек и собак. Мы собирали информацию о кошках, а народ пугался, думая, что мы собираем деньги. Мы успокаивали их: «Но мы же не спрашиваем ни имя, ни фамилию, ни номер, вы нам покажите кошку и все!» Список мутаций был штук 12. В общем, это был великий цирк! Но материал мы собрали хороший – 130 кошек. Потом я посчитала частоту генов, нанесла на карту и отвезла ее в Новосибирск. Эти данные вошли в книгу Павла Михайловича».

Понятно, что атом серы, несущий отрицательный заряд, отличается от нейтрального атома серы, а атом натрия с положительным зарядом $+1/19$ отличается от нейтральных атомов натрия. Получается, что атомы в ходе химической реакции все же неизменно изменяются. Единственным же остается **ядра атома**. Ядро атома серы и в нейтральном атоме и в сульфиде натрия (в явном другом соединении) обладает зарядом -16 . Так Вам уже должно быть известно, химическая способность элемента определяется его порядковым номером в таблице Менделеева, а порядковый номер есть не что иное как заряд атомного ядра. Благодаря тому, что ядро атома не претерпевает изменений, считает, что атом как химический элемент тоже не меняется в ходе химической реакции. Так что, как видите, грубых ошибок здесь допущено не было.

Перейдем теперь к практическому применению закона.
Пример. Траншир реакции:
 $n_1 K MnO_4 + n_2 HCl = n_3 KCl + n_4 MnCl_2 + n_5 Cl_2 + n_6 H_2O$
 где $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$ - стехиометрические коэффициенты, которые необходимо найти.
 По закону сохранения числа атомов, сколько атомов какого вещества в реакции, столько же атомов этого вещества должно получиться в результате реакции. На основании этого записываем уравнение:
 $n_1 = n_3$ (условие сохранения атомов К)
 Аналогично уравнение записывается для условий сохранения числа атомов других элементов:
 $n_1 = n_4$ (условие сохранения атомов Mn)
 $4n_1 = n_4$ (условие сохранения атомов O)
 $n_1 = 2n_4$ (условие сохранения атомов H)
 $n_2 = n_3 + 2n_4 + 2n_5$ (условие сохранения атомов Cl).
 Мы имеем систему из пяти уравнений с шестью неизвестными:



ПРОКОПЬЕВ Сергей Иванович – кандидат химических наук, ведущий редактор журнала «НАУКА из первых рук»

Методический материал для самообучения для восьмого класса химического отделения Заочной школы при НГУ. 1984 г. Составители – М. Ю. Смирнов и В. С. Музыкантов.

Что касается ЗФМШ, то, меняясь, пережив и хорошие, и плохие времена, она превратилась в одну из лучших отечественных заочных школ. Стабильно работающая, она очень нужна и СУНЦ НГУ, и самому Новосибирскому университету, а главное – талантливым ребятам, которые по-настоящему стремятся к знаниям».

С.И. Прокопьев, к. х. н., ведущий редактор журнала «НАУКА из первых рук»:

«Мое знакомство с Заочной школой при НГУ началось весной 1979 г. в г. Кургане, когда на станции юных техников, куда мы ходили с друзьями, нам показали брошюру ЗФМШ. Надо сказать, что, хотя кое-какие сведения об этой школе попадались в газетных публикациях того времени, ее полные контактные данные, как правило, отсутствовали. И даже в районном отделе образования рассказать что-то конкретное об этой “секретной” школе не могли.

попросили сделать новое задание на тему “пределы последовательностей”; по-видимому, опыт оказался удачным, так как потом мне доверили подготовить еще три задания по математике. Три из этих четырех заданий использовались в течение несколько десятилетий, пока мы с Ю. В. Михеевым их не переделали. Одно время я даже курировал все преподавание математики в ЗШ, а также почти десяток лет готовил вступительные задания по математике, самая большая ценность которых состояла в подробных решениях, которые получали ученики вместе с рецензией на свою работу.

Отмечу, что всей этой деятельностью нас никто не заставлял заниматься, нам просто было интересно, мы ощущали собственную значимость и работали практически на общественных началах, т. е. почти бесплатно. Кстати сказать, когда при смене социальных формаций в начале 1990-х гг. один из наших университетских деятелей начал широко популяризовать лозунг «бесплатный труд – рабский труд», в НГУ тихо скончалась наша так называемая Воскресная школа. В последнее время мы в какой-то степени начинаем возвращаться к тому стилю жизни, правда, используя иностранное слово “волонтер”.



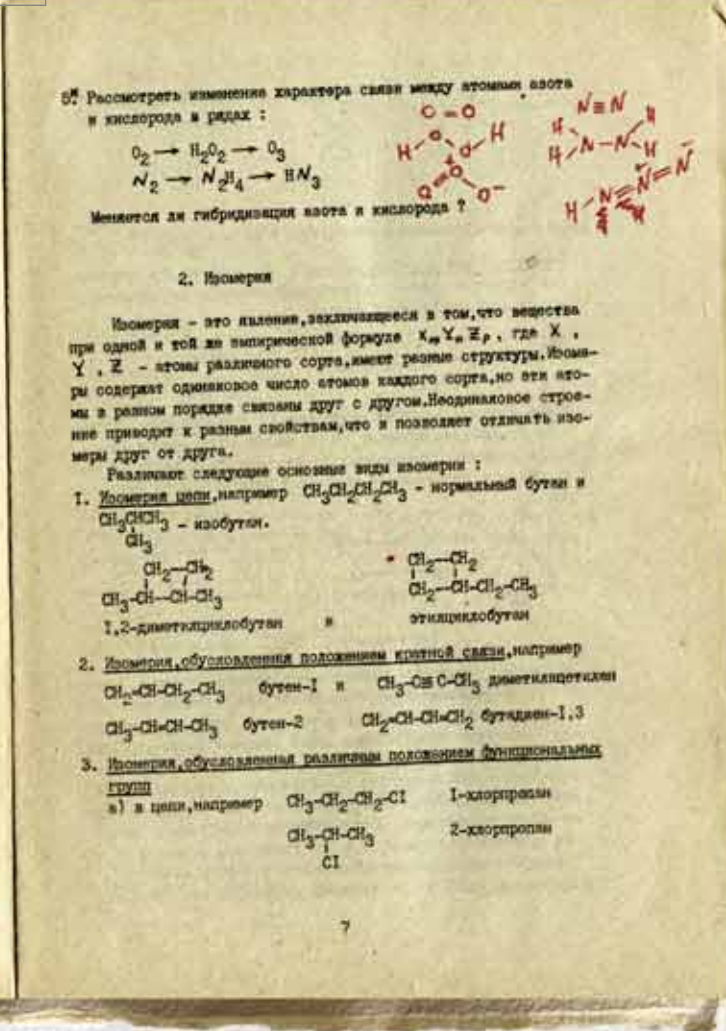
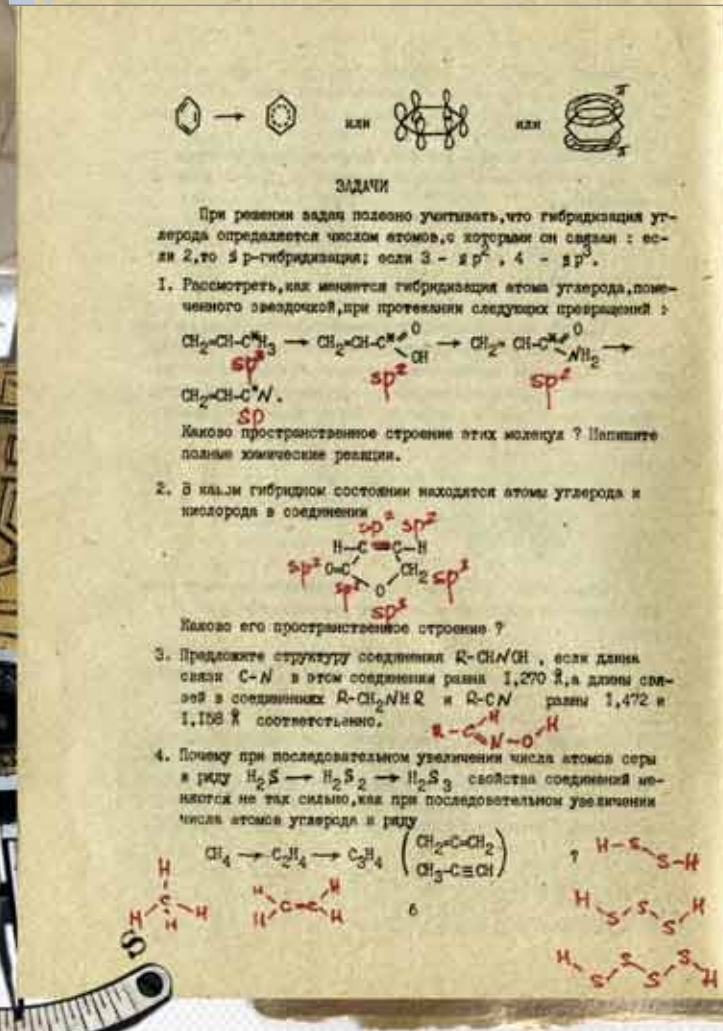
«... ЗАОЧНЫЕ УЧИТЕЛЯ, ПРОВЕРЯЮЩИЕ НАШИ РАБОТЫ, БЫЛИ ОЧЕНЬ СТРОГИ»

Александр Бондарь (из выступления 23 октября в ЗФМШ)

«Я учился в физико-математической школе г. Челябинска, у нас были замечательные учителя физики, математики и даже литературы. Казалось бы, что дополнительно могла мне дать заочная школа?

Дело в том, что в нашей школе мы учили физику не по учебнику (я его вообще ни разу в школьной жизни не открывал), а методом «народного фольклора», т. е. только общаясь с нашими учителями и друг с другом. Это был своего рода спорт: мы предлагали друг другу задачи и с энтузиазмом решали их. Но хотя это и создавало атмосферу творчества, в голове была “полная каша” или, лучше сказать, “винегрет”. А однажды я увидел в журнале “Квант” объявление, что продолжается набор в ЗФМШ при НГУ, написал туда заявление, меня приняли, и я там учился два года, до 1972 г. Это был мой первый опыт самостоятельного обучения. Никто над душой не стоит, но и подсказать никто не может, приходится самому читать и разбираться. В результате последовательного чтения методических материалов и выполнения заданий все мои разрозненные знания были приведены в систему. Заочные учителя, проверяющие наши работы, были очень строги: любое нарушение логики рассуждений тут же отмечали и соответственно снижали оценку. Поэтому нужно было самому учиться искусству, которое теперь мы называем “представление результатов”, т. е. связно, ничего не упустив, изложить решение задачи. Это мне помогло при поступлении в университет. Отмечу, что умение учиться самостоятельно – совершенно неотъемлемое качество научного исследователя. Наука быстро развивается, и чему бы вас ни научили в школе и университете, обязательно окажется, что многие полученные знания уже никуда не годятся, потому что просто устарели. И для того чтобы успешно заниматься реальной наукой, надо будет многое выучить заново. И чтобы не растеряться от внезапно ставшей необходимой самостоятельности, лучше начать тренироваться смолodu. Мне в этом очень сильно помогла Заочная школа».

Александр Бондарь 1977 г. и 2014 г.



Недолго думая, я написал заявление с просьбой принять меня в 8-й класс Заочной школы на все три отделения (математическое, физическое, химическое), которые там в то время были. Через пару недель методист школы ответил, что можно выбрать только одно отделение, и я назвал математику. Такой выбор был продиктован тем, что все доступные и понятные для школьника книги по математике я к тому времени уже прочитал и освоил.

Дни, когда я получал рецензию на выполненную работу и очередное задание, были для меня праздниками. Во-первых, мой заочный учитель не скупился писать подробные комментарии в случае, если какая-то задача была решена неправильно или не полностью. Во-вторых, приятно было изучать прекрасно составленные методические материалы, которые предвляли каждый очередной набор задач.

В том же году, успешно выступив на областной олимпиаде школьников, я по результатам собеседования попал в Летнюю физико-математическую школу, а затем был зачислен в ФМШ.

Моя следующая встреча с ЗФМШ состоялась, когда я уже учился на третьем курсе ФЕН НГУ. Оказалось, что школе не выделялось финансирования на проверку работ заочных школьников, поэтому педагогов-профессионалов хронически не хватало и этим видом деятельности озадачивали студентов профильных факультетов университета в рамках так называемых "комсомольских поручений". В течение года я проверял работы 20 учеников восьмого класса. Задания химического отделения были ясно сформулированы, и хорошему студенту не составляло труда решать их и оценивать, насколько правильными были решения учеников. Вспоминая свою учебу в Заочной школе, я старался относиться так же внимательно и ответственно к переписке со своими подопечными. Эта деятельность, которой я занимался вплоть до окончания университета, стала для меня хорошей педагогической практикой.

Работая после выпуска в Институте катализа, я познакомился с организатором и руководителем Воскресной физико-математической и химико-биологической школы при НГУ Ниной Евгеньевной Богданчиковой. Она сразу предложила мне начать "вживую" общаться

«НЕ БУДЬ ЗФМШ, МОЯ ЖИЗНЬ БЫЛА БЫ СЕРОЙ И НЕИНТЕРЕСНОЙ»

Михаил Лиз, студент 1 курса ММФ (из выступления 23 октября в ЗФМШ)

«Я учился в новосибирской школе со специализацией по истории, там программа по математике была очень простой, мне было на уроках неинтересно. О том, что в нашем городе есть физико-математическая школа, в которую можно поступить и там учиться, я даже и не знал. А про НГУ у нас говорили, что поступить туда почти невозможно.

Про заочную школу мне рассказала мама. У нас была группа "коллективный ученик", где учитель разбирал с ребятами присылаемый из ЗФМШ учебный материал математического отделения, но я не стал ходить в этот кружок и решал задачи самостоятельно. Сначала я учился в этой заочной школе, по результатам второго года меня пригласили в Летнюю ФМШ – и вот только тогда я узнал, что есть такой СУНЦ НГУ, где можно очно учиться. Два года учебы в СУНЦ дали мощную подготовку и помогли мне преодолеть вступительные экзамены в НГУ, так что теперь я учусь на мехмате. А не будь ЗФМШ, моя сегодняшняя жизнь, наверное, была бы серой и неинтересной»

с любознательными ребятами, которые приезжали в университет по воскресеньям из разных мест, в том числе таких удаленных, как Черепаново и Мошково. В школе они старались получить знания сверх школьной программы, которые могли бы помочь им подготовиться к поступлению в вуз. В класс набиралось более сорока человек! Вольность была почти неограниченная, а программы лекций мы разрабатывали сами. За основу я взял методички Заочной школы, дополнив их своими задачами по темам, при решении которых многие школьники традиционно испытывают затруднения.

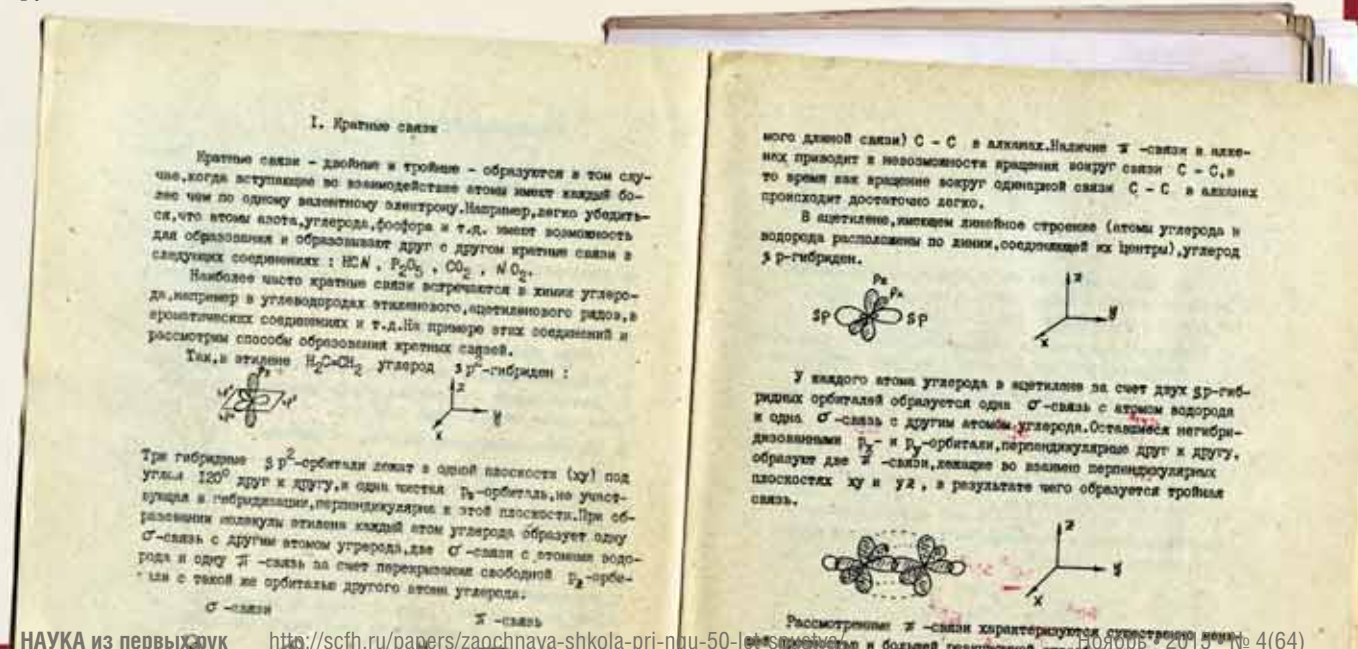
Позже я стал участвовать в организации Всесоюзных олимпиад школьников и Воскресную школу пришлось оставить, на смену пришли более молодые – выпускники и студенты НГУ. Однако на олимпиады любого уровня я всегда брал с собой брошюры Заочной школы, чтобы рассказать приехавшим ребятам и учителям об этой замечательной школе – ведь для многих это был единственный шанс получить информацию "из первых рук".

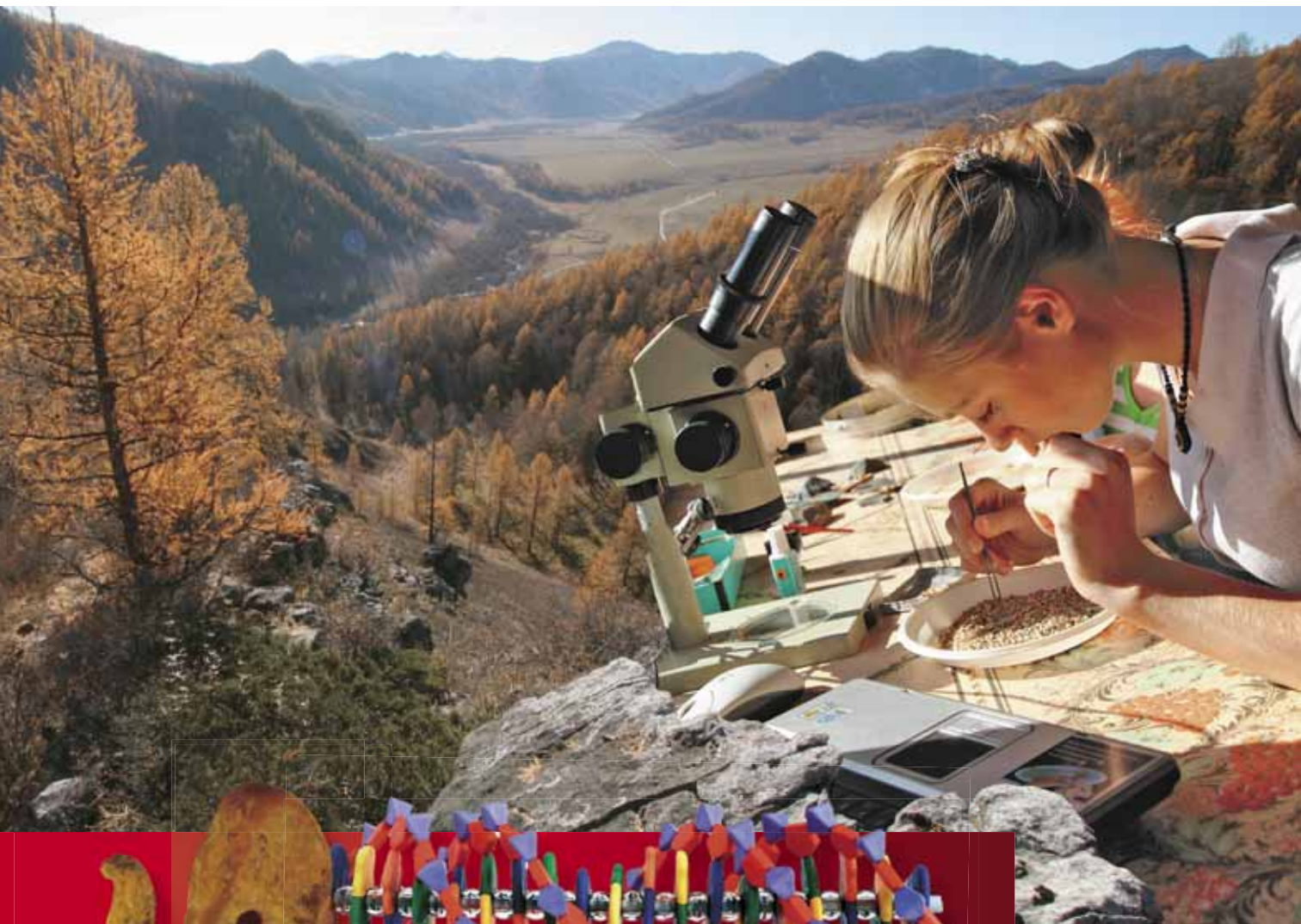


Михаил Лиз, выпускник ЗФМШ

Что касается ЗФМШ, то, меняясь, пережив и хорошие, и плохие времена, она превратилась в одну из лучших отечественных заочных школ. Стабильно работающая, она очень нужна и СУНЦ НГУ, и самому Новосибирскому университету, а главное – талантливым ребятам, которые по-настоящему стремятся к знаниям

В публикации использованы фото заданий из архива Заочной школы





На оси ВРЕМЕНИ

22–26 июня 2015 г. в новосибирском Академгородке прошел международный симпозиум «Мультидисциплинарные методы в археологии: новейшие итоги и перспективы», организаторами которого стали Институт археологии и этнографии СО РАН, Евразийское отделение Германского археологического института и Новосибирский государственный университет. В работе археологического форума приняли участие ученые из десяти стран – Австрии, Германии, Казахстана, Китая, Польши, Республики Корея, США, России, Франции и Швейцарии, представляющие научно-исследовательские учреждения, университеты и музеи

Ключевые слова: археология, симпозиум, мультидисциплинарные методы, эволюция, радиоуглеродное датирование, палеогенетика.
Key words: archaeology, symposium, multidisciplinary methods, evolution, radiocarbon dating, paleogenetics

Международный симпозиум «Мультидисциплинарные методы в археологии: новейшие итоги и перспективы» стал третьим по счету: первый состоялся в 2011 г. на Денисовой пещере на Горном Алтае, родине всемирно знаменитого «денисовского человека». На фото – участники симпозиума около конференц-зала пансионата «Былина» (г. Бердск, Новосибирская обл.), 22 июня 2015 г.

Тема симпозиума – междисциплинарные исследования – отражает одну из самых актуальных тенденций развития науки, которая ярко проявляется и в современной археологии. Сегодня исследователь «вооружен» не только лопатой, кисточкой и острым глазом, но и широким спектром естественно-научных методов, благодаря чему археология из науки «описательной» превращается в науку точную. Объективная информация, полученная в рамках такого подхода, позволяет по-новому интерпретировать уже известные археологические феномены и получать принципиально новые, по-настоящему сенсационные результаты, доказательством чему служат последние открытия в области происхождения и эволюции человека.

И в этом смысле место, выбранное для проведения очередного симпозиума, вполне символично, ведь именно междисциплинарность, по мнению ректора

НГУ М.П. Федорука, является главным преимуществом Новосибирского Академгородка, где все научно-исследовательские учреждения находятся буквально в «шаговой доступности».

Участники форума, среди которых были не только археологи, но и генетики, геологи и физики, обсудили широкий ряд вопросов, связанных с использованием в археологии современных методов и технологий точных и естественных наук: от проблем радиоуглеродных датировок, использования рентгеновской томографии для анализа антропологического материала и геофизических методов исследования памятников до палеогенетики, методы которой позволяют пролить свет не только на миграционную историю современных народов, но и на сами истоки человечества.

В интервью журналу «НАУКА из первых рук» участники симпозиума поделились своим мнением о сегодняшней ситуации в археологии и перспективах



Академик А. П. Деревянко рассказывает об открытии денисовского человека редакторам журнала «НАУКА из первых рук»

ее дальнейшего развития с учетом все большей интеграции с другими областями научного знания:

А. П. Деревянко, академик РАН, научный руководитель Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск), заведующий кафедрой всеобщей истории ГФ НГУ:

«Что значило для нас открытие денисовца – нового члена семейства гоминидов? Долгое время мы были уверены, что популяция, которая заселяла Южную Сибирь и создала самую раннюю в Европе пластинчатую каменную индустрию, относилась к человеку современного физического типа. И когда выяснилось, что речь идет о неизвестном подвиде, стало очевидно, что процесс формирования современного человека был гораздо более сложным, чем это представлялось ранее. Гипотеза «линейной» эволюции человечества, которая доминировала в науке до конца 1980-х гг., с получением данных секвенирования сначала митохондриальной, а потом и ядерной ДНК, рассыпалась.

Надо сказать, что и ранее имелись основанные на археологическом и антропологическом материале сомнения в этой гипотезе, как и в «гипотезе Евы» или моноцентрической гипотезе происхождения человека, в которой единственным центром его формирования была признана Африка. Этим гипотезам противоречило много фактов, например, тот, что в Восточной и Юго-Восточной Азии и в Австралии,

а также на транзитной территории между Африкой и Австралией отсутствует ярко выраженный африканский археологический и генетический «компонент».

Секвенирование сначала митохондриального, а затем ядерного генома денисовца и выделение нового подвида человека совпало с генетической «реабилитацией» неандертальца, который ранее был вычеркнут из родословной человечества. Сейчас же его вклад в население Евразии стал непреложным фактом. Огромный антропологический материал из Восточной и Юго-Восточной Азии также определенно свидетельствуют, что и гоминиды из этого региона принимали участие в формировании человека современного физического типа. К сожалению, из-за особенностей климата практически весь ископаемый материал с этих территорий не пригоден для палеогенетического анализа, тем не менее очевидно, что здесь шло самостоятельное конвергентное развитие материальной и духовной «аборигенной» культуры.

Что касается небольшой, на первый взгляд, доли генов всех этих подвидов человека в генофонде современного человечества (например, до 5–6% генома денисовцев

у народов Юго-Восточной Азии), то ведь речь идет о временной разнице в 50 тыс. лет! А судя по работам современных палеогенетиков, таких как Й. Краузе и его коллег, геномы могут очень быстро и разительно видоизменяться в результате массовых миграционных процессов и метисации населения. И в этом смысле не важен сам процент – важно то, что он вообще есть! Это означает, что шел процесс гибридизации, и что те же денисовцы, безусловно, приняли непосредственное участие в формировании человека современного физического типа.

Таким образом, мы сегодня можем выдвинуть гипотезу, согласно которой современный *homo sapiens* не просто «вышел из Африки», но сформировался в течение последнего миллиона лет на «эректусной» основе в четырех основных регионах планеты. Самое же удивительное то, что в ядерном геноме денисовского человека удалось обнаружить небольшую (2–3%) долю, принадлежащую неизвестному, еще более древнему гоминиду. Где жил этот незнакомец – на Алтае, в Китае, или еще где-нибудь? Судя по последним сенсационным находкам, от нашего денисовца до «хоббита» с о. Флорес, обнаружение этого неизвестного нового родственника человека вполне вероятно.

Исследования нашего института на Алтае сейчас в основном сосредоточены на Денисовой пещере и наиболее раннем местонахождении – Караме. К сожалению, пока не хватает сил и возможностей вести полевые исследования на других археологических объектах, которые имеют «материальные» и культурные связи с Денисовой пещерой, ведь наши сотрудники ведут исследования и в других перспективных регионах, таких как Монголия и Узбекистан. Ведь находить желаемое лишь тот, кто его ищет...»



М. В. Шуньков, д. и. н., директор Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск), доцент кафедры археологии и этнографии ГФ НГУ:

«Цель нашего симпозиума – это получение нового фундаментального знания, которое в современной науке возникает только на стыке наук, именно в междисциплинарных исследованиях. И когда мы опираемся на комплекс данных, это воспринимается научной общественностью как неоспоримый факт.

Так, даже самые новейшие археологические методики сами по себе не дали бы нам возможность правильно оценить результаты, полученные на Денисовой пещере. Ведь когда при изучении слоев, соответствующих переходу к верхнему палеолиту, мы нашли уникальные изделия и украшения из камня и кости, то были абсолютно уверены, что их творцом был *homo sapiens*, поскольку неандертальцы, признанные в то время туниковой ветвью человечества, не могли изготавливать подобное. Однако гипотезе «пришельцев» из Африки противоречил ряд полученных нами археологических данных, свидетельствующих, что эта культура верхнего палеолита на протяжении тысячелетий постепенно развивалась на местной основе. И когда благодаря палеогенетическим исследованиям выяснилось, что



Директор и научный руководитель ИАЭТ СО РАН – д. и. н. М. В. Шуньков и академик А. П. Деревянко. Михаил Васильевич рассказал, как благодаря палеогенетическим исследованиям удалось опровергнуть гипотезу о том, что *homo sapiens* «вышел из Африки»



Специалисты в молодой и перспективной междисциплинарной области – палеогенетике А. С. Пилипенко (ИЦИГ СО РАН) и Й. Краузе (Институт эволюционной антропологии Общества Макса Планка, Германия)

археологии и этнографии СО РАН, пока базируются на исследовании именно митохондриальной ДНК с прицелом на то, что в будущем самые интересные образцы будут подвергнуты более масштабному генетическому исследованию. Надо сказать, что, хотя эта часть генома является относительно небольшой и наследуется лишь по материнской линии, ее анализ позволяет “малой кровью” отслеживать целый ряд важных параметров. В том числе на этом уровне можно уловить маркеры интенсивной миграционной активности, так как заметные “сдвиги” в структуре митохондриальной ДНК будут означать, что в миграцию была вовлечена вся популяция целиком, в том числе и ее более “консервативный” элемент – женщины, а не только, к примеру, одни воины-мужчины.

“Противоположным” примером, вероятно, может стать широко известное “андроновское население”, распространение которого по Западной Сибири прекрасно задокументировано, благодаря археологическим и антропологическим свидетельствам. В данном случае на основе митохондриальной ДНК нам не удалось выявить явных миграционных маркеров, однако первые данные по исследованию ядерного генома, а именно “мужской” Y-хромосомы, дают основания считать, что в данном случае в брачные связи массово вовлекалось лишь пришлое мужское население и местный женский “контингент”. Этот пример показывает, что сочетание анализа митохондриальной ДНК и ядерного генома (причем даже не полного, а его наиболее информативных участков) дает возможность понять ход реальных популяционных процессов. В том числе с использованием Y-хромосомы мы можем описать ход территориальной экспансии и смешивания населения, при этом не затрачивая усилий на полный анализ ядерного генома.

Что касается последнего, то сейчас в ИЦИГе имеется все необходимое оборудование и реальная возможность проведения подобных исследований, не считая примерно трехкратного увеличения стоимости необходимых реактивов в результате роста курса доллара, санкций и т.п. Что касается “научной” составляющей, то с появлением современных методов и инструментов секвенирования лет десять назад мы не ждем здесь каких-то серьезных подвижек. Имеющиеся на сегодня методики позволяют практически “не замечать” деградированное состояние “древней” ДНК. Более того: установление признаков биохимической деградации такой ДНК является своего рода “сертификатом” ее подлинности и позволяет уверенно отличить ее от более “молодого” ДНК-загрязнения.

Основные проблемы современной палеогенетики в другом. В этих исследованиях, как и в любой науке, той же археологии, все начинается “с чистого листа”. Так, археолог при исследовании новой культуры открывает сначала три памятника, и разрабатывает их классификацию. А потом, спустя тридцать лет работы и накопив огромный массив данных, может сделать совершенно другие выводы и создать новую классификацию. Но тем не менее тот, первый этап был и неизбежен, и необходим. В этом смысле палеогенетика сейчас находится где-то в начале второго этапа – на первом были расшифрованы геномы современных организмов и выделены основные генетические блоки.

Огромным плюсом является наличие больших массивов археологических и антропологических данных, накопленных за предыдущие десятилетия и столетия, на которые мы можем сегодня опереться. Минусом является проблема, характерная для генетики в целом, – трудность в выделении четких генетических маркеров, связанных с определен-



ными фенотипическими характеристиками. К сожалению, генетики до сих пор не слишком продвинулись в понимании генетического кодирования признаков, особенно сложных – за последние десять лет набор генов, которые мы можем использовать в палеогенетических исследованиях, практически не расширился, и даже в случае определения цвета волос, кожи и глаз древних людей мы можем говорить лишь о вероятности. Если бы в нашем распоряжении имелась полная информация о том, что в геноме что кодирует, то необходимость в достаточно затратном полном секвенировании древних геномов отпала бы, особенно в тех случаях, когда речь идет не о сотнях тысяч лет.

Ведь палеогенетики в принципе делают то же, что и генетики на современных популяциях человека, только у наших образцов есть четкая геохронологическая привязка – так появляется новая «ось времени». Раньше эту ось пытались «раскрутить в прошлое» гипотетически, создавая модели возможных процессов, которые привели к современному человечеству. Теперь у нас появилась реальная возможность проверить эти гипотезы».

Н. В. Полосьмак, чл.-кор. РАН, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск):

«Результаты междисциплинарных исследований археологических находок позволяют решить многие, казалось бы, неразрешимые задачи. Так, исследователей часто вводит в заблуждение метод аналогий, важный и широко применяемый в археологии: уже неоднократно отмечалось, что



Член-корреспондент Н. В. Полосьмак и академик В. И. Молодин (ИАЭТ СО РАН, Новосибирск). Наталья Викторовна рассказала редакторам журнала «НАУКА из первых рук» о необходимости мультидисциплинарного подхода в археологии: «чтобы изучить одну находку, требуются усилия разных современных наук»

речь идет о совершенно другой популяции людей, то для всего мира это стало сенсацией, а нам позволило разрешить накопившиеся противоречия в данных.

Хронологические данные, полученные с помощью радиоуглеродного датирования толщи культурных отложений в одной из самых авторитетных лабораторий радиоуглеродного анализа, в Оксфордском университете, подтверждают, что в Горном Алтае мы нашли самое древнее палеолитическое местонахождение, известное на сегодня: живший здесь денисовский человек научился изготавливать типично палеолитические изделия и украшения на 15–20 тыс. лет раньше человека современного физического типа, заселившего Европу».

А. С. Пилипенко, к. б. н., научный сотрудник Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск):

«Как известно, хранитель нашей наследственной информации – ДНК, находится не только в ядрах наших клеток, но и в митохондриях, “энергетических” клеточных структурах. И эта ДНК передается в череде поколений только через яйцеклетку, т.е. все наши митохондрии (и их ДНК, соответственно) мы получаем от наших матерей. Использование митохондриальной ДНК – первый и непереносимый этап любого палеогенетического исследования, в том числе и тех, которые предполагают в дальнейшем исследование полного ядерного генома.

Наши этногенетические реконструкции популяций юга Западной Сибири в неолите–позднем средневековье, которые являются результатом совместных работ ученых из Института цитологии и генетики и Института



Академик В. И. Молодин заведует лабораторией мультидисциплинарных исследований первобытного искусства Евразии НГУ. Цель этого совместного российско-французского проекта – исследование археологических находок с помощью методов современных информационных технологий

внешне похожие изделия могут отличаться своим происхождением и временем изготовления. Точно установить историю того или иного артефакта можно зачастую только после идентификации материалов и реконструкции технологических процессов, использованных при его производстве. Междисциплинарный подход чрезвычайно актуален и при изучении погребальных курганов кочевников, богатство которых часто свидетельствует лишь об успешных военных походах, грабежах и торговле, но никак не о собственных достижениях в сфере производства тех или иных предметов роскоши, вооружения или быта.

Но чем бы мы сейчас ни занимались – изучением древних мумий или погребального инвентаря кочевников, мы стараемся использовать практически весь комплекс современных методов естественных и точ-

ных наук. Это стремление в первую очередь связано со сложностью и неоднозначностью изучаемых объектов, ведь “древность” и “примитивность” – понятия не тождественные.

Мы постоянно сотрудничаем почти со всеми институтами Сибирского отделения: Центральным сибирским ботаническим садом, Институтом цитологии и генетики, Международным томографическим центром, Новосибирским институтом органической химии, Институтом ядерной физики, Институтом нефтегазовой геологии и геофизики и другими.

Для исследований вещей, веществ, останков человека используются самые современные методы и подходы. В этом парадоксальность междисциплинарных исследований в археологии: чтобы изучить одну вещь, требуются усилия разных современных наук. Только непосредственное и глубокое соприкосновение с древней вещью, которое происходит в процессе ее междисциплинарного изучения, позволяет увидеть культуру давно ушедшей эпохи такой, какой она была, – культурой непревзойденного мастерства, опыта и знаний обо всей природе в целом.

Мы часто сосредоточены лишь на том, что называется политической и социальной историей. На том, с кем воевали, как передвигались и расселялись племена и народы, кто побеждал, а кто был побежден, забывая, что все это время – века и столетия – внутри общества шла незаметная, не зафиксированная в письменных источниках работа, которая и оставила нам Цивилизацию как таковую. Непревзойденные мастера творили мир человеческой культуры. Те глубокие тайны, которые были известны древним людям и составляют предмет междисциплинарного исследования.

История человека разумного все более «удревняется», и достижения культуры уходят все глубже в темное прошлое, где теряются их истоки. Все, что мы можем, – фиксировать и изучать всеми доступными нам способами результаты человеческой деятельности и мечтать о том, что когда-нибудь нам откроется большее...».

В. И. Молодин, академик РАН, зам. директора Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск), профессор кафедры археологии и этнографии НГУ:

«Хочу отметить, что одним из организаторов археологического симпозиума, посвященного комплексным исследованиям в археологии, стал Новосибирский государственный университет, где, кстати, недавно в рамках совместного проекта с французским Национальным центром научных исследований была создана зеркальная лаборатория “Мультидисциплинарные исследования первобытного искусства Евразии”. Предполагается, что с использованием самых современных информационных технологий здесь будут создаваться 3D модели уникальных археологических объектов, потенциальные



экспонаты виртуальных музеев. В соответствии с планом работ на Алтай уже отправляется первая экспедиция для изучения наскальных рисунков.

Все эти работы ведутся в русле традиций, заложенных еще основателями ННЦ. Напомню, что инициатором создания гуманитарного факультета НГУ был наш великий археолог, историк и этнограф, академик А. П. Окладников, основатель ИАЭТ СО РАН. Как и весь университет, ГФ всегда был теснейшим образом интегрирован в систему науки. Большая часть его преподавательского состава – это научные сотрудники институтов, а лекции читают профессионалы самого высокого класса. Что касается археологии, то первым руководителем кафедры был сам Окладников, уделявший ей самое пристальное внимание, затем ее возглавил академик А. П. Деревянко.

В НГУ существует и уникальная для нашей страны система обязательных полевых практик, а для тех, кто специализируется на археологии, предусмотрены целевые экспедиции, где студенты на собственном опыте знакомятся со всей «полевой кухней». Это очень важно, ведь археология – это только по книжкам романтическая специальность, а в реальности помимо песен у костра есть еще и огромный труд, физический

Приветственную речь перед участниками симпозиума произнес профессор С. Хансен, известный специалист по раннему бронзовому веку и директор Евразийского отделения Германского археологического института (Берлин)

в том числе. А еще – мошка, комары, пауты – все это тоже “полевая романтика”. Тем не менее ребята – грамотные, эрудированные, начитанные – идут в археологию. И в этом смысле в будущем нашей науки я лично проблем не вижу, ведь она постоянно подпитывается талантливой молодежью».

Открытие денисовского человека, два года входившее в список мировых научных прорывов по версии журнала *Science*, стало еще одним убедительным свидетельством эффективности комплексного мультидисциплинарного подхода в применении к археологическим и историческим феноменам. И у студентов НГУ есть уникальная возможность знакомиться с новыми методами научного поиска не только в лекционных аудиториях, но и в ходе «живых» научных и экспедиционных работах.

Открытий хватит на всех, ведь по словам Бернарда Шоу, «наука никогда не решает проблемы, не создавая десять новых».

В публикации использованы фото С. Зеленского

Курганы БОЛЬШОЙ степи

как АРХИТЕКТУРНЫЕ сооружения

Степи Евразии, протянувшиеся широким поясом от центрально-азиатского плато Ордос на востоке континента до Дуная на западе, на протяжении всей человеческой истории были населены многочисленными племенами и народами. Яркие и часто единственные свидетельства их самобытной и выразительной культуры, дошедшие до наших дней, – погребальные комплексы, или, как их обычно называют, курганы. Расположенные большими или малыми группами, они являются самыми многочисленными археологическими памятниками на континенте и за прошедшие тысячелетия превратились в неотъемлемую часть степного ландшафта. Однако за последние два столетия множество этих уникальных погребальных архитектурных сооружений было безвозвратно утрачено

Карта степного пояса Евразии

Золотые изделия из кургана Аржан 2: навершие головного убора мужчины из «царской» могилы и золотая гривна, принадлежавшая мужчине из «царской» могилы, покрытая рельефными изображениями коней, оленей, верблюдов, козлов, кошачьих хищников

Справа вверху: курган Аржан 2 (Тува)

Ключевые слова: степи Евразии, курганы, методики раскопок, Байкара, Аржан, Барсучий Лог, золото, находки.

Key words: Eurasian steppes, mounds, tumulus, excavation methods, Baikara, Arzhan, Barsuchy Log, gold, finds



Анатолий НАГЛЕР – доктор наук, сотрудник Евроазиатского отдела Германского археологического института (Берлин). Автор и соавтор 120 научных работ и одного патента



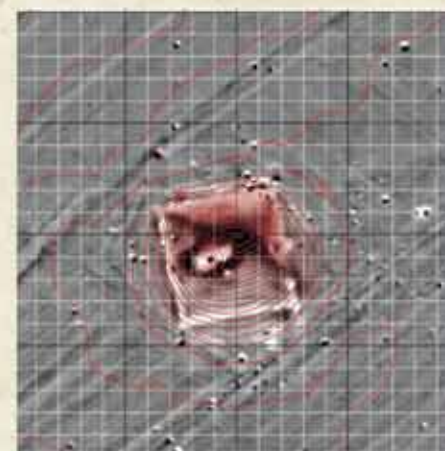
Число курганов в регионах евразийской степи может, по-видимому, исчисляться многими тысячами. Вот как описывает эти памятники прошлого в степях Среднего Енисея в начале XX в. немецкий археолог Г. фон Мерхарт, один из первооткрывателей археологических сокровищ «великой степи»: «...один, второй, затем их длинный ряд, еще одно поле усеянное, покрытое черными градинами... потом еще одно... еще и еще могилы, новое поле, могильник за могильником на протяжении многих километров...» (Merhart, 1926). И подобная картина была свойственна всей Большой степи, как европейской, так и азиатской ее части.

После включения в состав Российского государства все эти территории были вовлечены в активную хозяйственную деятельность, в ходе которой шло разрушение курганных памятников. Ко второй половине прошлого

*Вверху: большой курган Байкара (Северный Казахстан).
Внизу: золотая бляшка в форме хищной птицы и каменные грузила для сети, найденные на краю могильной ямы скифского времени.
Курган Байкара (Северный Казахстан)*

века этот процесс принял огромные масштабы: десятки тысяч курганов были снесены, сровнены с землей и распаханы. В Сибири, Казахстане, на Северном Кавказе, Украине, в Молдавии и других регионах разрушение курганов шло при так называемом освоении целинных земель или во время гигантских мелиоративныхстроек. Повсеместно сносились курганы и при строительстве больших и малых водохранилищ, дорог и т. п.

Безусловно, попытки по спасению степных курганов предпринимались, и неоднократно. Благодаря самоот-



Большой курган Барсучий Лог (Средний Енисей). Внешний вид, результаты геофизической разведки и трехмерная модель кургана

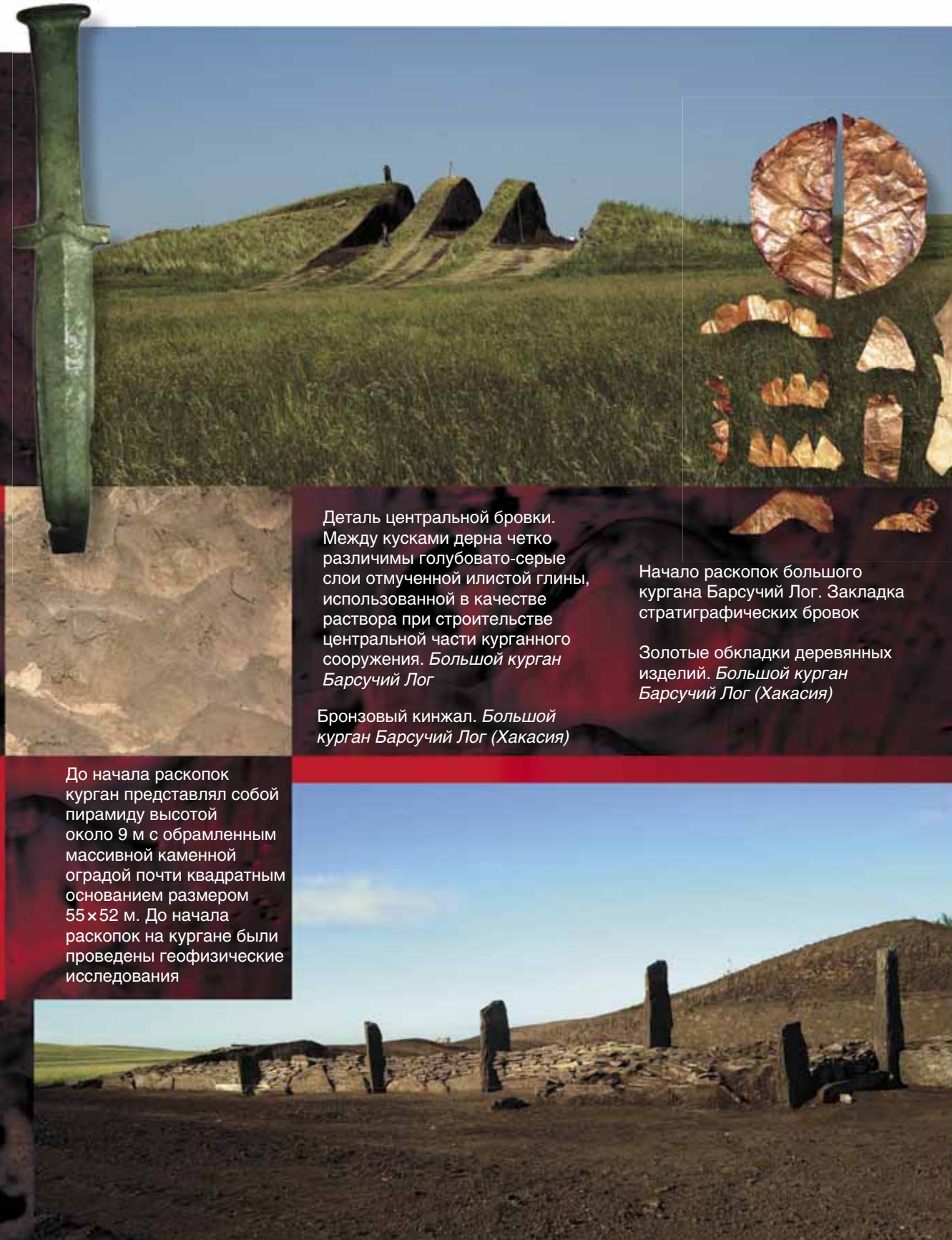
верженным усилиям археологов удалось предотвратить уничтожение большого числа этих бесценных свидетельств человеческой культуры, в том числе ярких, выразительных курганных комплексов, находки из которых стали гордостью многих музеев. Но все-таки нужно честно признать, что масштабы спасенного и навсегда утраченного, к сожалению, несопоставимы.

Кроме того, на протяжении столетий курганы, особенно большие, интенсивно грабились. Такое происходит, к сожалению, и в настоящее время, причем в больших масштабах. Наконец, курганы как археологические памятники немало «пострадали» и в результате раскопок, проводимых в научных целях, особенно на заре их изучения.

Курган – не просто насыпь

Первое научное исследование курганов связано с именем Д. Г. Мессершмидта, известного немецкого ученого на русской службе, который в 1722 г. во время экспедиции в Сибирь раскопал несколько курганов в Минусинской котловине. За прошедшие с тех пор три века археологи раскопали в степях Евразии множество курганов, артефакты, обнаруженные в них, стали основным, а часто и единственным фактическим материалом для изучения различных исторических эпох.

Наиболее богатые захоронения – с сотнями, а иногда и тысячами изделий из драгоценных металлов, – обнаружены в курганах кочевников раннего железного века, основная часть которых была раскопана в XIX–XX вв. К сожалению, документация ранних раскопок (в том случае, если она вообще имела место) оставляла желать лучшего. Методы археологов того времени практически ничем не отличались от грабительских, а их главной целью была находка дорогих,



Деталь центральной бровки. Между кусками дерна четко различимы голубовато-серые слои отмученной илистой глины, использованной в качестве раствора при строительстве центральной части курганного сооружения. *Большой курган Барсучий Лог*

Бронзовый кинжал. *Большой курган Барсучий Лог (Хакасия)*

Начало раскопок большого кургана Барсучий Лог. Закладка стратиграфических бровок

Золотые обкладки деревянных изделий. *Большой курган Барсучий Лог (Хакасия)*

До начала раскопок курган представлял собой пирамиду высотой около 9 м с обрамленным массивной каменной оградой почти квадратным основанием размером 55 × 52 м. До начала раскопок на кургане были проведены геофизические исследования

эффектных вещей, при этом «рядовой» материал часто просто выбрасывался. И до сих пор в научный оборот введена лишь малая часть находок из многих раскопанных курганов, даже самых известных.

С середины XX в. методики полевых работ становятся более совершенными, исследователи начинают более тщательно фиксировать и так называемые «курганские насыпи». Накопление новых данных привело к качественному скачку в понимании сути и роли курганских памятников. Так, российский историк и археолог М. П. Грязнов сформулировал (1961) идею, что курган – это не просто насыпь, а утратившее свой первоначальный облик древнее архитектурное сооружение, оплывшее и принявшее форму округлого холма. Однако эта очень перспективная идея была поддержана лишь немногими исследователями, которые пришли к пониманию кургана как целостного археологического объекта, включающего не только могильный инвентарь и устройство могил, но и конструкцию самого курганного сооружения.

К сожалению, несмотря на все эти передовые идеи, представление о кургане как о некоей «досыпке» над могилой продолжает господствовать в археологии по сей день. И в наши дни при раскопках курганов Евразии курганной «насыпи» не уделяется должного внимания: исследователи продолжают интересоваться лишь находки из погребений. Конечно, это обстоятельство в первую очередь связано с тем, что подавляющее большинство таких раскопок являются «спасательными». Соответственно, проводятся они обычно в спешке, поэтому очень много важной информации, в том числе относящейся к курганному сооружению, не документируется должным образом. Так были раскопаны, к примеру, курган Иссык в Южном Казахстане и Толстая Могила на Украине, где не была даже исследована территория, непосредственно прилегающая к кургану. Поэтому неудивительно, что наши знания об архитектуре курганов и ее региональных особенностях пока остаются весьма и весьма ограниченными.

К счастью, в последние годы ситуация начинает меняться, и прежде всего в Центрально-Азиатском регионе, где в последние годы совместными усилиями российских, казахстанских и германских специалистов были исследованы несколько больших курганов раннего железного века (Байкара, Аржан 2, Барсучий Лог и др.), а также на Северном Кавказе, где сейчас ведутся раскопки большого кургана Марфа эпохи бронзы. Такие большие курганы (обычно называемые элитными, или «царскими») дают максимум разнообразной научной информации, так как являются не только погребениями знати, но и местом проведения сложных, порой драматических погребальных и поминальных обрядов, следы которых можно обнаружить на этих памятниках.

Такие совместные исследования сегодня ведутся с использованием мультидисциплинарного подхода: в полевых работах принимают участие не только археологи, но и геофизики, почвоведы, палеоботаники, палеозоологи, антропологи и генетики, а также представители других наук. В результате объем и качество научной информации, получаемой при раскопке курганов, неизмеримо возрастает.

«Пирамиды» из дерна

Одним из первых больших курганов, при изучении которого наиболее полно использовались возможности современной науки, а само курганное сооружение было детально изучено в ходе раскопок, стал большой курган Байкара в Северном Казахстане. Это действительно один из самых крупных курганов северо-казахстанской лесостепи: его диаметр на начало раскопок достигал 85 м, а высота – 7 м.

Построенный в V в. до н.э., большой курган Байкара оказался сложным архитектурным сооружением, для создания которого использовались различные строительные материалы (камень, дерево, глина), но в первую очередь – пласты дерна. Так строились курганы по всей степи, в том числе большие курганы Украины, Северного Кавказа, Филипповские курганы на Южном Урале и др. Размеры кургана, сложность и тщательность его конструкций свидетельствуют, что его строительство потребовало не только огромных затрат материалов и труда, но и продуманного планирования и руководства строительством, за которыми стояли традиции и большой опыт возведения подобных сооружений.

Большой курган Барсучий Лог в Минусинской котловине (Средний Енисей), построенный примерно в то же время, что и Байкара, внешне значительно от него отличается. До раскопок Барсучий Лог представлял собой пирамиду с прямоугольной каменной оградой (эта местная архитектурная традиция характерна только для Среднего Енисея), а круглый, с каменным панцирем Байкара был окружен рвом. Но оба они были построены из кусков дерна по общей древней традиции: три крутых и один пологий склоны, плоская вершина. Курганы раскапывались по одной методике: параллельными разрезами, с сохранением семи стратиграфических бровок, что позволило детально проследить всю конструкцию сооружения, а также выявить на его площади следы ритуальных действий, сопровождавших каждый из четырех этапов его строительства.

Внутреннее ядро кургана Барсучий Лог, представлявшее собой прямоугольную платформу, было сложено с применением раствора из хорошо промятой голубовато-серой глины с большим количеством речного ила. В курганах раннего железного века Евразии подобную



технологии удалось зафиксировать впервые, и этот факт заставляет по-новому оценить уровень развития строительного дела у ранних кочевников.

Сходство в конструкции этих двух курганов явно свидетельствует о сходных религиозных воззрениях, традициях и общем культурном «багаже» их строителей. Истоки этого сходства следует искать в Центральной Азии, где и были изучены древнейшие из ныне известных сакских курганных памятников – Чиликты (Восточный Казахстан) и Аржан (Тува).

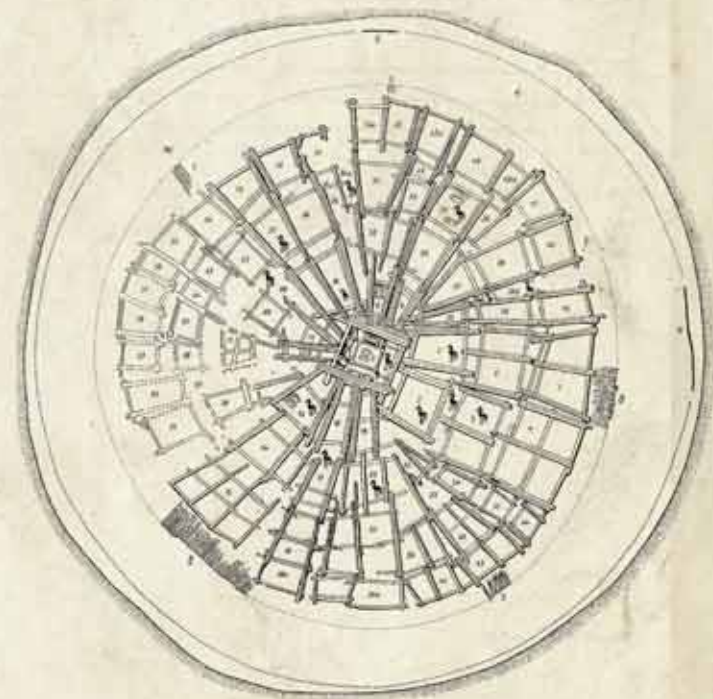
Тризна у подножия

В бассейне Енисея, в долине р. Уюк расположен грандиозный курганный некрополь, в который входит цепь из четырех больших круглых каменных платформ. Самая западная из них – курган Аржан, самый древний памятник сакско-скифского времени, датируемый концом IX – началом VIII вв. до н. э. Раскопки 1970-х гг. показали, что этот курган диаметром около 120 м и высотой до 4 м представлял собой сложную деревянную конструкцию из радиально расположенных погребальных камер, перекрытую массивной кладкой из каменных плит, где находились человеческие и конские захоронения.

Курган Аржан в Туве – самый древний из известных на сегодня курганных памятников сакско-скифского времени, датируемый концом IX – началом VIII вв. до н. э.

Золотая гривна, принадлежавшая мужчине из «царской» могилы (курган Аржан 2, Тува), покрытая рельефными изображениями коней, оленей, верблюдов, козлов, кошачьих хищников.

Слева: план комплекса



Периферия кургана Аржан 2. Одно из ритуальных каменных колец с остатками сожженных животных. В качестве одного из камней использован олений камень

Деревянный ковш с золотой ручкой. Ручка покрыта чешуйчатым орнаментом, конец ручки изготовлен в виде копыта. Курган Аржан 2 (Тува)

Периферия кургана Аржан 2. Место многократных тризн в южной части комплекса



Мужской кинжал из «царской» могилы, инкрустированный изображениями тигров, козлов и стилизованных голов хищной птицы. Курган Аржан 2 (Тува).
Золотая подвеска в виде котла из царской могилы. Вся ее поверхность покрыта рельефным орнаментом из изображений животных. Курган Аржан 2 (Тува)



Курган Аржан 2 – крайняя с востока каменная платформа диаметром до 80 м и высотой до 2 м, был раскопан совместной экспедицией Германского археологического Института (Берлин) и Государственного Эрмитажа (Санкт-Петербург) при активном участии специалистов Института археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск). До начала раскопок на этом кургане были проведены геодезические и геофизические работы, показавшие, что платформа является центральной частью сложного комплекса.

Сама платформа была построена из плит песчаника в четыре этажа и укреплена по краям массивным каменным валом. В центральной могиле находилось парное захоронение представителей высшей кочевой знати, а также большое число так называемых сопроводительных могил – мужских, женских и детских. Часть таких могил с большим количеством инвентаря, в том числе оружия и золотых украшений, находилась под каменным валом, что свидетельствует, что эти люди были захоронены там еще до строительства платформы. Очевидно, большая часть погребенных там еще до строительства платформы. Кроме того, в кургане были погребены 14 коней, а также клады с вооружением и конским снаряжением.

С трех сторон платформу окружали многочисленные каменные кольца разного размера, внутри которых было обнаружено много кусочков древесного угля и пепла, оплавленные металлические детали конской сбруи, а также фрагменты сожженных костей лошадей и крупного и мелкого рогатого скота (подобные каменные кольцевые конструкции были ранее обнаружены на кургане Аржан). Интересно, что само сожжение происходило в другом месте, а в каменные кольца были помещены лишь несгоревшие остатки. С южной стороны комплекс ограничивался невысокими округлыми каменными постройками. Судя по большому количеству найденных фрагментов костей крупного и мелкого рогатого скота, они неоднократно служили для проведения тризны, заключительного этапа погребального обряда, сопровождаемого поминальным пиршеством. Все эти находки



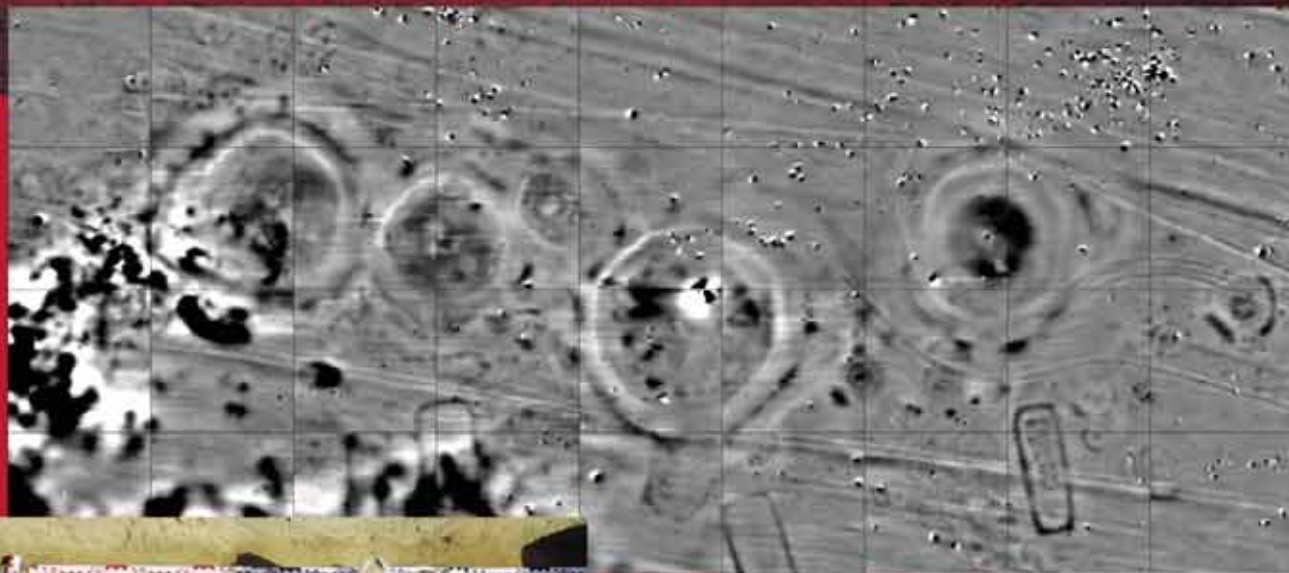
Основная могила кургана Аржан 2
Сопроводительные мужское (вверху)
и женское (внизу) погребения.
Курган Аржан 2 (Тува)



свидетельствуют о длительном культовом функционировании комплекса.

Раскопки кургана Аржан 2 окончательно доказали, что его нужно рассматривать как сложный археологический памятник, в состав которого входят не только могилы и построенное над ними сооружение, но и примыкающая к ним территория, содержащая культурные остатки, связанные как со строительством объекта, так и с проводившимися на нем ритуальными действиями. Все эти свидетельства не всегда видны на поверхности, но исключить их присутствие заведомо нельзя, особенно в случае больших курганов.

В этом плане весьма показательна ситуация с Александропольским курганом (Луговая могила) на Украине, первым большим курганом на европейской части степей Евразии, который был полностью раскопан с научной целью в 1852–1856 гг. Исследования его периферии, проведенные лишь в последние годы, выявили



Результаты геофизической разведки курганного могильника Тёрт-Оба (Западный Казахстан). Хорошо видна насыщенная объектами периферия кургана.

Слева: один из ритуальных комплексов периферии курганного могильника Тёрт-Оба



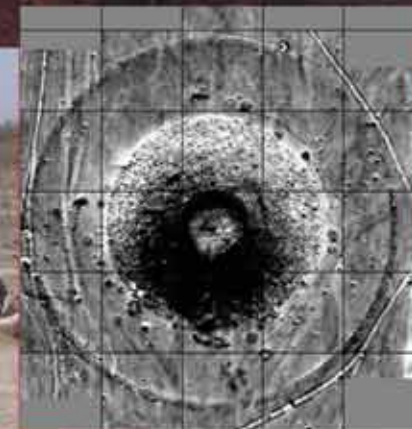
за рвом, окружающим курган, участки с остатками от нескольких тризн. В самом большом из них, охватывающим курган широкой полосой на протяжении около 110 м, были найдены фрагменты около двухсот амфор, бронзовые, железные и золотые изделия, а также 11 могил, погребенные в которых были насильственно умерщвлены.

В 2011 г. благодаря геомагнитной разведке была также обнаружена насыщенная культурными остатками периферия у курганного могильника Тёрт-Оба (Западный Казахстан), которая не имела никаких видимых глазом проявлений. Однако и здесь был обнаружен настоящий жертвенный комплекс с захоронениями коней и людей. В этой связи нельзя не вспомнить и расположенные недалеко от Тёрт-Обы большие курганы у д. Филипповка (Оренбургская обл.), раскопки которых в 2004–2007 гг. дали уникальные находки. Рядом с курганными сооружениями там были найдены фрагменты бронзовых котлов и бронзовые навершия, однако курганная периферия, к сожалению, так и не была исследована.

Колоссы из глины

Одним из важнейших культурных центров ранних кочевников являлось Семиречье (Южный Казахстан), о чем свидетельствует большое число обнаруженных там курганных некрополей. Уже при первом осмотре становится ясно, что эти курганы в свое время имели насыщенную «архитектурными» конструкциями периферию, которая, к сожалению, в большинстве случаев была разрушена в результате хозяйственной деятельности.

Одним из исключений стал могильник Жоан Тобе, основной курган которого имеет высоту 11 м и диаметр 113 м. Геофизические исследования выявили вокруг кургана большое количество каменных округлых сооружений, под которыми потом были обнаружены могилы. Вся эта прикурганная территория была окружена мощеной камнем дорогой, построенной, скорее всего, в ритуальных целях. Подобная конструкция в курганах раннего железного века Евразии ранее не встречалась. Более того, это вообще первое свидетельство наличия



Результаты геофизической разведки центрального кургана могильника Жоан Тобе. Края сооружения окружены могилами, весь ареал – кольцевой мощеной дорогой.

Курган 8 (Аксуат) сформирован из плотной утрамбованной глины, облицованной каменным панцирем. Так же построено надмогильное сооружение

в среднеазиатском регионе в столь раннее время (V в. до н. э.) техники дорожного строительства. Техники достаточно высокоразвитой: трасса дороги была сначала выровнена, утрамбована и вымощена средней величины камнями, на которые позже был нанесен и утрамбован слой глины, перемешанной с мелким щебнем. Аналогов такого высокоразвитого строительного уровня пока не известно. Трудно представить, что столь развитая техника применялась только для строительства риту-

альных комплексов, но это уже другая тема, требующая специальных исследований.

В Семиречье свои особенности имела не только курганная периферия. Сами курганы строились не из дерева, а из плотной утрамбованной глины. Затем их поверхность тщательно обмазывалась жидкой глиной, на которую «наклеивался» каменный панцирь, облицовавший все сооружение. Так же строилась и внутренняя, еще более плотная надмогильная конструкция.

С подобной строительной техникой мы столкнулись и при раскопках курганов гунно-сарматского времени в Аксуате (Восточный Казахстан), где глинобитные курганные сооружения известны уже для



Курган 8 (Аксуат). Деталь центральной бровки с хорошо различимыми слоями глинобитного сооружения. Они наносились последовательно, один за другим. Мокрая мягкая глина укладывалась, трамбовалась, а затем покрывалась слоем смеси глины, песка и мелкого камня



Курган Марфа (Центральное Предкавказье) до раскопок
Глинобитное сооружение кургана Марфа возведено из глиняных блоков
Детали глиняных блоков кургана Марфа

ранескифского времени. Такими же были и раскопанные в Чиликтинской долине курганы, датированные VII в. до н.э.

Глинобитные постройки, а не «насыпи», возводились над могилами уже в эпоху ранней бронзы. Сейчас ведутся совместные российско-германские раскопки большого кургана Марфа (4 тыс. лет до н.э.) в центральном Предкавказье, относящегося к Майкопской культуре. Он также возведен из глиняных блоков, а на периферии кургана обнаружены вымощенными глиняными блоками площадки, на одной из которых находилась сильно поврежденная постройка из глиняных блоков, аналогичных строительным блокам самого кургана.

Совместные российско-германские исследования последних лет значительно расширили и изменили наши представления о курганах. Принципиально новый, мультидисциплинарный подход к их изучению позволил наконец дать точное определение этим археологическим памятникам. Итак, курган является погребально-ритуальным комплексом, состоящим из связанных в единое целое трех частей: захоронений, кладов, жертвенных комплексов; построенных над ними сооружений, порой сложных и монументальных, являющихся памятниками своеобразной архитектуры; территории, прилегающей к сооружению или курганной периферии, где содержатся рвы, поминальные комплексы, могилы, артефакты и культурные остатки, связанные как со строительством комплекса, так и с проводившимися здесь ритуальными действиями.

Новый взгляд на курганы требует от археологов многих изменений в методах их изучения. Участие в исследованиях представителей других наук делает необходимым максимально учитывать специфику их работы во время раскопок: облегчить им отбор проб для лабораторных исследований и т.п. Все это повышает ответственность археологов за проведение полевых работ и, естественно, должно отразиться в их официально принятой методике. Пока же мы располагаем лишь методикой раскопок, принятой московским Институтом археологии РАН в 2011 г., согласно которой основными элементами кургана считают «насыпь; погребенную почву, ... т.е. поверхностный слой земли с растительностью, на который насыпался курган; «материк» – слой земли ниже уровня погребенной почвы». О курганной периферии нет ни слова, не ставится вопрос и о мультидисциплинарных исследованиях. И в этом смысле такая методика подходит лишь для курганов Предкавказья, одного из многих регионов степного пояса Евразии.

ВЗГЛЯДОМ ПОЧВОВОДА

Методы почвоведения сегодня достаточно широко применяются при археологических исследованиях, однако в подавляющем большинстве случаев речь идет о почвах, погребенных под курганными сооружениями или культурными слоями древних поселений. Эти данные обычно используются для реконструкции палеоклиматических условий или выявления антропогенных воздействий на природную среду в далеком прошлом.

Гораздо реже изучается материал, из которого, собственно, сложены сами курганы. При этом в описаниях обычно используются термины «насыпь» и «досыпки», что не предполагает изучения кургана как цельной, специально построенной архитектурной конструкции. В результате на сегодняшний день практически нет работ, нацеленных на изучение конструктивных особенностей материала курганов, формы их изначальных строительных конструкций и т.п.; соответственно, не разработаны методы и подходы для решения подобных задач. Одной из таких пионерных работ можно считать палеопочвенное исследование кургана Марфа в Ставропольском крае, проведенное в 2013—2014 гг. совместно с археологами, когда методические подходы к изучению земляной конструкции кургана приходилось разрабатывать буквально на ходу.

При работе на кургане Марфа археологи использовали нестандартную технологию, при которой поверхность зачищалась вручную с обособлением строительных глиняных блоков. Для почвенного исследования была проведена аналогичная процедура на останце бровки 3 с южной стороны кургана.

Оказалось, что самый верхний сыпучий слой практически не был проработан почвообразованием и был результатом недавнего перемещения материала. Далее шел дерновый, содержащий гумус горизонт, принадлежавший почве, сформированной на поверхности кургана. Горизонтальная зачистка показала, что речь идет об обычной почве крупноблочно-комковатого сложения, характерного для современного целинного чернозема, пронизанной корнями растений, ходами земляных червей и роющих животных. Следующий горизонт, согласно представлениям в почвоведении, должен был представлять собой подгумусовый переходный горизонт современной почвы, со столбчато-комковатыми структурными отдельностями, как и оказалось на самом деле.

Таким образом, первые полевые исследования позволили лишь сделать вывод, что поверхность кургана так

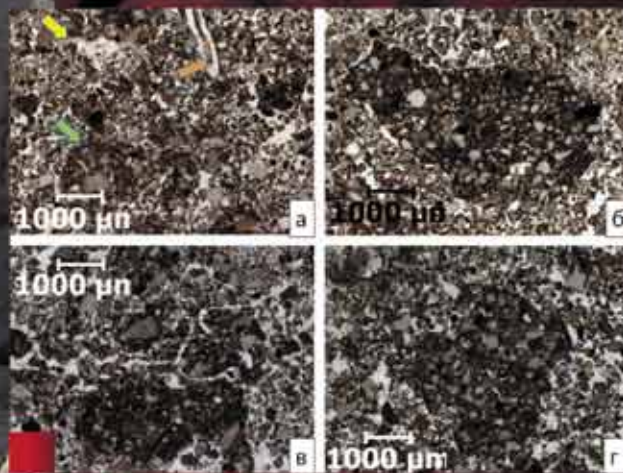


Для работ на кургане Марфа археологи использовали метод горизонтальной зачистки на поверхности. Стрелкой отмечен останец бровки 3 в южном поле кургана

сильно проработана современным почвообразованием, что «на глаз» невозможно определить, помещался ли материал для сооружения кургана в виде специально сформированных блоков либо насыпался. Следующим этапом стало химико-аналитическое и микроморфологическое исследование образцов. И если для химического анализа использовались обычные «рассыпные» образцы почвы, то для микроморфологического изучения были взяты ненарушенные почвенные монолиты размером 3×5 см, из которых после специальной пропитки изготавливались шлифы толщиной 30—50 мкм. И именно в этих образцах удалось обнаружить явно «инородные» микрофрагменты, состоящие из гораздо более плотно упакованного и насыщенного тонкодисперсным (глинистым) веществом «постороннего» материала.

Можно ли трактовать эти микрофрагменты внутри разрыхленного почвообразованием материала верхней части кургана как остатки «кирпичей»? Другими словами, как свидетельство того, что строительный материал искусственно перемешивали, уплотняли и помещали в курган в виде уже сформированных блоков? Для ответа на эти вопросы было проведено сравнение микростроения двух горизонтов почвы на поверхности кургана с почвой современной и почвой, погребенной под самим курганом. Оказалось, что лишь микрофрагментам из почвенных горизонтов с поверхности кургана присуще такое неестественное уплотнение и обогащение глиной.

Следующим этапом стал фитолитный анализ (определение кремневых остатков растительности и других биогенных форм) наиболее хорошо сохранившихся «кирпичей»



Микроморфологические фото образцов из почвенных горизонтов на поверхности кургана Марфа:

а — «нормальное» строение гумусового горизонта почвы в насыпи (оранжевая стрелка — растительный остаток, желтая — гумусо-глинисто-железистый натек в поре, зеленая — измельченная животными почвенная масса);

б, в, г — микрофрагменты более темного и плотно упакованного материала.

Оптическая микроскопия

из более глубоких слоев курганной конструкции Марфы, который был проведен д. г. н А. А. Гольевой из Института географии РАН (Москва). Анализ показал, что в глину при ее замешивании не добавлялась травяная сечка, так как в этом случае образцы обязательно содержали бы крупные аморфные растительные остатки, а состав обнаруженных фитолитов был бы более однородным. Вместе с тем в образцах довольно регулярно встречались кремневые скелетные элементы (спикулы) губок и фитолиты тростника, что можно объяснить добавлением в «кирпичи» речного ила.

Итак, в результате проведенной работы в поверхностных горизонтах конструкции кургана удалось выявить остатки искусственно замешанного и уплотненного материала, обогащенного глиной. Однако определить, в каком виде (кирпичей, блоков и т. п.) этот материал помещался в конструкцию, сегодня не представляется возможным из-за интенсивных процессов почвообразования. Для создания конструктивных элементов кургана древние строители использовали материал из нижних почвенных горизонтов, обогащенных карбонатами (лёсс), а также, возможно, речной ил. Все это тщательно перемешивалось и уплотнялось, а связующим веществом служила тонкодисперсная глина.

Стоит отметить, что любой курган за свою долгую жизнь на поверхности неизбежно меняется в результате действия различных природных факторов: ветра, дождя, снега, растительности, роющих животных и т. п. Все это ведет к разрушению и утрате первоначального облика

архитектурного сооружения, особенно это касается самой поверхности сооружения и его верхних (0,5—1,0 м) слоев. Это во многом объясняет тот факт, что до сих пор подавляющее большинство археологов-исследователей курганов воспринимают их как «насыпи», не имеющие никаких закономерных конструктивных особенностей. К тому же древние строители применяли технику глинобитного строительства, что также не способствовало сохранности конструкции.

Что касается кургана Марфа, то его исследования продолжают. В его более глубоких слоях конструктивные элементы должны сохраниться намного лучше, и их детальное изучение, несомненно, позволит пролить свет на историю строительства кургана и реконструировать первоначальный облик этого древнего архитектурного сооружения.

О. С. Хохлова (Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пуццино),
А. А. Хохлов (Институт биофизики клетки РАН, Пуццино)

Эту ситуацию корректирует «Положение о порядке проведения археологических полевых работ и составления научной отчетной документации», принятое в ноябре 2013 г. Здесь уже предписывается производить исследование прилегающей к кургану «...территории, на которой могут быть обнаружены ровики, присыпки, тризны, остатки древних пашен и тому подобное». Тем не менее и здесь о кургане говорится как о насыпи над могилами, а не об остатках архитектурного сооружения, и этот неправильный подход к памятнику в значительной мере предопределяет его дальнейшую судьбу. Иными словами, большое количество курганов и сейчас ежегодно раскапывается не комплексно, один из основных их элементов (периферия), как правило,

не изучается вообще, а само архитектурное сооружение продолжает изучаться как «насыпь».

Очевидно, что необходимо разработать новые технические и методические нормы для раскопок курганов, и не рекомендательного характера, а обязательного. Уже на стадии планирования работ необходимо учитывать то обстоятельство, что курганы, особенно большие, следует изучать комплексно, с привлечением представителей естественных наук, а начинать — с проведения геофизической разведки на периферии. Пора наконец отказаться и от самого понятия «насыпь». В противном случае огромное количество научной информации будет безвозвратно утеряно, как это уже случилось с тысячами курганов — исчезающей на наших глазах частью мирового культурного наследия.

Литература:

Акишев К. А. Курган Иссык. М., 1978.

Акишев К. А. Древнее золото Казахстана. Алма-Ата, 1983.

Алексеев А. Ю., Мурзин В. Ю., Ролле Р. Чертомлык, скифский царский курган IV века до н. э. Киев, 1991.

Молодин В. И., Парциггер Г., Цэвэндорж Д. Замерзшие погребальные комплексы пазырыкской культуры на южных склонах Сайлюгема (Монгольский Алтай). М., 2012.

Мыльников В. П., Парциггер Г., Наглер А. Элитное погребальное сооружение из дерева в Туве // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск, 2002. Т. 8. С. 396—402.

Парциггер Г., Наглер А., Чугунов К. В. Аржан 2. Историческая энциклопедия Сибири. Новосибирск, 2009. 124 с.

Полосьмак Н. В. Всадники Укока. Новосибирск: Инфолио, 2001. 336 с.

Руденко С. И. Культура населения Центрального Алтая в скифское время. М.; Л., 1960.

Стены европейской части СССР в скифо-сарматское время. Москва, 1989.

Степная полоса азиатской части СССР в скифо-сарматское время. М., 1992.

Чугунов К. В., Парциггер Г., Наглер А. Непотревоженное элитное погребение эпохи ранних кочевников в Туве. // Археология, этнография и антропология Евразии. 2002. № 2 (10). С. 115—126.

Наглер А. Погребальные сооружения раннего железного века степей Евразии // Научное обозрение Саяно-Алтая. 2013. № 1 (5). С. 222—232.

Чугунов К., Наглер А., Парциггер Г., Der Fürst von Aržan. Ausgrabungen im skythischen Fürstengrabhügel Aržan 2 in der südsibirischen Republik Tuva // Antike Welt. 2001. Bd. 32. N. 6. S. 607—614.

Чугунов К., Parzinger H., Nagler A. Der skythische Fürstengrabhügel von Aržan 2 in Tuva. Vorbericht der russisch-deutschen Ausgrabungen 2000—2002 // Eurasia Antiqua. 2003. Bd. 9. S. 113—162.

Чугунов К. В., Parzinger H., Nagler A. Der Goldschatz von Aržan. Ein Fürstengrab der Skythenzeit in der südsibirischen Steppe. München, 2006. 144 S.

Чугунов К. В., Parzinger H., Nagler A. Der skythenzeitliche Fürstengrab Aržan 2 in Tuva // Arheologie in Eurasien. 2010. N. 26.

Чугунов К. В., Parzinger H., Nagler A. Der Fürstengrab Aržan 2. Im Zeichen des goldenen Greifen. Königsgräber der Skythen / Menghin, H. Parzinger, A. Nagler, M. Nawroth (Hrsg.). München, 2007. S. 69—82.

Gold der Steppe. Archäologie der Ukraine. Münster, 1991.

Parzinger H., Zajbert V., Nagler A., Plešakov A. Der große Kurgan von Bajkara. Studien zu einem skythischen Heiligtum // Archäologie in Eurasien. 2003. N. 16.

Parzinger H., Nagler A., Gotlib A. Der tagarzeitliche Große Kurgan von Barsučij Log in Chakassien. Ergebnisse der deutsch-russischen Ausgrabungen 2004—2006 // Eurasia Antiqua. 2010. Bd. 16. S. 169—282.

Nagler A., Samasev Z., Parzinger H., Nawroth M. Süd-Kazachstan: Kurgane Asy Zaga, Kegen und Zoan Tobe // Archäologische Forschungen in Kazachstan, Tadschikistan, Turkmenistan und Usbekistan. Berlin, 2010. S. 49—54.

Nagler A., Samasev Z. Skythenzeitliche Kurgane in Ostkazachstan: Kurgan-Nekropole Aksuat // Archäologische Forschungen in Kazachstan, Tadschikistan, Turkmenistan und Usbekistan. Berlin, 2010. S. 47—48.

Nagler A. Grabanlagen der frühen Nomaden in der eurasischen Steppe im 1. Jahrtausend v. Chr. // Unbekanntes Kazachstan. Archäologie im Herzen Asiens. Bochum, 2013. Bd. 2, S. 609—620.



Новейшие археологические и геофизические исследования



Десятки, а может быть, и сотни тысяч курганов на евразийских степных просторах – безмолвные свидетели прошлого. Сколько их на самом деле – сказать уже невозможно, ежегодно обнаруживаются все новые и новые курганные памятники. Эти курганы строили начиная с эпохи энеолита и бронзового века (IV—III тыс. до н.э.) вплоть до раннего средневековья. Однако большая часть сохранившихся на сегодня курганов степи была сооружена древними кочевниками в первом тысячелетии до нашей эры, в раннем железном веке. Основная часть курганов раннего железного века была построена представителями скифо-сакской культурно-исторической общности, существовавшей на территории степного и лесостепного поясов Евразии от Среднего Енисея на Востоке до Среднего Дуная на Западе в период с конца IX – начала VIII вв. до н.э. до III—II вв. до н.э. Среди так называемых скифских курганов особо выделяются курганы больших размеров, возвышающиеся на однообразном степном ландшафте и служащие как ориентиром для путников, так и маркерами территорий, принадлежащих тому или иному объединению древних кочевников

На фото сверху – распаханые курганы малых размеров на фоне большого кургана. Могильник Виноградный 1 (Ставропольский край, Северный Кавказ). Внизу – рисунок кургана с околочурганым рвом вокруг Александропольского кургана (Нижнее течение Днепра, Украина). Вид с запада. (По: Polin, Daragan, 2011, Abb. 2)

Ключевые слова: ранний железный век, курган, периферия, скифы, саки, геофизика, цезиевый магнитометр.
Key words: early Iron Age, kurgan, periphery, Scythians, Saka geophysics, caesium magnetometer

© Г. Парцингер, А. Гасс, Й. Фассбиндер, 2015

У подножия «ЦАРСКИХ КУРГАНОВ»

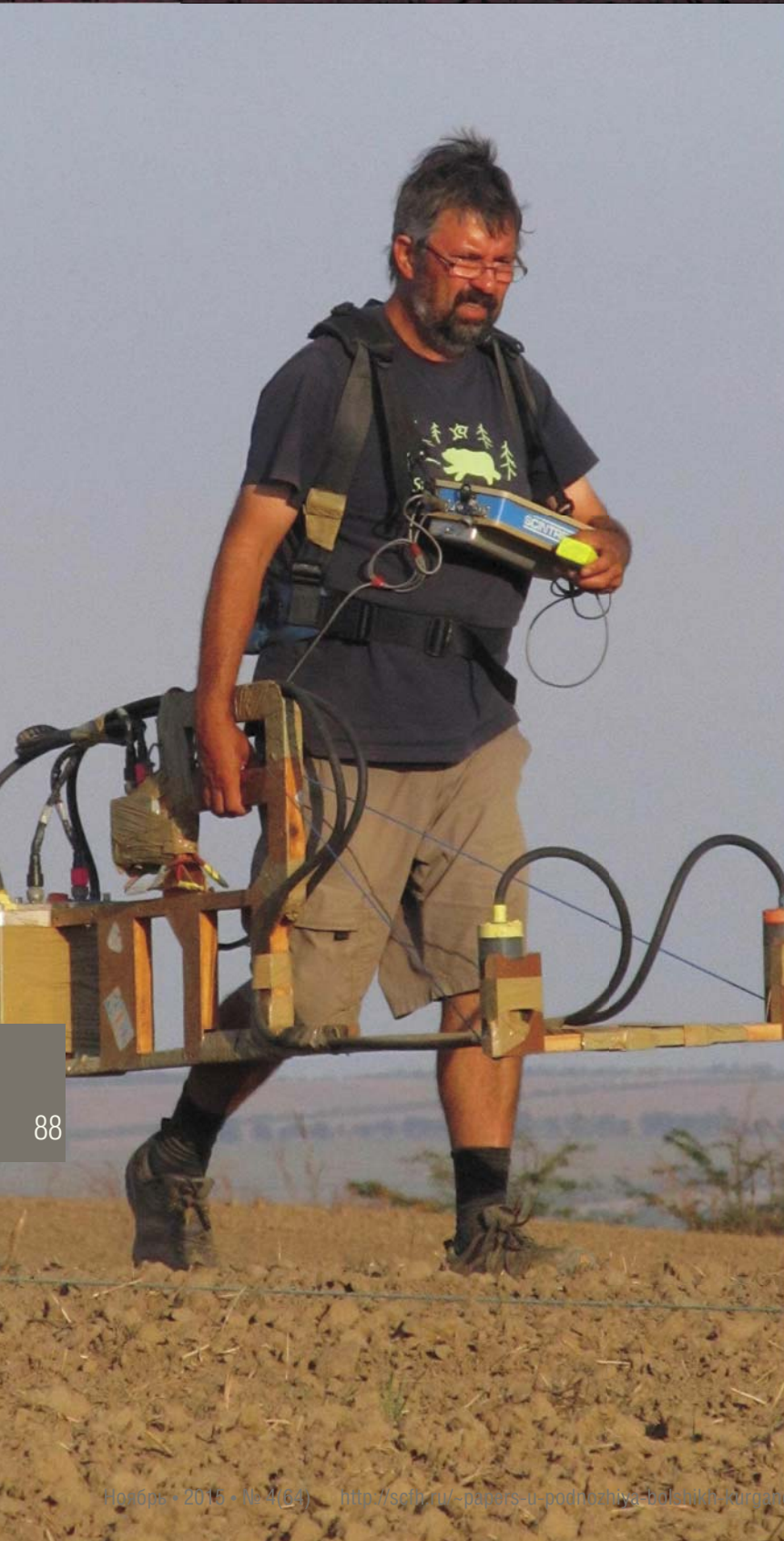
Большие скифские курганы (называемые еще «элитными», или «царскими») являются не только погребальными сооружениями: для древних общин они служили также местом встреч для решения насущных проблем, поминовения предков, приношения жертв богам в рамках культово-религиозных церемоний и связанных с ними различными праздниками, т. е. выполняли роль своеобразного храма. В этом смысле курган-храм и площадь вокруг него можно назвать местом культурной самоидентификации древних кочевников. Ведь недаром скифский царь Иданфирс в ответ на вызов персидского царя Дария ответил, что у скифов нет ни городов, ни обрабатываемой земли; что скифы не боятся ни разорения, ни опустошения их земель. Но «если же вы [персы] желаете во что бы



ПАРЦИНГЕР Герман – доктор исторических наук, профессор, президент Фонда прусского культурного наследия (Берлин, Германия). Награжден рядом престижных премий и наград. Почетный доктор РАН (2004) и СО РАН (2001). Автор и соавтор свыше 230 научных работ, в том числе 20 монографий

ГАСС Антон – кандидат исторических наук, сотрудник Фонда прусского культурного наследия (Берлин, Германия). Член Exzellenzcluster TOPOI, Berlin, Берлинской античной коллегии. Автор и соавтор 16 научных работ, в том числе одной монографии

ФАССБИНДЕР Йорг – доктор естественных наук, приват-доцент, научный руководитель сектора магнетизма кафедры геофизики Мюнхенского университета Людвиг-Максимилиана (Мюнхен, Германия). Автор и соавтор свыше 300 научных работ, в том числе 2 монографий

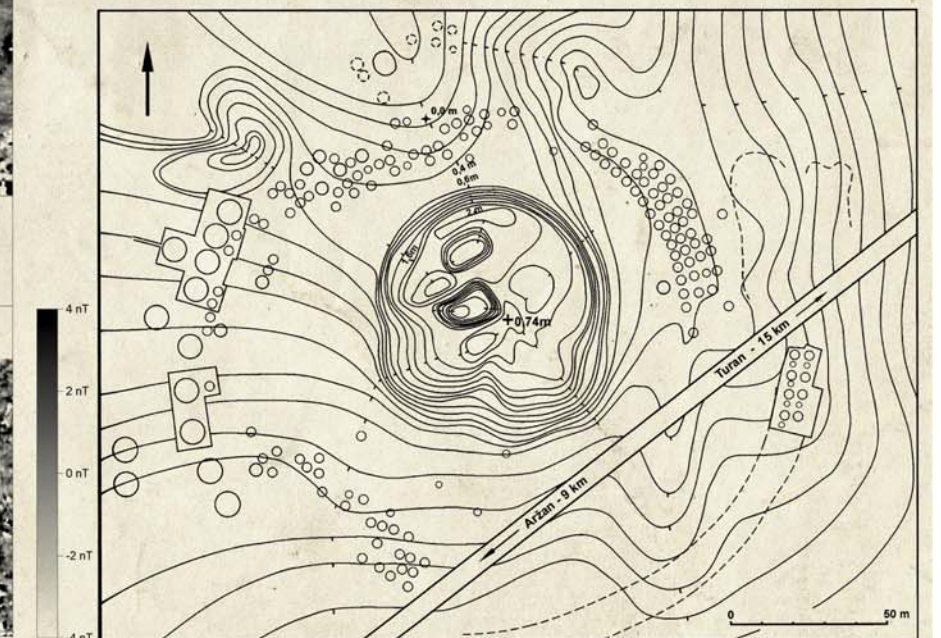
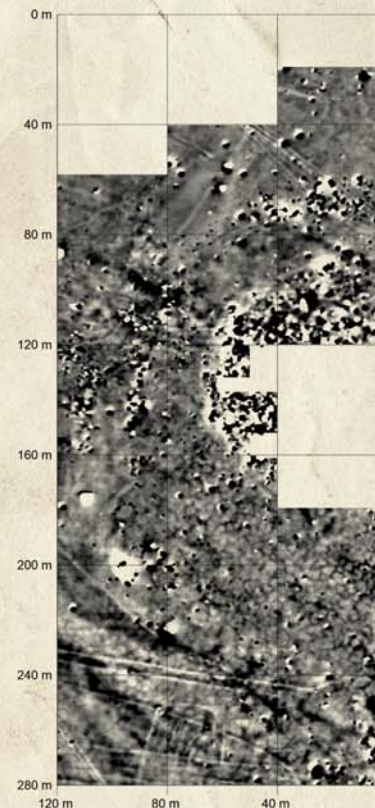


Золотые предметы из кургана Аржан 2. (Тува).

Слева: Йорг Фассбиндер проводит геомагнитную съемку
Внизу: план кургана и магнитограмма, сделанная в 1998 г.
Размер квадрата 40 × 40 м;
Север справа. Динамика измерений ±3,0 нанотесла.
По: *Сигупов et al.*, 2010, Abb. 17, 23



В результате исследований царского кургана Аржан 2 в Туве в 1998—2004 гг. вокруг него было выявлено около 130 каменных колец и каменных округлых вымоستок, содержащих следы древесного угля, золы, пережженных, кальцинированных костей и оплавленных металлических предметов (*Сигупов et al.*, 2010). Все это свидетельствовало о ритуальном характере сооружений, относящихся к большому кургану, хотя определить их точное хронологическое соотношение оказалось невозможным. Часть конструкций вокруг кургана Аржан 2 была видна на поверхности до начала раскопок. Для выявления полной картины периферии кургана были привлечены специалисты-геофизики Баварского департамента охраны памятников (Мюнхен), проводившие исследования с применением цезиевого магнитометра





то ни стало сражаться с нами [скифами], то вот у нас есть отеческие могилы. Найдите их и попробуйте разрушить и тогда узнаете, станем ли мы сражаться за эти могилы или нет» (Геродот, кн. 4, § 127).

В XVIII – начале XX вв. существовало мнение, что надземную, видимую часть кургана просто насыпали (отсюда и происходит термин «курганная насыпь»), однако это представление, исходя из современных знаний о курганах, оказалось не совсем корректным. Сегодня мы рассматриваем монументальные сооружения древних кочевников в совершенно новом свете – как сложные архитектурные сооружения, возведенные из различного строительного материала по заранее намеченному плану.

Вокруг больших курганов и ранее фиксировались валы, каменные кольца, скопления камней или рвы – все эти элементы могут быть отнесены к объектам периферии кургана, играющей значительную роль как в период его возведения, так и после завершения строительства. Возможно, сооружением рва, вала или каменного кольца намечалась будущая граница кургана, носящая также и сакральный характер, отделяя пространство мира живых от мира мертвых (Мозолевский, Полин, 2005). Именно на периферии кургана по завершении строительства исполнялись различные культово-религиозные церемонии, фиксируемые археологами в виде остатков поминальной тризны. Это подтверждают как античные письменные источники, например, повествование Геродота о проведении царских поминок у курганов (Геродот, кн. 4, § 72), так и результаты недавних археологических раскопок таких больших курганов, как Аржан 2 в Туве (Южная



Ров вокруг кургана 4 на плато Кеген (Юго-Восточное Семиречье, Казахстан)

Проведение геофизических измерений на наклонной поверхности с помощью цезиевого магнитометра на склоне большого кургана могильника Виноградный 2 (Ставропольский край, Северный Кавказ)

Сибирь) и Александропольский курган (Луговая Могила) по нижнему течению Днепра (Украина) (Čugunov *et al.*, 2010; Polin, Daragan, 2011).

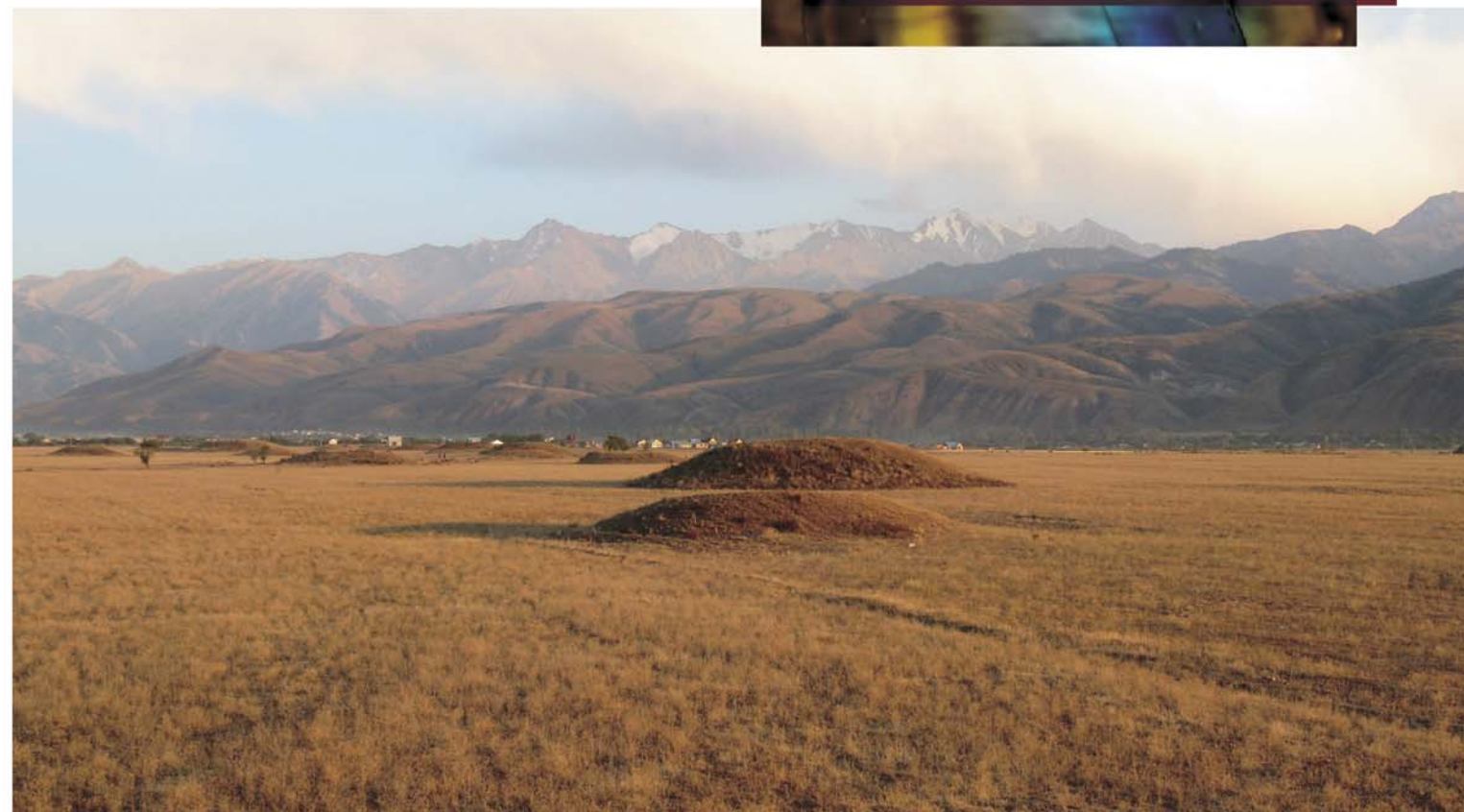
Схожие признаки интенсивного использования околокурганного пространства больших курганов кочевниками раннего железного века в местах, столь удаленных друг от друга, побудили нас исследовать периферию курганов и на других скифо-сакских памятниках на территории между курганом Аржан 2 и Александропольским курганом. Принимая во внимание огромные размеры интересующей нас территории, исследования проводились выборочно на ряде памятников Юго-Восточного Семиречья, в Западном Казахстане и на Северном Кавказе (Ставропольский край).

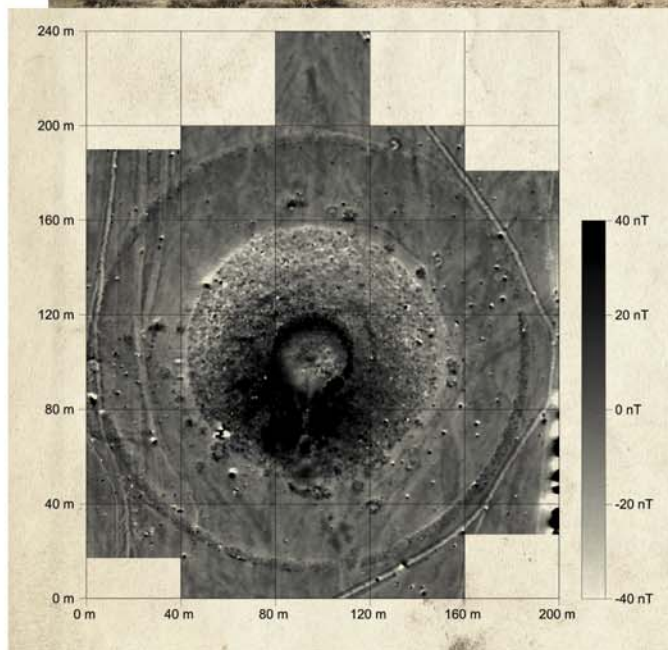
Для проведения этих исследований было решено привлечь специалистов-геофизиков из Баварии под руководством Й. Фассбиндера, уже имеющих опыт работ с курганами на этих территориях (Fassbinder, 2009; Коробов и др., 2014). Геофизическим исследованиям в данном случае отводилась особая роль, так как они позволяют за довольно короткий срок получить детальную информацию о структуре околокурганного пространства и всего могильника в целом. С использованием цезиевого магнитометра мы получаем своего рода рентгеновский снимок измеряемой поверхности,

отображающий все магнитные изменения почвы на глубине до 3 м и охватывающий все структуры размером более 25 см. В результате можно фиксировать изменения в почвенных слоях, вызванные выкапыванием и засыпанием ям, сооружением полей и каменных конструкций, следы кострищ и другие следы человеческой деятельности, а также следы природных явлений, таких как удар молнии.

Магнитограммы позволяют еще до проведения раскопок получить информацию о наличии каких-либо конструкций на периферии кургана, которые не видны на поверхности, что облегчает проведение полевых работ. Но, конечно, одни лишь результаты геофизических измерений не могут ответить на вопрос, принадлежат ли исследуемые памятники одной или разным эпохам. Это можно сделать только благодаря археологическим раскопкам.

Курганы могильника Иссык на фоне гор Заилийского Алатау (Юго-Восточное Семиречье)





Курган 1 могильника Жоан Тобе. Юго-Восточное Семиречье. Вид с востока. Справа: ритуальная дорога вокруг кургана (восточный сектор). Курган 1 могильника Жоан Тобе. Фото Р. Бороффи

Магнитограмма кургана 1 и его периферии могильника Жоан Тобе. 2008 г. Размер квадрата 40 × 40 м. Север сверху. Динамика измерений ± 40 нТл. Геомагнитная перспекция И. Фассбиндер и Т. Горка

При осмотре памятников Юго-Восточного Семиречья наше внимание привлекло наличие рвов, валов и каменных колец вокруг больших курганов, которые встречались как единично, так и в комбинации между собой. Особый интерес вызвали двойные каменные кольца, находящиеся на расстоянии от 0,5 до 5,0 м друг от друга, между которыми виднелись единичные речные окатыши средних размеров. Периферия одного такого большого кургана была исследована в рамках совместной казахстано-германской экспедиции под руководством профессора З. Самашева с казахской стороны и Г. Парцингера и А. Наглера – с немецкой. Был выбран самый большой и, по-видимому, основной из девяти курганов могильника Жоан Тобе, расположенный к востоку от Алматы.

Интересующие нас двойные каменные кольца располагались в 33 м от подножия кургана 1, а расстояние между ними составляло 3,0–3,5 м, так что общий диаметр конструкции достигал 185 м. Между этими двойными кольцами и подножием кургана было обнаружено еще 28 округлых каменных конструкций, пред-



ставляющих собой курганы малых размеров диаметром 4–7 м. Некоторые из них были видны на поверхности, но полностью их число удалось установить лишь благодаря геофизическим исследованиям.

В дальнейшем выяснилось, что такие каменные выкладки возводились над могильными ямами на одного человека, а из-за полного отсутствия могильного инвентаря дату этих захоронений можно определить лишь с использованием радиоуглеродного анализа костей скелета. Анализ фаланги пальца погребенного в одной из могил позволил датировать его X–XI вв., т. е. у подножия большого сакского кургана V в. до н. э. находилось как минимум одно погребение раннетюркского времени, периода существования Караханидского государства. Были ли остальные 27 малых курганов также возведены в раннем средневековье или же значительно раньше – ответить на этот вопрос могут лишь дальнейшие исследования на этом могильнике.

Двойные каменные кольца исследовались двумя разрезами в северном и восточном секторах. Как показали раскопки, каменные кольца являлись элементами одной конструкции – своего рода бордюрами, ограничивающими утрамбованную и вымощенную окатышами средней величины центральную часть. Этот своеобразный фундамент перекрывался утрамбованным слоем глины, перемешанной с мелким щебнем. Более высокая центральная часть конструкции обеспечивала превосходный



Погребение из малого кургана раннетюркского времени у подножия большого сакского кургана 1 могильника Жоан Тобе. Фото Р. Бороффи

В стране семи рек

Первый шаг по геофизическому изучению околокурганного пространства был сделан в 2008–2009 гг. на Юго-Востоке Казахстана, в Семиречье, в первую очередь известному по великолепной находке «Золотого человека» – сакского воина из кургана Иссык под Алматы. Большинство «элитных» курганов этого региона расположены в степных равнинных районах у подножия Тянь-Шаня, вдоль хребта Заилийского Алатау. Материалы исследования курганов Семиречья вошли в научный оборот еще в 1960–1970-х гг., но тогда изучению их периферии внимание практически не уделялось, при том что в результате многолетней распашки околокурганские территории значительно пострадали.

водосток в период дождей. Таким образом, вся конструкция носила явные признаки «дороги».

Поскольку дорога протянулась вокруг кургана, она, скорее всего, была построена не в практических, а в ритуальных целях представителями сакских племен, населявших этот регион в период раннего железного века. Возводилась ли она до строительства кургана или после – ответить, к сожалению, невозможно; также нельзя с полной уверенностью заявить, что она была построена саками, так как не было найдено ни одного предмета, характеризующего время ее строительства. Но все же, исходя из результатов изучения всех элементов периферии скифо-сакских больших курганов степной и лесостепной Евразии, можно с большой уверенностью предположить, что и «ритуальные дороги» входили в спектр сакральных околокурганных конструкций древних кочевников.

Подобные кольцевые «дороги» были обнаружены еще вокруг 18 курганов на девяти сакских могильниках Юго-Восточного Семиречья в предгорных районах и высокогорных долинах Заилийского Алатау. При этом размеры конструкции были всегда строго пропорциональны размеру самого кургана. Где-либо еще на территории Евразии в рамках распространения скифо-сакской культурно-исторической общности аналогов подобных «ритуальных дорог» пока не обнаружено (Гасс, 2011; Nagler, 2013).

Пирамиды степей

Возвращаясь к могильнику Жоан Тобе, нужно отметить и второй по величине курган в восточной цепи, имеющий форму усеченной пирамиды, ориентированный своими склонами по сторонам света. Такие же «пирамиды степей» были обнаружены и в других курганных цепях этого же некрополя. Всего же на территории Юго-Восточного Семиречья было выявлено 16 курганов четырехугольной формы с пирамидальной насыпью и несколько уплощенной вершиной на десяти различных могильниках. Если вокруг такого кургана сооружалась «ритуальная дорога», то и она имела в плане подквадратную форму.

До начала наших исследований в Семиречье курганы подобной формы были известны лишь в Южной Сибири (в Республике Хакасия и на юге Красноярского края), на территории распространения Тагарской культуры скифского мира. Кроме этого, один ров подквадратной формы был найден вокруг скифского кургана 22 у с. Волчанск в Утлюкском междуречье, севернее Азовского моря. Но так как сам этот курган был сильно распахан, то установить его первоначальную форму было невозможно (Мозолевский, Полин, 2005). Все это позволяет говорить о том, что большие курганы подквадратной пирамидальной формы воз-

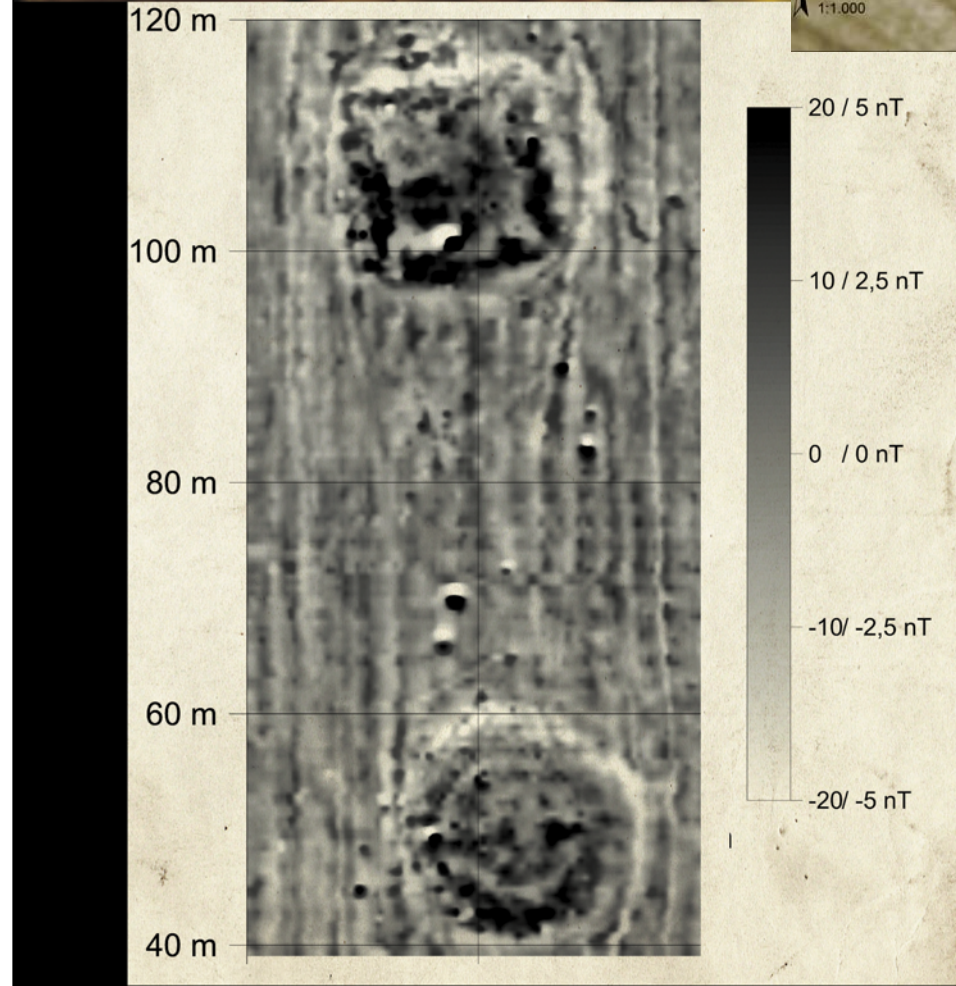
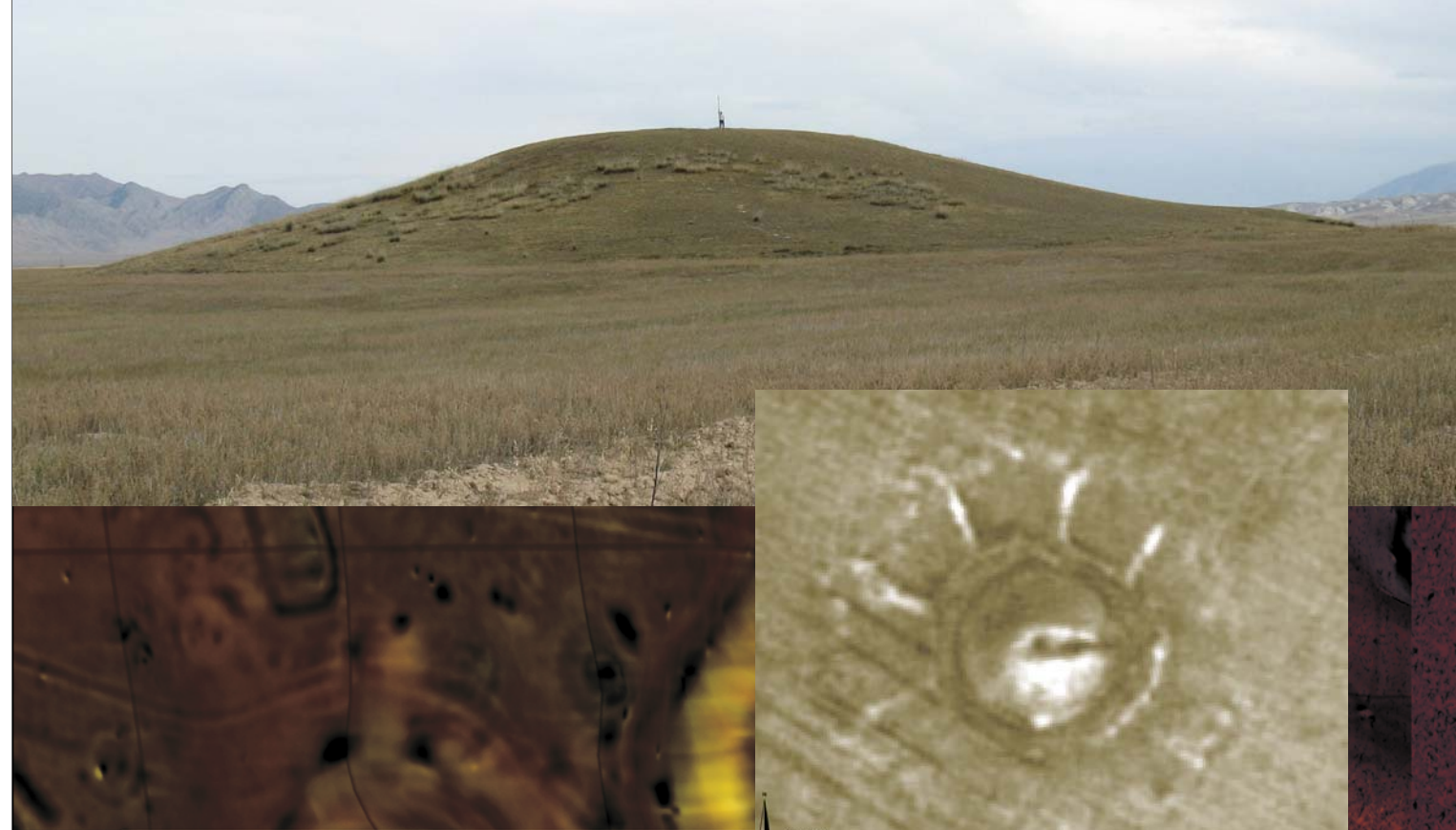
водились древними кочевниками не только в Сибири, но и в Средней Азии.

Такая форма кургана, очевидно, была неслучайна, однако объяснить ее мы пока не можем. Не прояснили проблему и раскопки одного из таких подквадратных курганов на могильнике Жоан Тобе. Сильно распаханный, курган 8 выглядел округлым, но геофизические измерения показали изначальную квадратность его конструкции. Для подтверждения этого был параллельно исследован соседний курган 9, который, как оказалось, имел классические округлые формы скифо-сакского кургана. К сожалению, из-за больших разрушений этих курганов нам не удалось найти какие-либо различия, указывающие на причины возведения конструкций столь разных форм.

К счастью, не все загадки древних курганов остаются неразгаданными. Так, в 2008 г. при разведочных работах в районе высокогорного плато Кеген на казахско-киргизской границе, со стороны Казахстана мы нашли одиночный большой курган сакского времени, стоящий на подквадратной платформе с округленными углами высотой около 1 м, так что общая высота конструкции насчитывала 13 м. При GPS-картировании кургана и привязке его к космоснимку были замечены пять странных «лучей» шириной 8–10 м, отходящих от кургана в северном и западном направлениях. Проведение геофизических измерений на следующий год никаких результатов не дало – цезиевый магнитометр не смог «увидеть» каких-либо изменений почвы. Но ведь «лучи» были!

Разъяснить всю загадочность ситуации помогли три раскопа на северной части периферии. Пять «лучей» оказались остатками строительных рамп, ведущих к платформе и подножию кургана. Грунт из «межлучевого» пространства изымался в качестве строительного материала при сооружении самого кургана, а после завершения строительства рампы не были разрушены. Таким образом, диаметр всей конструкции кургана оказался, как минимум, 330 м! Возможно, подобные рампы стояли также с восточной и с южной стороны, но в результате интенсивной распашки были полностью уничтожены.

Как бы то ни было, большой курган 2 на плато Кеген впечатлял некогда не только своими размерами, но и яркой цветовой гаммой: зеленой (степь) – черной (насыпь) – желтой (материковая глина из «межлучевой» выборки) на фоне кристально голубого неба Тянь-Шаня. И все три элемента кургана – рампы, платформа и сама «насыпь» – придавали ему черты дополнительной монументальности, которая, кстати, сохранилась и до наших дней, впечатляя путников на протяжении 2,5 тыс. лет. И если скифо-сакские курганы на платформах имеют единичные аналоги в предгорьях Тарбагатай в Восточном Казахстане (могильник Аксуат;



На космоснимке кургана 2 на Плато Кеген (Юго-Восточное Семиречье, Казахстан) археологи обнаружили пять «лучей», отходящих от кургана в северном и западном направлениях, оказавшихся остатками строительных рамп, ведущих к подножию кургана. Космоснимок SPOT (разрешение 2,5 м)

Магнитограмма курганов 8 (сверху) и 9 (снизу) могильника Жоан Тобе. 2008 г. Геомагнитная перспекция И. Фасбиндер и Т. Горка. Несмотря на деформацию первоначальной формы курганов, на магнитограмме хорошо видны их различия – курган 8 имеет подквадратную форму, а курган 9 – типичную для скифо-сакских курганов округлую форму



Самашев и др., 2010) и на Северном Кавказе (курган Азиатский), то следы строительных рам у курганов древних кочевников действительно уникальны.

Курганы Семиречья хранят еще много тайн и археологических загадок, но наш интерес к изучению периферии больших курганов побуждал двигаться дальше, идя по сакским следам «на закат».

На запад обращая взгляд

В 2010 г. Зайнолла Самашев (Астана) обратил наше внимание на могильник Тёрт-Оба у с. Жиренкопа на северо-западе Актюбинской области (Казахстан), расположенный недалеко от границы с Оренбургской областью. Могильник состоит из пяти курганов, стоящих по линии запад–восток. Каждый курган был окружен рвом, причем курганы стояли так компактно, что рвы некоторых из них соприкасались и частично перерезали друг друга.

Результаты геофизического исследования периферии курганов в 2011 г. превзошли все ожидания: вокруг каждого из них было обнаружено большое число малых, не видимых на поверхности курганов, единичных могил, ритуальных ям

Могильник Тёрт-Оба Актюбинской Области (Западный Казахстан) состоит из пяти окруженных рвами курганов, расположенных очень близко друг к другу.

Вид с северо-запада (вверху)

На 3D-модели могильника Тёрт-Оба видны малые курганы, ритуальные ямы, а также вытянутые подпрямоугольные конструкции неизвестного назначения.

3D-модель выполнена И. Фассбиндером на основе наложения магнитограммы на топографическую карту

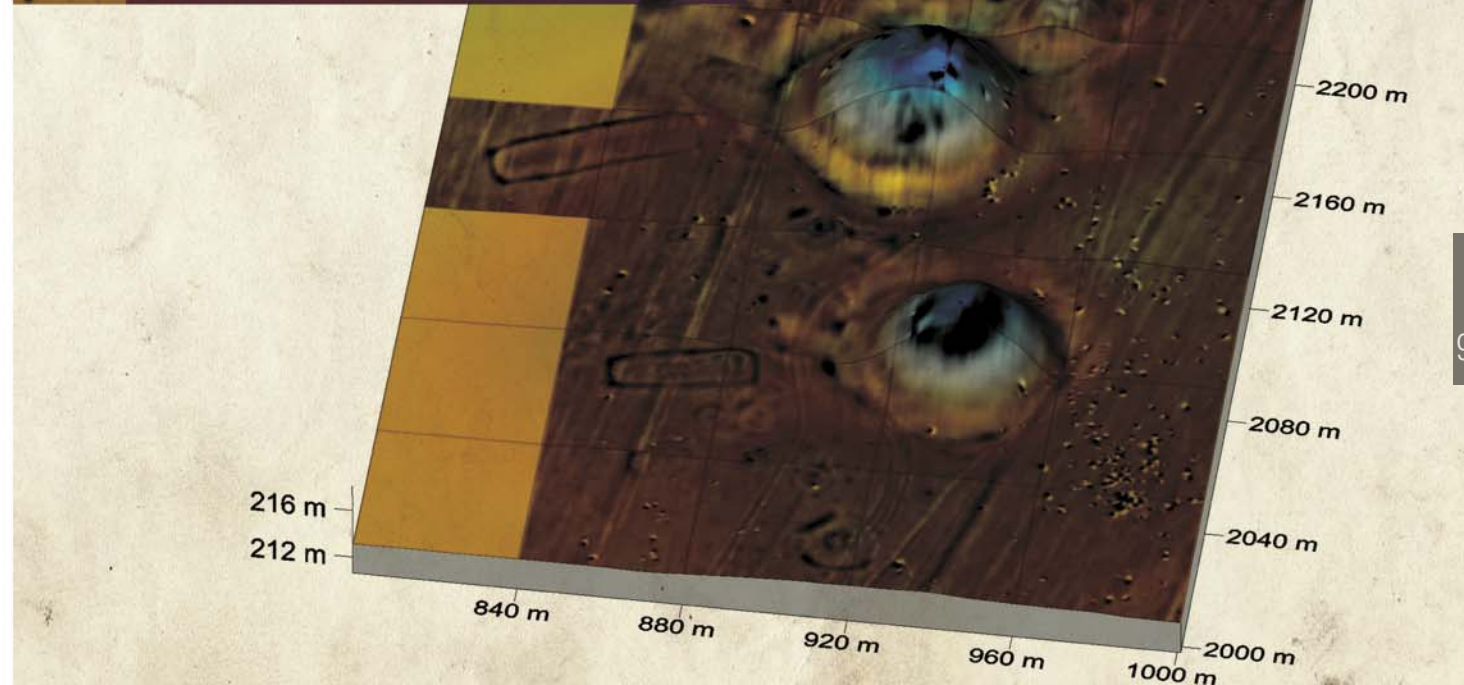
Раскопки подпрямоугольной конструкции южнее восточного кургана Могильника Тёрт-Оба позволили предположить, что она носила ритуальный характер. Фото Р. Бороффи

и жертвенных комплексов. Кроме того, с южной стороны каждого кургана располагалась ранее не известная науке подпрямоугольная конструкция размером около 10×40 м, вытянутая по линии север–юг. Раскопки части периферии самого восточного кургана цепи обнаружили жертвенные комплексы с остатками керамики, предметами конской упряжи, а также бронзовый котел. Также был исследован и ряд захоронений.

Изучение подпрямоугольной конструкции неизвестного предназначения показали, что она представляла собой ров размером 39×13 м, глубиной от 1,0 до 1,8 м и шириной по дну до 1 м. В материале, заполнявшем ров, встречались зола, древесный уголь и кости животных, уложенные в определенном порядке. Так как следов

оплывания рва не было обнаружено, можно сделать вывод, что после краткосрочного использования он был засыпан еще древними строителями. Очевидно, речь идет о культовом сооружении, возведенном для определенного ритуала, проводимого у подножия кургана. Результаты радиоуглеродной датировки костей животных показали, что вся эта конструкция была построена в одно время с курганом (VII–V вв. до н.э.).

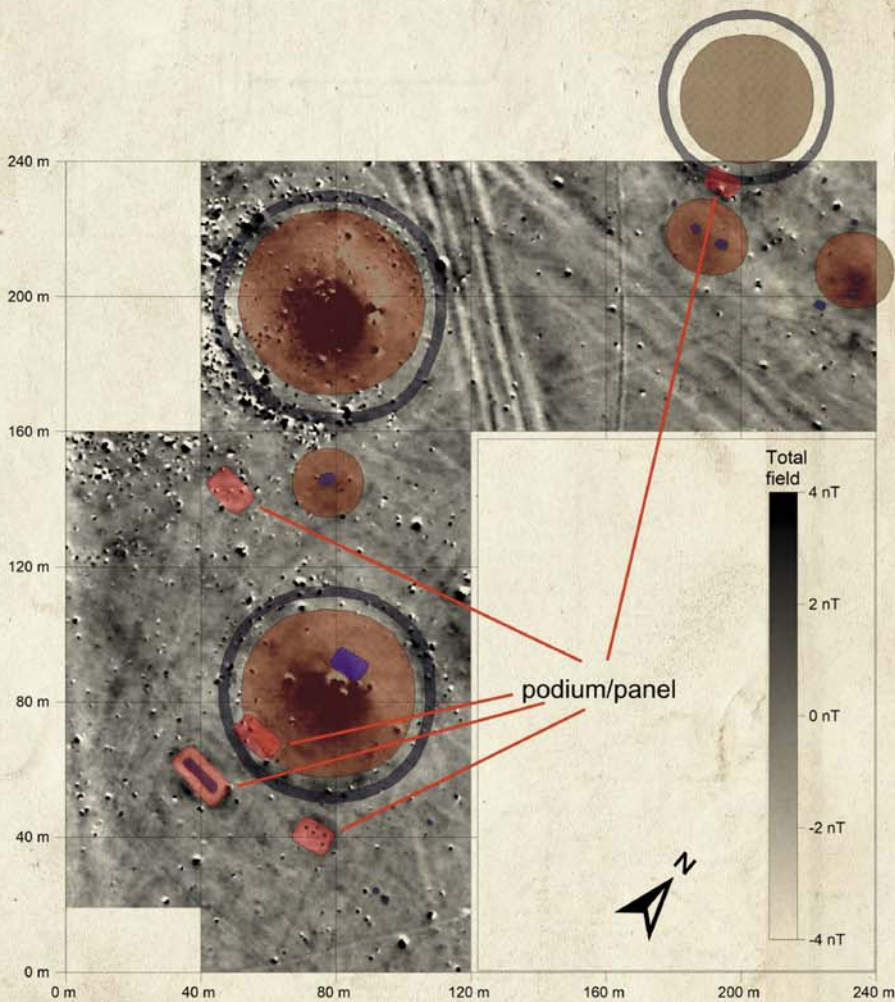
Тестовая магнитная разведка, проведенная в том же 2011 г. на соседнем могильнике Бесоба, полностью повторила картину магнитограммы частично исследованного нами некрополя. Возник закономерный вопрос: является ли наличие на южной периферии больших скифо-сакских курганов культовых площадок, связанных с определенными религиозными представлениями и ритуалами у древних кочевников «локальным вариантом», характерным лишь для территории Западного Казахстана и граничащей с ней Оренбургской области,





Магнитограмма и ее интерпретация могильника Зункарь-2 показала наличие рвов вокруг больших курганов, дополнительных малых курганов, ям неизвестного характера, а также прямоугольных конструкций, очень похожих на ритуальные площадки у сакских курганов Западного Казахстана
 Геомагнитная проспекция
 Й. Фассбиндер и И. Хофманн

Измерение цезиевым магнитометром могильников Виноградный 1, Виноградный 2 (Ставропольский край, Северный Кавказ)



археологической экспедиции на Северном Кавказе (Ставропольский край) совместно с ГУП «Наследие» под руководством его директора А. Б. Белинского с российской стороны и Г. Парцингера и А. Гасца – с немецкой. Среди множества запланированных работ мы использовали любую возможность, чтобы проехать новой дорогой и увидеть новые памятники. Одним из них стал могильник Зункарь-2 в Ногайской степи, на самом востоке Ставропольского края.

Первое впечатление от некрополя было неоднозначным – возникало стойкое ощущение дежавю, как будто бы снова находишься в Семиречье, на известнейшем могильнике Иссык; для полноты картины не хватало только горной гряды Заилийского Алатау. Однако выехать на исследования в Ногайскую степь удалось лишь весной 2014 г.

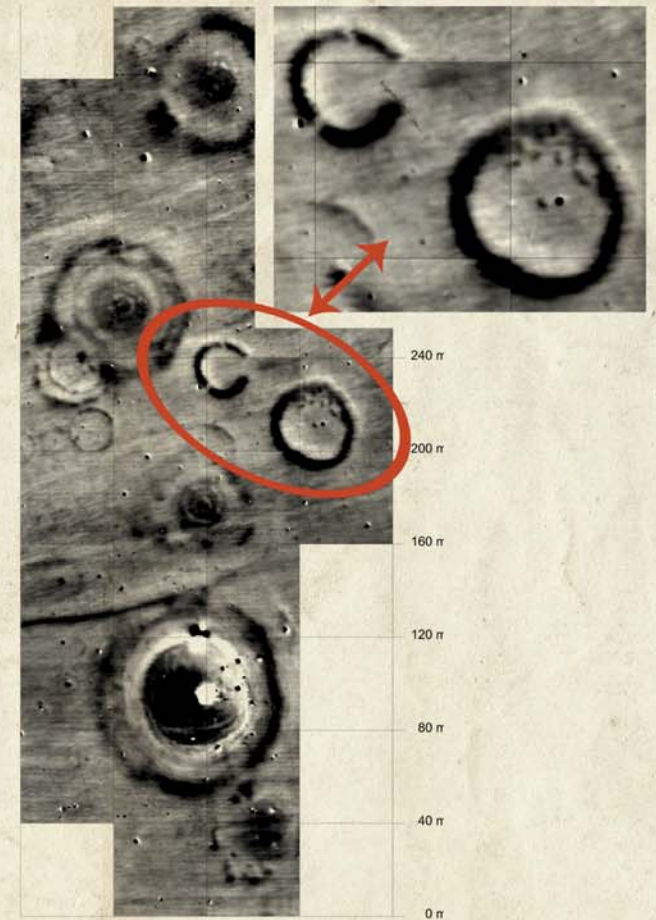
Зункарь-2 представляет собой три расположенные по линии север–юг курганные цепи, содержащие от пяти до девяти курганов. Его территория, расположенная на небольшой возвышенности, защищена от талых вод в период весенних паводков. С севера некрополь граничит с пашней, где, возможно, ранее находились малые, теперь полностью распаханые, курганы. По границе степи и пашни была протянута линия ЛЭП, вызывающая большие магнитные помехи сигнала магнитометра, поэтому исследовать можно было лишь южную часть могильника, включавшую три кургана диаметром 30–50 м и один малый.

Магнитограмма некрополя показала наличие рвов вокруг больших курганов, дополнительных малых курганов и ям неизвестного характера. Особый интерес вызвали подпрямоугольные конструкции к югу от больших курганов, которые очень напоминали аналогичные конструкции, обнаруженные в Западном Казахстане. Хотя необходимо отметить и ряд внешних отличий подобных конструкций с территории Северо-Восточного Кавказа от поминальных площадок в Актюбинской области. Подпрямоугольные конструкции Зункарь-2 были значительно меньше (размером 10×15 м и 10×20 м), а ориентированы

или же мы просто не находили подобных конструкций в силу слабой изученности периферии больших курганов? Как ни удивительно, но ответ на этот вопрос нашелся на Северном Кавказе.

Скифы Северного Кавказа

Начиная с 2012 г. наша исследовательская группа работала в составе российско-германской



Магнитограмма могильника Виноградный 1 (2012 г.). На фрагменте – увеличение подковообразной и округлой конструкций ритуального характера. Цветовая гамма и характеристика магнитограммы позволяют определить конструкции как рвы, подвергавшиеся термальному воздействию



они были по линии запад–восток, т. е. вдоль кургана, а не поперек, как на Тёрт-Оба и Бесоба.

Поисковые шурфы или разрезы на периферии больших курганов некрополя Зункарь-2 пока еще не заложены, поэтому нельзя однозначно утверждать, что подпрямоугольные конструкции периферии этих курганов полностью соответствуют ритуальным площадкам у сакских курганов Западного Казахстана. По той же причине нельзя утверждать, что эти конструкции соорудили в то же время, что и сами курганы. Но сам факт их находки, общность формы и места расположения на периферии большого кургана наталкивает на мысль, что религиозные представления древних кочевников раннего железного века в Ногайской степи и степи Западного Казахстана были одинаковы, и что там практиковались схожие погребально-поминальные ритуалы. Так это или нет, мы сможем узнать лишь после раскопок периферии курганов некрополя Зункарь-2.

Итак, на всей территории степного пояса Евразии, начиная от Тувы до Северного Кавказа, практически на каждом исследованном некрополе с курганами древней кочевой элиты скифо-сакской культуры мы фиксировали вокруг больших курганов следы активной кульгово-религиозной деятельности, выраженные в тех или иных конструкциях периферии. Можно предположить, что на всем протяжении степной и лесостепной Евразии вокруг любого большого кургана скифского времени должен был находиться участок «плотного» ритуального использования.

Наглядным подтверждением этого предположения

стали результаты геофизических измерений могильника Виноградный (Ставропольский край), сделанные в 2012 г. Виноградный 1 состоит из одного большого (высота 5,4 м; диаметр 58 м) и, как минимум, 14 малых курганов. Так как весь могильник находится на современной пашне, нетронутым остался лишь большой курган, при этом окружающий его ров и подножие также значительно повреждены.

Магнитограмма могильника дала поразительные результаты: оказалось, что не только все пространство вокруг кургана было плотно «застроено» объектами и конструкциями периферии, но и вообще вся территория могильника площадью в 5,2 га! Было найдено большое число невидимых на поверхности малых курганов, полукруглые пристройки со рвами к более крупным курганам, ямы, одиночные захоронения, подковообразные и округлые конструкции неизвестного назначения, а также система прямоугольных рвов, соединяющихся друг с другом и образующих своеобразные оградки с катакомбами внутри, которая имеет параллели с погребениями аланского времени на территории Кисловодской котловины (Коробов и др., 2014). Некоторые из конструкций были определены как рвы, заполненные органикой, золой и древесным углем. Горел в этих рвах огонь или нет, сказать, опираясь лишь на данные магнитограммы, нельзя. Радиоуглеродная датировка свидетельствует, что по крайней мере одна из этих конструкций – подковообразный ров – была сооружена в скифский период истории Северного Кавказа, что связывает ее с большим курганом могильника.

Насчет времени сооружения остальных кульгово-

погребальных конструкций трудно судить без раскопок. Единственным исключением служит центральное погребение кургана с пристройкой в южной половине некрополя, исследование костного материала из которого позволило датировать его концом IV тыс. до н. э. Таким образом, перед нами предстает картина ритуального использования четко ограниченного пространства, связанного с погребально-поминальным культом, охватывающего периоды от раннего бронзового (майкопская культура) до раннего железного века (скифский период) и, возможно, заканчивающегося в период раннего средневековья (аланская культура).

Однако совершенно другое использование периферии кургана было обнаружено на некрополе Виноградный 2, расположенном всего в 3 км от Виноградного 1. Эти два могильника внешне очень схожи, только Виноградный 2 включает в себя около 80 курганов, а его «царский» курган – большего размера. Приступая к геофизическим работам на этом некрополе, мы рассчитывали превзойти результаты, полученные на Виноградном 1.

Но за исключением четкого очертания рва вокруг большого кургана и распаханного вала, ограничивающего его, а также нескольких малых курганов и могильных ям у подножия, периферия кургана оказалась практически «пустой». Такой же «пустой» оказалась и периферия большого кургана могильника Владимировка к востоку от г. Буденновск.

Таким образом, на территории Северного Кавказа удалось выявить два различных типа ритуального использования околочурганного пространства больших курганов. Было ли это связано с различным социальным статусом погребенных, их поло-возрастными различиями или же их различной культурной, если не хронологической принадлежностью, определить без проведения раскопок невозможно. Несмотря на годы работ, мы находимся пока в самом начале пути, и скифские курганы в бесконечных степях Евразии продолжают хранить свои тайны...



Литература

Белинский А. Б., Парцингер Г., Гасс А., Фассбиндер Й. Исследования больших курганов эпохи раннего железного века Северного Кавказа и их периферии с применением магнитометрии // Тр. IV (XX) Всерос. археологического съезда в Казани 2014 г. Казань: Отечество, 2014. Т. 2. С. 83–87.

Бидзиля В. И., Полин С. В. Скифский царский курган Гайманова могила. Киев: Издательский дом «Скиф», 2012. 752 с.

Веселовский Н. И. Записка по вопросу о приемах при производстве раскопок // Тр. XIV Археологического съезда 1908 г. М.: Типография Г. Лиснера и Д. Собко, 1911. Т. 3. С. 99.

Гасс А. К проблеме изучения памятников раннего железного века Юго-Восточного Селмирчья в свете данных геоархеологических исследований // Археология, этнография и антропология Евразии. 2011. № 3 (47). С. 57–69.

Коробов Д. С., Малашев В. Ю., Фассбиндер Й. Предварительные результаты раскопок на курганном могильнике Левоподкумский 1 близ Кисловодска // КСИА. 2014. № 232. С. 120–135.

Мозолевский Б. Н., Полин С. В. Курганы скифского Терроса IV в. до н. э. Киев: ИД «Стилос», 2005. 599 с.

Çugunov K. V., Parzinger H., Nagler A. Der skythenzeitliche Fürstengrabanlage Arzan 2 in Tuva. Archäologie in Eurasien 26. Steppenvölker Eurasiens 3. Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabern, 2010.

Fassbinder J. W. E., Geophysikalische Prospektionsmethoden – Chancen für das archäologische Erbe // Toccare – Non Toccare. ICOMOS. Hefte des Deutschen Nationalkomitees. München: Siegl, 2009. Vol. 47. S. 8–30.

Nagler A. Grabanlagen der frühen Nomaden in der eurasischen Steppe im 1. Jahrtausend v. Chr. // Unbekanntes Kasachstan. Archäologie im Herzen Asiens. Kat. der Ausst. des Deutschen Bergbau-Museums Bochum vom 26. Januar bis zum 30. Juni 2013. Bd. II. Bochum: DBM, 2013. S. 609–620.

Parzinger H. Die Reiternomaden der Skythenzeit in der eurasischen Steppe // Unbekanntes Kasachstan. Archäologie im Herzen Asiens. Kat. der Ausst. des Deutschen Bergbau-Museums Bochum vom 26. Januar bis zum 30. Juni 2013. Bd. II. Bochum: DBM, 2013. S. 539–553.

Polin S., Daragan M. Das Prunkgrab Alexandropol'-Kurgan. Vorbericht über die Untersuchungen in den Jahren 2004–2009 // Eurasia Antiqua. 2011. N 17. S. 189–214.

В Арктику на воздушном шаре – такая идея овладела умами многих европейских ученых на исходе XIX в. Даже сейчас, когда мы уже много знаем об Арктике и к Северному полюсу отправляются туристические рейсы ледоколов, подобный полет над пространством Северного Ледовитого океана кажется смелым предприятием.

О. А. КРАСНИКОВА

А в те годы даже мысль о таком предприятии могла прийти в голову только самым отважным. И хотя удивительный полет к Северному полюсу на аэростате шведского полярного исследователя С. Андрэ летом 1897 г. завершился трагедией, ученые и исследователи-смельчаки продолжали строить планы покорения Арктики

В АРКТИКУ НА ВОЗДУШНОМ ШАРЕ

Открытие в Фонде Полярной комиссии Российской академии наук



Эрнст Кольшюттер, Фритъоф Нансен и капитан Вальтер Брунс на переговорах Международного общества по изучению Арктики при помощи воздушного корабля (Аэроарктик). Германия, Берлин. Public domain. Справа вверху – карта из статьи «СССР и проект Брунса». Журнал «Самолет», № 10 (24), 1925 г. Public domain



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

Ключевые слова: «Аэроарктик», трансарктическая экспедиция, воздухоплавание, проект В. Брунса, Л. Брейтфус.

Key words: Aeroarctic Society, trans-Arctic expedition, aeronautics, Leonid Breitfuß, Walther Bruns' project

© О. А. Красникова, 2015



Леонид Людвигович Брейтфус (1864—1950), русско-немецкий зоолог и гидрограф, исследователь Арктики.

Справа – конверт письма на имя Брейтфуса из Международной комиссии по научному воздухоплаванию (Страсбург), 1907 г. Фото из личного архива Д. Панкратова

был открыт архипелаг, получивший название Земля императора Николая II. В Академии наук составили проект ее исследования и создали Постоянную Полярную комиссию. Планы исследователей спутала Первая мировая война: все дирижабли стали использоваться в военных действиях, а для изучения новооткрытой земли не было ни судов, ни средств.

Причудливое переплетение событий второго десятилетия XX в. определило развитие и нашей «арктической» истории. Основные ее участники оказались в весьма затруднительном положении. В России в 1917 г. к власти пришли большевики, вскоре началась

Internationale Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt.



Гражданская война. Кроме того, некоторые наиболее активные ученые из состава Полярной комиссии эмигрировали. Германии же, потерпевшей поражение в Первой мировой войне запретили строить воздушные суда, в том числе большие дирижабли, чтобы не допустить создания военно-воздушного флота. И тогда в 1919 г. бывший командир дирижабля немецкий летчик Вальтер Брунс выступил с идеей коммерческого применения воздушного судна. Он предложил использовать дирижабль для перелета из Европы в Японию и США через арктическое пространство по маршруту, значительно сокращающему время, проведенное в пути.

Берлинский гидрограф Леонид (Людвиг Готлиб) Брейтфус, эмигрировавший из России, поддержал идею, сделав к ней важное дополнение – рекогносцировочный маршрут, проложенный таким образом, что он проходил над Землей императора Николая II. Брейтфус был одним из активнейших членов Полярной комиссии и патриотом Севера, несколько лет провел на Мурмане и искренне радел о процветании Сибири, а также о том, чтобы открытый в 1913 г. архипелаг был, наконец, исследован.

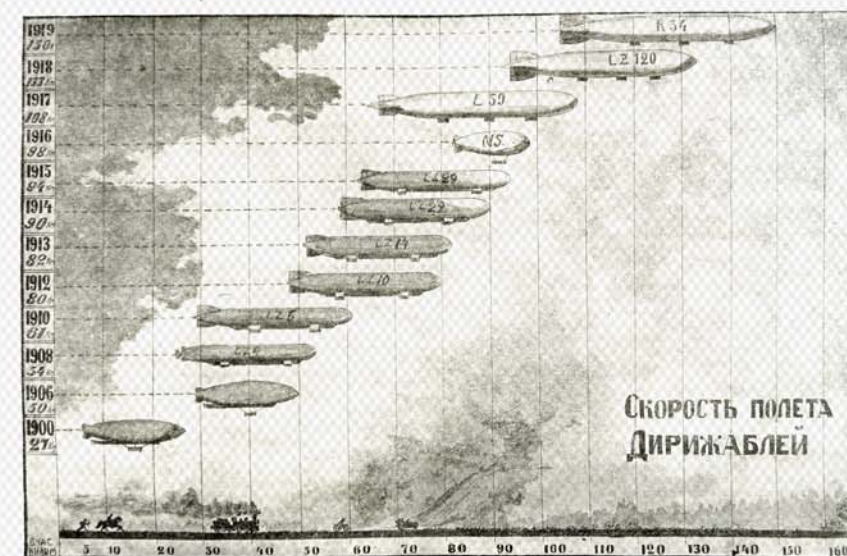
Именно этот проект – в расширенной форме – и лег в основу созданного в 1924 г. Международного общества по изучению Арктики при помощи воздушного корабля («Аэроарктик»). Председателем общества согласился стать сам Ф. Нансен. Советскому правительству предложили ознакомиться с проектом, в результате чего он поступил на рассмотрение в Полярную комиссию Академии наук.

Арктический проект Вальтера Брунса

Проект, представленный в 1924 г. от имени Вальтера Брунса, сохранился в Санкт-Петербургском филиале Архива РАН (СПбФ АРАН) в Фонде Полярной комиссии. В синей папке, на которой карандашом от руки написано «Проект Вальтера Брунса», – машинописный текст на русском языке, состоящий из трех частей.

Первая часть – «I. Вступление. Составил Л. Брейтфус, член Германской комиссии по исследованию полярных стран с помощью воздушного корабля» – включает историческую справку об исследователях и исследовании берегов Севера, сведения о полетах цеппелинов (СРФ АРАН. Ф. 75. Оп. 1. № 95. Л. 7–11). Вторая – «II. Докладная записка Комиссии по осуществлению полярных исследований с помощью воздушного корабля (цеппелина)» – посвящена истории вопроса, сведениям о погоде, навигации, описанию маршрута экспедиции, конструкции воздушного корабля, содержит данные о научной задаче (там же, Л. 11 об.–19). Третья – «Докладная записка относительно расширения гидрометеорологической службы на Севере России и Сибири с помощью воздушного корабля (цеппелина). Составили капитан Вальтер Брунс и д-р Карл Шнейдер» (там же, Л. 18 об.–23).

ДОСТИЖЕНИЯ ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ В НАГЛЯДНЫХ ТАБЛИЦАХ



Документ этот никогда не публиковался прежде и не был известен, поэтому трудно удержаться от желания привести несколько обширных цитат.

Л. 7–8. «Если мы бросим взгляд на глобус, то увидим, что Россия является одной из самых полярных стран мира: ее главный фасад, омываемый водами Ледовитого океана, выходит прямо на север, и сто шестьдесят градусов полярного круга сплошь проходят по ее территории, откуда величайшие в мире реки несут свои теплые воды в Ледовитый океан. Этим самым как бы определяется зависимость богатых естественными произведениями внутренних областей Северной России от Ледовитого океана, покорением которого, т. е. познанием его природы только и может быть достигнут успешный и дешевый сбыт этих богатств в бассейны Атлантического и Тихого океанов... Ввиду того, что для воздушных кораблей и самолетов не существует препятствий ни со стороны открытых морей, ни полярных льдов, ни топких болот, и лишь высокие горные хребты являются главным образом для кораблей некоторыми препятствиями, они могут прокладывать свои курсы по линиям большого круга, т. е. по кратчайшим расстояниям между двумя точками, северные полярные области... становятся реальным ближайшим путем между Западом и Востоком, между Европой и странами за Беринговым проливом. Действительно, расстояние между Гамбургом и Номом (на Аляске) через полюс по 10 и 170 меридиану составляет всего лишь 65 градусов, т. е. около 3900 миль, или 7223 километра, а может быть

Демонстрация достижений воздухоплавания. Рис. из журнала «Самолет», № 11 (25), 1925 г. Библиотека РАН, Основной фонд. Санкт-Петербург

свободно покрыто современным цепелином в 60 часов. Но не за одно только кратчайшее расстояние между Западом и Востоком важны для России полярные области; соседство России с высокоарктическими областями имеет для нее еще и другое значение, а именно: на границах сибирского материка и обширной океанской ледниковой пустыни образуются центры атмосферных возмущений, от которых зависит состояние погоды значительной части Европейской России, а также условия распределения льдов и образования туманов на путях морских сообщений с Сибирью».

Л. 10–11. «...Нижеизлагаемый проект капитана Брунса, как опирающийся на новейшее завоевание авиации, при своем осуществлении должен внести громадный прогресс во все отрасли как специально полярных исследований, так и технических оборудований в малодоступных полярных областях, т. к. он даст полную возможность легко и быстро преодолеть огромные труднодоступные районы и при этом не только производить в них всевозможные исследования, но также и доставлять в любой пункт людей и значительные грузы, как то: радио- и геофизические станции с полным оборудованием и значительными жизненными запасами – и, наконец, спасать людей и ценные грузы с потерпевших крушение судов и т. п.

...Для рационального эксплуатирования лесных, рыбных, пушных и ископаемых богатств Северной Сибири и правильного развития там судоходства как на морских, так и на речных путях параллельно с гидрометеорологической сетью придется строить также и более обширную сеть культурно-административных пунктов по всей необъятной сибирской тайге, около которых могли бы возникать поселения будущих культуртрегеров... Другое более обширное применение проекта Брунса должно вылиться в грандиозное начинание мирового значения и оживить скованную льдами полярную пустыню, открыв через нее трансарктический трафик между Европой и культурными центрами на северных берегах Тихого океана (см. прилаг. карту)».

Сведения о погоде, навигации и путь экспедиции

Л. 12 об.–13. «...Согласно новейшим наблюдениям... в слоях, какие входят в расчет при предполагаемых полетах (1000 метр.), следует ожидать температур лишь немного более низких, нежели те, в которых обыкновенно протекают воздушные полеты в умеренных широтах... В это время в полярной области штормы чрезвычайно редки, облачность и туманы еще не значительны и осадки лишь в исключительных случаях представляют сколько-нибудь значительную величину. Неблагоприятными в метеорологическом отношении являются области Гренландии, Баренцева

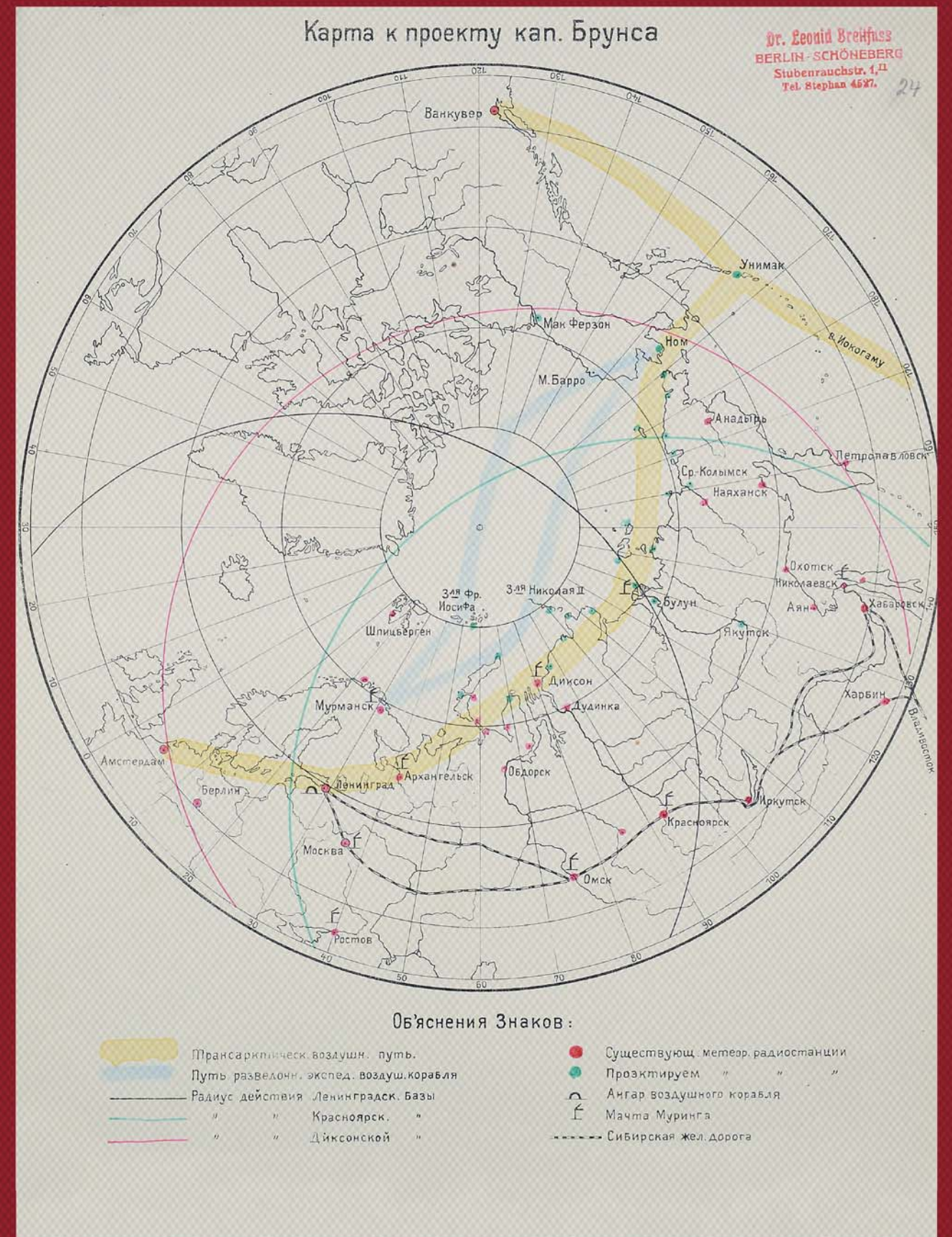
и Карского морей. К счастью, эти области освещаются рядом постоянных метеоролог. станций, численность которых, надо думать, в ближайшем времени возрастет. Это дает возможность руководителю воздушного корабля заблаговременно ознакомиться с состоянием погоды в этих областях. Это обстоятельство побудило комиссию избрать г. Мурманск на Кольском заливе исходным пунктом воздушного плавания».

Л. 13–13 об. «Все главные приборы для сохранения определенного курса в полярной области мало надежны (О.К: магнитный компас, гироскоп и др.). В противоположно сконструированный солнечный компас должен явиться здесь прекрасным навигационным пособием, имея еще и то преимущество, что он даст возможность вести воздушный корабль по большому кругу... Главным же средством определения места должно быть оставлено за радиопеленгованием».

Л. 13 об. – 14 об. «Выбор пути для полета обуславливается тремя обстоятельствами: 1) условиями благоприятного состояния метеорологических элементов, 2) возможностью выполнения научных наблюдений и решения географических проблем, главным образом, в неисследованной еще области, 3) возможностью, в случае аварии, из любой точки пути добраться до земли своими средствами даже на значительно поврежденном корабле... Путь полета поэтому выбран с таким расчетом, что он нигде не отстоит от берега больше, чем на 800 километров. Экипаж корабля на такой случай снабжен полярным снаряжением и продовольствием на срок 64 дня. За это время можно рассчитывать достигнуть до какого-либо жилого места.

На этих основаниях проектировано следующее направление полета. Исходной точкой должен быть порт Мурманск, самый северный из портов, соединенных железной дорогой, и который может быть достигнут на современном воздушном корабле в один день. Здесь не требуется устройства ангара для воздушного корабля, достаточно лишь иметь дополнительные запасы бензина и масла. Направление первой части пути отсюда должно быть выбрано в зависимости от господствующих метеорологических условий (см. прилаг. карту). Всего вероятнее, что полет направится через Шпицберген или через землю Франца Иосифа к полюсу. Отсюда через неисследованную область к американскому архипелагу, к мысу Барро и далее к городу Ном на Аляске, которая намечается как поворотный и остановочный пункт. После приема здесь эксплуатационных материалов немедленно приступается к обратному полету через

Рукописная карта-маршрутка к проекту капитана В. Брунса. 1924. В правом верхнем углу – личный штамп Л. Брейтфуса.
СПФ АРАН. Ф. 75. Оп. 1. № 95. Л. 240. Санкт-Петербург





Весь Мурманск 1930-х гг. уместился на одной фотографии.
 Источник: http://murmansk-nordika.blogspot.ru/2012/10/blog-post_15.html

Берингов пролив, чрез неизвестную область к Земле Николая II. Далее направление курса должно быть поставлено в зависимость от полученных по радиотелеграфу на Мурманске метеорологических данных. При благоприятных обстоятельствах курс может быть проложен согласно интересам географических исследований к мысу Желания на Новой Земле и отсюда в Мурманск. При известных особых метеорологических условиях курс может быть при выходе из Мурманска направлен в обратном порядке, т.е. сначала к Земле Николая II, далее к острову Врангеля и т.д. и при возвращении чрез северо-американские острова, Северный полюс и т.д.»

Конструкция воздушного корабля и научные задачи

Л. 14 об. – 15 об. «Конструкция корабля должна до самых деталей удовлетворять тем самым требованиям, которые обуславливаются арктической обстановкой, избранным путем полета и поставленными научными задачами... Проектируемый воздушный корабль должен обладать объемом в 150 000 куб. метр. и быть наполнен

гелием. Такой корабль будет в состоянии, при общей подъемной силе почти в 155 000 килограмм, принять на борт экипаж и ученый персонал в числе 50 человек, продовольствия на 64 дня, снаряжения на случай несчастья, состоящего из палаток, каяков и нарт, и также 65 000 килограмм топлива, потребного на 100 часов полного хода, и, наконец, необходимый запасный балласт. Машина из нескольких отдельных моторов, общей сложностью в 3000 PS, способна будет сообщить такому кораблю наибольшую скорость около 120 километр. в час... В Номе, поворотном пункте, корабль должен будет принять добавочный запас топлива».

Л. 15 об. – Л. 18. «...Воздушный корабль даже при одном только полете, нигде не делая посадок, может дать значительные научные результаты. Прежде всего может ответить на самый существенный географический вопрос о распределении суши и воды... Десять лет тому назад к северо-западу от мыса Челюскин была открыта Земля Николая II, берег которой прослежен с моря лишь на 250 километров. Здесь является серьезным вопросом установить, состоит ли эта земля из одного большого острова или же здесь находится целый архипелаг, а также где лежит западная граница его.

По всему пути полета возможно будет установить границы распределения открытого моря и льда, характер последнего, а также нахождение плавника. Обработка такого материала даст возможность сделать заключения относительно поверхностных течений в Полярном океане. В отношении новых земель также будут собраны важные наблюдения по морфологии и глясиологии, причем много пользы может принести здесь фотографическая съемка и кинематография. Конечно, в течение всего полета могут с удобством производиться метеорологические наблюдения и наблюдения над атмосферным электричеством... Результаты первого полета должны быть дополнены такими же новыми экспедициями, а также экскурсиями в отдельные районы. Опыты этих полетов будут иметь, наконец, решающее значение для проекта трансарктических воздушных рейсов капитана Брунса из Амстердама чрез Копенгаген, Петербург, Архангельск, Ном, Унимак (на Алеутских островах) в Иокогаму, или же Ванкувер и Сан-Франциско...

Составленная Брунсом схема деятельности будущего трансарктического предприятия предусматривает наличие шести воздушных кораблей по 150 000 куб. метр. вместимости, из коих каждый в состоянии принять по 100 пассажиров при 10 000 килограмм почтового груза... Цена переезда из Иокогамы возрастет лишь в 50 % против цены по 1 классу на пассажирском пароходе, несмотря на то, что цель поездки будет достигнута в 5 раз скорее.

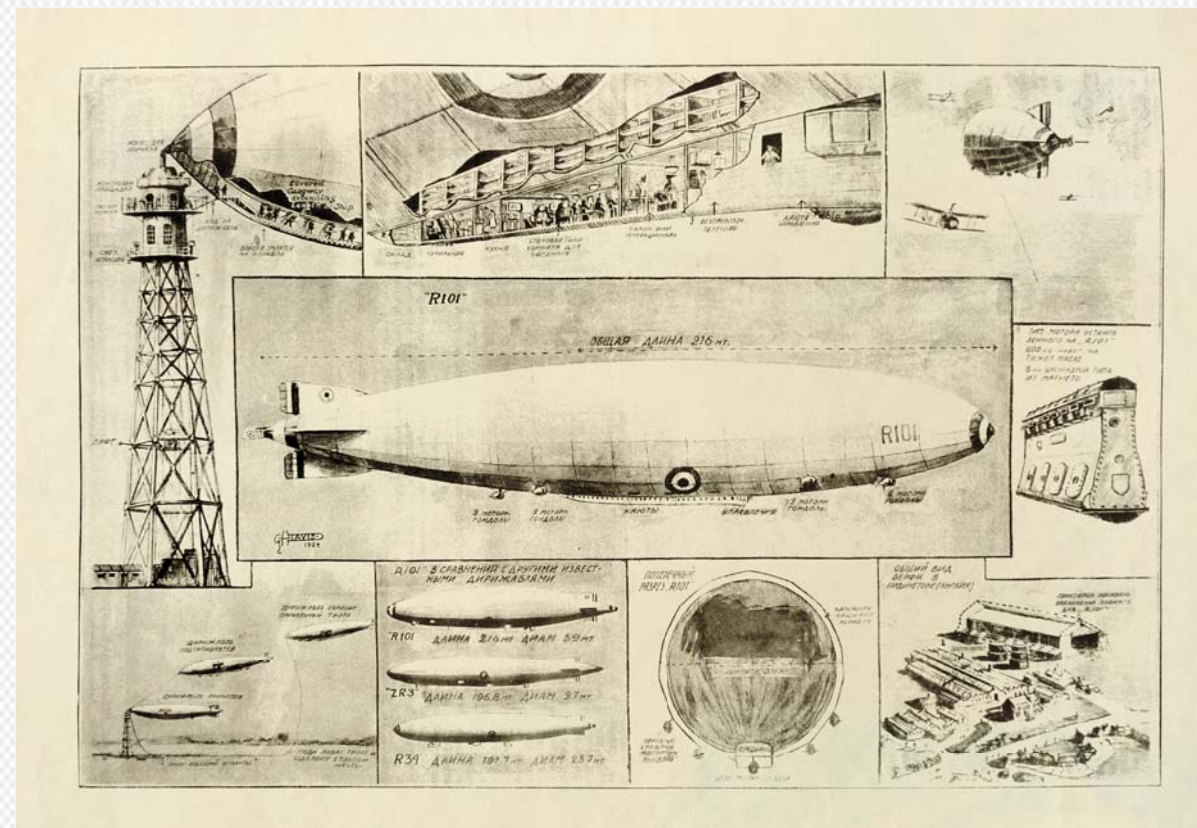
Таким образом, наука и мировое хозяйство являются одинаково заинтересованными в осуществлении и проведении в жизнь трансарктических воздушных рейсов».

Сибирская сеть оповещений и сообщений

Л. 18 об. – Л. 23. «Уже много десятков лет тому назад при основании метеорологической сети в России и Северной Сибири придавалось большое значение станциям, возможно выдвинутым к северу, как напр. в Обдорске, Туруханске, Верхоянске... В более неблагоприятном положении находятся станции, расположенные не на реках или на прибрежных островах Ледовитого океана. Лишь в последнее время с введением в жизненную практику радиотелеграфии стало возможным своевременно использовать наблюдения таких станций.

Сегодня... наука признает за крайнюю необходимость наблюдать периферию полярной зоны с помощью хорошо развитой сети метеорологических станций. Россия, как наиболее в этом заинтересованная страна,

Устройство и основные характеристики дирижабля.
 Рис. из журнала «Самолет», № 1(15), 1925 г.
 Библиотека РАН, Основной фонд. Санкт-Петербург



организовала у себя в грандиозных размерах современную гидрометеорологическую службу с помощью радиотелеграфии.

Необходимость гидрометеорологических станций, однако, сказалась не только для нужд синоптической метеорологии, но также и для непосредственных нужд самого севера, где мореплавание в первую очередь нуждалось в сведениях гидрологических... Дело это в западной части пути значительно подвинуто вперед постройкой Карских радиостанций и учреждением на них метеорологических наблюдений. Таким образом, мы имеем сейчас радиостанции в Маточкином Шаре, в Карских Воротах, в Югорском Шаре, на Маре-Сале, на острове Диксон и в Дудинке; гидрометеорологическая служба при них имеет громадное значение. Конечно, для полного освещения всех гидрометеорологических процессов, обслуживающих навигацию по западной части Сибирского морского пути, необходимо иметь более широкую сеть таких станций: необходимо иметь станции на Земле Франца Иосифа, на севере Новой Земли, за западной стороне Маточкина Шара, на мысе Челюскина, на Земле Николая II...

В настоящей записке в смысле дальнейшего развития русской сети гидрометеорологических станций положено за основание главным образом предложение полярного исследователя д-ра Л. Л. Брейтфуса*, выраженное в докладе его Обществу судоходства в Петербурге 14 (27) апреля 1904 г. и принятого особой комиссией...

Проектируемая здесь значительная сеть станций, как показано на приложенной карте, может быть оборудована и содержаться в действии лишь при наличии воздушных кораблей. Необходимые инспекционные поездки по станциям, а также поездки в особенно экстренных случаях потребуют от воздушного корабля не больше часов, нежели необходимо месяцев для экспедиции на судне.

...Для нашего проекта предполагается один или два воздушных корабля с твердой оболочкой примерно в 100 000 куб. метр. объема. Длина такого корабля около 245 метров. Высота 40 метров. Естественно, что укрыть в ангаре такой грандиозный корпус в полярных странах нет возможности. В Америке современная техника создала для надежной установки такого корабля так называемую мачту Мурина (Mooring Ma[u]t), воздвигаемую на суше или на корабле из железа. Расходы на постройку таких мачт не велики; сеть же таких мачт, в расстоянии 1000 километров одна от другой, обеспечит, можно сказать, почти полной безопасностью воздухоплавание в данном районе...

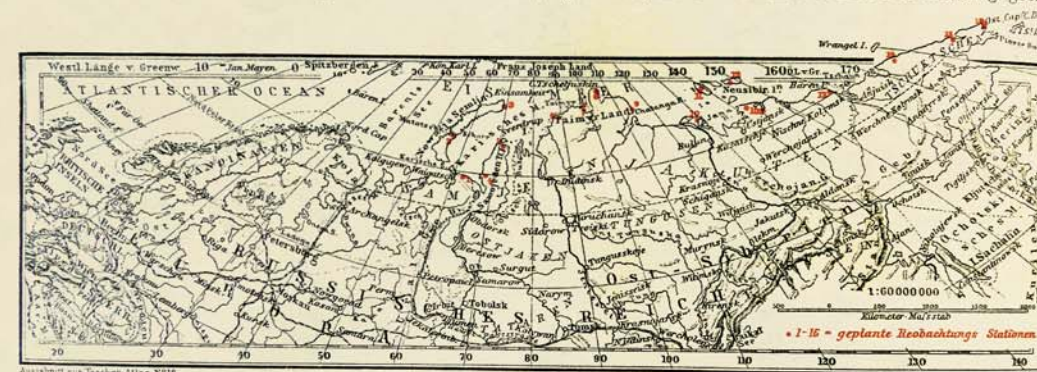
На прилагаемой карте показаны радиусами в 3000 километров району действия воздушного корабля при базе в Ленинграде, Красноярске и на Диксоне. Время полета от базы до периферии равняется 1½ суток. Таким образом, воздушный корабль в 100 000 куб. метр. в состоянии без всяких опорных станций в трое суток совершить из Ленинграда перелет до Булуна на устье Лены и вернуться обратно и перевезти при этом, кроме пассажиров, от 10–15 тысяч килограмм. груза. Для того же, чтобы не прибегать к перевозке грузов на столь большие расстояния, необходима постройка мачты Мурина при Диксоновской станции, а также доставка сюда морем и речным путем всех необходимых грузов... Радиус действия Диксоновской станции охватывает огромнейший район и может быть использован и для иных заданий. Наконец, база в Красноярске позволит обслуживать почти всю Азию.

Ни одна страна в мире не представляет для применения воздушных кораблей таких благоприятных условий, как именно Россия и Сибирь, специально в области к северу от Сибирской железной дороги, где постройка сети метеорологических станций является фундаментом для эко-

beiten von den Schiffen aus an drei Punkten gleichzeitig in Angriff genommen werden: von der Dickson-Bai aus nach O, vom Kap Deschnew aus nach W, von der Lenamündung aus nach W und O (bis zum Kap Tscheljuskin und den Neusibirischen Inseln), wobei es als nützlich erachtet wird, für jede dieser drei Untersuchungen je zwei Schiffe auszurüsten, um Unterbrechungen der Arbeit infolge Havarie des einen Schiffes vorzubeugen.

Jede Station ist auszurüsten mit meteorologischen Instrumenten für Stationen zweiter Ordnung (etwa 400 Rubel), mit magnetischen (1000), hydrologischen (250) und hydrographischen (2500) Instrumenten. Das macht im ganzen durchschnittlich für jede Station 4000, für alle 16 Stationen also 64 000 Rubel.

Für Errichtung und Unterhaltung der Station wurden je 4000, in Summa 64 000 Rubel in Anschlag gebracht.



Sibirische Beobachtungsstationen nach dem Vorschlag von Dr. L. Breitfuß.

Für 16 Boote à 300 = 4800 Rubel, für Waffen à 500 = 8000 Rubel, für Unterhaltung des Personals einschließlich Beköstigung 3600 Rubel für die vier Arbeiter, 1800 für den Feldscher, 2600 für den Meteorologen und 4000 für den Astronomen, zusammen jährlich für jede Station 12 000, für alle 16 für drei Jahre 576 000 Rubel.

Reise-, Equipierungs- und Wohnungswechselspesen dem Personal jeder Station 3500, für alle 56 000 Rubel.

Sechs voll ausgerüstete Expeditionsschiffe à 200 000, in Summa 1 200 000 Rubel.

den Apparaten (Thermographen, Barographen, Hydrographen) zu versehen und eine der magnetischen Stationen (in der Lenamündung) mit Variationsapparaten auszustatten.

Dann traten einige Mitglieder der Expedition der Meinung Warneks bei, der die Ansicht aussprach, daß, wenn auch der Holztypus für die Expeditionsschiffe gewählt wird, doch eine Unterstützung der Expeditionsschiffe durch einen Eisbrecher vom Typus des »Jermak« sehr erwünscht wäre.

Bezüglich des Beginns der Expeditionsarbeiten vertrat

В статье Л. Брейтфуса*, посвященной вопросу о морском пути в Сибирь, приведена карта, где указано предполагаемое размещение в Сибири станций наблюдения.

*Breitfuss L. Zur Frage über den sibirischen Seeweg nach Osten // Dr. A. Petermanns Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt. 50. Band. Gohna: J. Perthes, 1904. P. 285—290. Библиотека РАН. Сектор картографии. Санкт-Петербург

номического и культурного завоевания этой окраины. Сельское хозяйство, судоходство и возникающая из них добывающая и перерабатывающая промышленность должны иметь самый большой интерес к настоящему проекту. Размежевание и съемка фотометрическим путем с воздушных кораблей обеспечивает здесь их деятельность на десятки лет.

Существование цветущих городов вдоль Сибирской железной дороги, возрастающее значение устьев рек Оби, Енисея и Лены красноречиво говорит за то, что пора приступить к постройке сибирской сети оповещений и сообщений. Да пожелаем, чтобы осуществлением предложенного нами плана Россия и ее правительство разрешила столетнюю сибирскую проблему соответственно ее высокому культурно-политическому и экономическому значению. Берлин, 1 августа 1924».

Решить «столетнюю сибирскую проблему»

Скорее всего, весь текст этого документа, за исключением, может быть, сведений о навигации и конструкции воздушного корабля, был составлен и написан самим Л. Л. Брейтфусом. Мы привели столь обширные цитаты

Zur Frage über den sibirischen Seeweg nach Osten.

285

schnitt. Sie scheint am kleinsten im Dezember und April zu sein und hat zwischendurch eine merkbare Zunahme. In dieser Zeit, d. h. im Hochwinter, ist die Zahl der Hagelstürme am größten, und am kleinsten im Hochsommer, entsprechend der geringen Luftfeuchtigkeit, sowie der

hohen Lufttemperatur, die etwaige Hagelbildungen schon im Beginn aufheben würde. Schnees fällt sehr reichlich, so daß in einzelnen Wintern hochgelegene Ortschaften tagelang von jenem Verkehr abgeschnitten sind (vgl. Meteorologische Zeitschrift 1894, S. 191).

Zur Frage über den sibirischen Seeweg nach Osten.

Von Dr. L. Breitfuß.

Die ersten Versuche zur Auffindung der »Nordostpassage« wurden von Holländern und Engländern im 16. Jahrhundert unternommen. Sie hatten die Auffindung des nächsten Weges nach Indien zum Zwecke; da diese Reisen aber bloß auf Vermutungen basierten, hatten sie keinen Erfolg. Erst in der Mitte des 17. Jahrhunderts (1648), seit der Entdeckung der Meeresengen zwischen Asien und Amerika durch den Kosaken Seemann Deschnew, trat die Frage in ein neues Stadium, und schon unter Anna Iwanowna (1733—44) wurde die »Große Nordische Expedition« unter Führung Berings ausgerüstet. Sie begann so ziemlich gleichzeitig von fünf verschiedenen Punkten, und zwar:

1. Von Archangel aus gingen Murawjew und Pawlow, welche später durch Malgjin und Skuratow ersetzt wurden, nach dem Ob.
2. Von der Obmündung aus gingen Golowin und Orwin, später abgelöst durch Minin und Koschelew, nach W und O.
3. Aus dem Jenissei gingen 1738 nach O Minin und Sterlegow.
4. Aus der Lena gingen nach W 1735, 1736 Pronstschischew, nachher Ch. Laptjew mit Tscheljuskin und Tschekin, nach O Lasiow und D. Laptejew.
5. In dem Stillen Ozean waren Bering und Tschirikow mit der Auffindung von Amerika betraut, Spangberg ging nach S, nach Japan.

Jede der Expeditionen verfügte über 2—3 Schiffe mit großem Proviantvorrat, außerdem waren an verschiedenen Küstenplätzen Proviantmagazine errichtet worden. Mit Ausnahme der Küsten des Karischen Meeres basieren heute noch unsere Karten auf den vor 100 Jahren von der wahrhaft großartigen Expedition gewonnenen Daten.

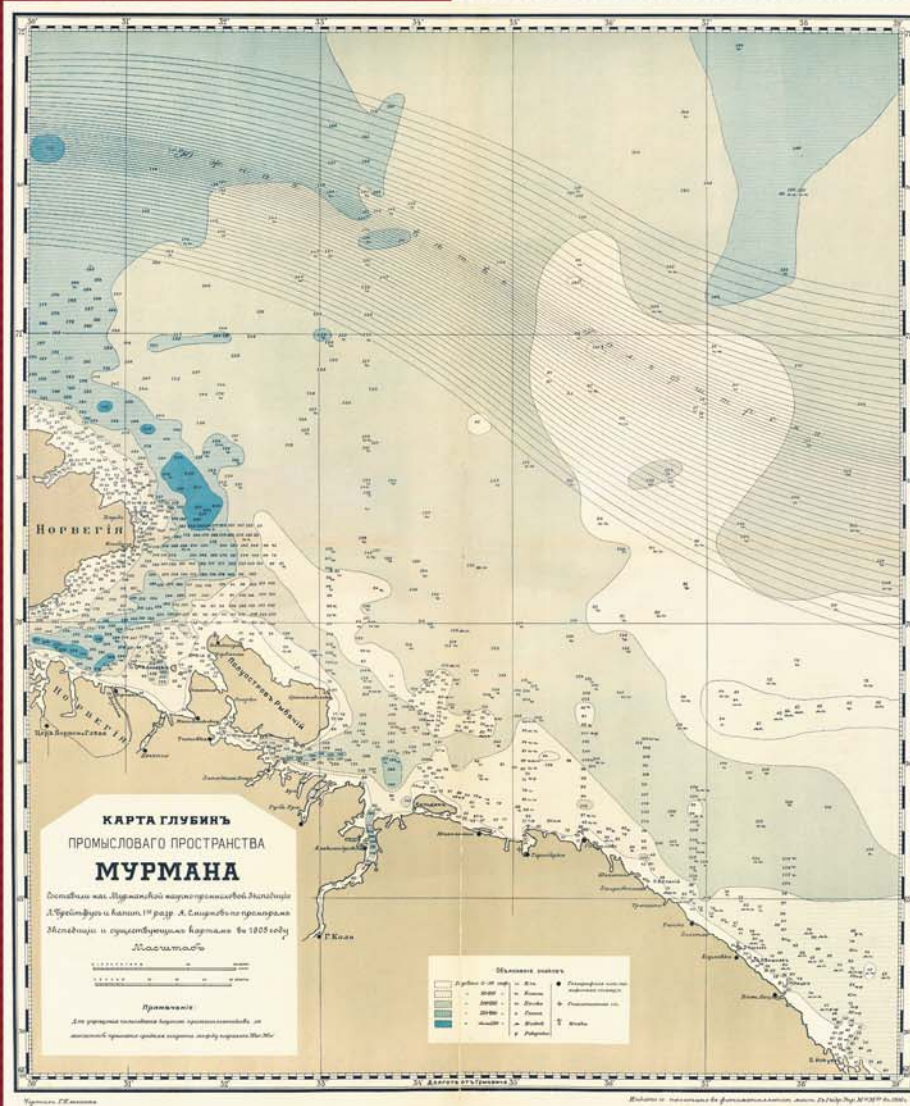
Bald darauf wurde auf Initiative Lomonossows die Tschitschagowasche Polarexpedition ausgerüstet, die aber keinen großen Erfolg hatte. Außerdem muß noch der Arbeiten des Kpt. Billings im Jahre 1791 zwischen der Tschukotski-Bucht und dem Tschukotaki-Kap oder Kap Deschnew an der Beringstraße gedacht werden.

Die Ara der mehr praktischen Untersuchungen in dieser Richtung begann erst im Jahre 1821, als Leutn. Lütke die Untersuchungen der Küsten von Nowaja Semlja und deren Meerengen aufnahm, während der Steuermann Iwanow

Причалная мачта для дирижабля.

Рис. из журнала «Самолет», № 1 (15), 1925 г. Библиотека РАН, Основной фонд. Санкт-Петербург

* Dr. L. Breitfuss. Zur Frage über sibirischen Seeweg nach Osten. "Peterm. Geogr. Mitteilungen", 1904. Heft 12.



Карта глубин промыслового пространства Мурманска, составлена начальником Мурманской научно-промысловой экспедиции Л. Л. Брейтбусом и капитаном первого разряда А. П. Смирновым в 1905 г. По: *kolamar.ru*

Вверху – титульный лист статьи Л. Брейтфуса «Северные морские экспедиции 1912 г. и их поиски»

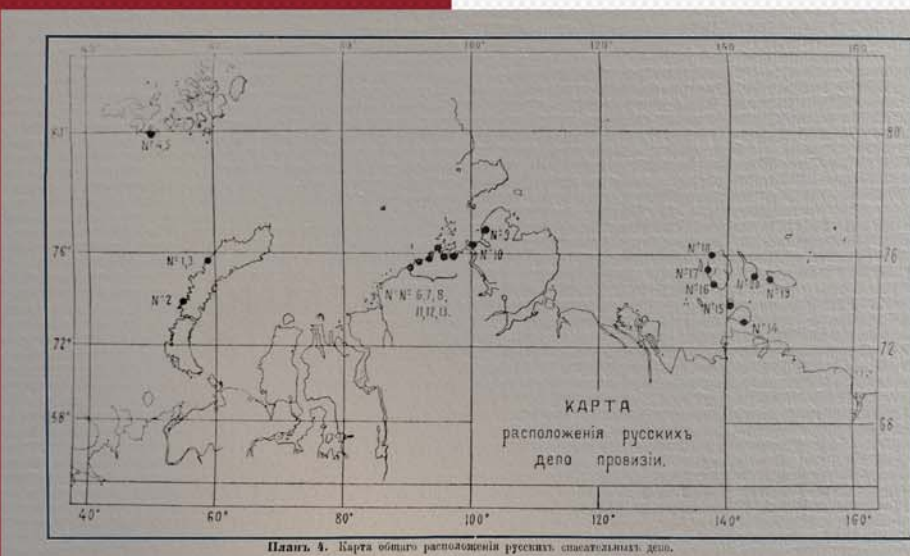


Посадка дирижабля SL I в г. Брюле (Германия). 1912 г. Источник: *www.rohrhof.eu*

Участники работ Мурманской научно-промысловой экспедиции 1906 г. Второй слева в нижнем ряду – Л. Л. Брейтбус. Труды Мурманской научно-промысловой экспедиции 1906 года: отчет начальника экспедиции Л. Л. Брейтфуса. Библиотека РАН, Санкт-Петербург

из него неслучайно – простой пересказ не смог бы дать истинного представления о том, с какой глубиной заинтересованностью в развитии России (уже Советской) излагал свои мысли и предложения ученый, находящийся в Германии. И хотя личная подпись Брейтфуса стоит лишь под предисловием, его участие в научной части проекта или даже его авторство угадывается из самого содержания документа, тех мест, на которых акцентируется внимание. Это, прежде всего, роль спасательных станций, географические условия севера России, необходимость пролететь над Землей императора Николая II и даже тот факт, что при постройке причальной мачты для дирижабля предпочтение было отдано не Архангельску, а Мурманску.

Брейтбус много лет провел на Мурмане, будучи сначала ассистентом (1898–1902 гг.), а затем и начальником (1902–1908 гг.) Мурманской научно-промысловой экспедиции. Кроме того, в 1902–1910 гг. он был уполномоченным по Мурманским спасательным станциям Общества спасания на водах. Как один из активнейших членов первого состава Полярной комиссии, Брейтбус совместно с И. П. Толмачевым еще в 1916 г. пытался добиться принятия закона о безопасности мореплавания, а целый ряд его работ посвящен формированию и размещению по территории севера России спасательных станций. Еще в 1914 г. он предложил использовать самолет для географических исследований и поиска экспедиций, пропавших на Российском Севере, и по его инициативе в том же году впервые применили самолет-гидроплан «Морис-Фарман» для поиска экспедиции Г. Я. Седова.



ОГЛАВЛЕНИЕ.

I. О хлебных угодьях Восточного моря. Л. Рудницкий.	Стр. 155
II. Физико-географический очерк Омского озера. С. А. Соколов.	231
III. Путешествие в Колыму в 1909 г. Г. Я. Седов.	262
IV. Международная служба наблюдения за льдами в Северной Атлантике. Л. В. С.	327
V. Экспедиция Э. Шенкеля в южную полярную область. Ю. Шенковский.	333
VI. Данные о приливах в Северо-Двинской губе и в устье реки Мезени. Л. Шенковский.	351
VII. Указатель спелеологических дел, устроенных русскими экспедициями на берегах Северного Ледовитого океана. Л. Брейтбус.	363
VIII. Библиография:	
1) Никольск. Аэрофотография. С. А. С.-вн.	377
2) Измерительная фотография и приложения ее к авиации. С. А. С.-вн.	379
3) The state of the Arctic sea, summary, average limits etc. Ю. Ш.	380
4) The state of the ice in the arctic sea. Ю. Ш.	381
Приложения:	
1) О плавании у берегов Тихоокеанского пролива, Охотского и Берингова морей с 25 таблицами и двумя борозками. В. Шильд-мисхель.	1—13
2) Указатель картографических материалов Северного Ледовитого океана (от Норд-Кала до мыса Дежнева) с 1734 по 1914 г., хронологический и географический карты и карты Главного гидрографического Управления (составлены в хронологическом порядке). В. Шильд-мисхель.	1—48



В журнале «Записки по гидрографии» (Т. 41, вып. 2–3, 1917 г.) была помещена статья Л. Брейтфуса о продуктовых складах, устроенных российскими экспедициями на берегах Северного Ледовитого океана, включавшая «Карту расположения русских депо провизии». Библиотека РАН, Санкт-Петербург



Знаменитый исследователь Арктики, норвежец Фридьоф Нансен, 1888 г.
Фотограф L. Szacinski de Ravics. Public domain

В своем проекте Брейтфус с большими подробностями говорит о создании сети станций, где должны производиться метео- и другие наблюдения, о подъеме экономической и культурной жизни в Сибири. Таким образом вся научная биография ученого становится основой для проекта, который, как ему представляется, совершенно изменит жизнь в Сибири, сделает города вдоль Сибирской железной дороги цветущими и разрешит «столетнюю сибирскую проблему соответственно ее высокому культурно-политическому и экономическому значению».

Исследователь Европейского севера России и активный член Полярной комиссии, Брейтфус, несомненно, очень желал помочь реализовать задачу обследования Земли императора Николая II, которая и послужила поводом к созданию Комиссии. Увидев в проекте Брунса такую возможность, он, по-видимому, переработал его с учетом максимальной пользы для Российской Севера. Чрезвычайная быстрота, с которой проект с уже готовой новой картой полета оказался в Советской России на рассмотрении Правительства, указывает на то, что документ, вероятнее всего, был составлен заранее. Еще на октябрьском заседании 1924 г., где состоялось утверждение «Аэроарктик», этот проект рассматривался в качестве основного. То есть фактически само Общество «Аэроарктик» создавали под проект

Брунса, который на самом деле стал уже проектом Брейтфуса–Брунса, при этом одной из его главных целей заявлялось обследование Земли императора Николая II. В этом убеждает и то, что значительная часть текста позднее была опубликована Брейтфусом в его небольшой монографии, посвященной Арктике.

«Воздушный корабль в мировом сообщении»

Что же осталось в проекте Брейтфуса от проекта Брунса? Лишь небольшая часть – что рекогносцировочный полет послужит основанием для трансарктических перелетов, а также расчеты технических составляющих дирижабля.

Для сравнения можно обратиться к тексту доклада капитана Брунса в Датском Аэронавтическом обществе в Копенгагене 4 декабря 1924 г., с которого началось наше повествование (см. «НАУКА из первых рук», 2015. № 1 (61)). Этот текст приложен к основному проекту и предваряется следующим сообщением: «В дополнение к Докладной записке по проекту капитана Брунса, уже известной Вам, имею сообщить нижеследующий доклад. Берлин, 12 января 1925 г. Л. Брейтфус». В этом докладе Брунс останавливается в основном на экономической стороне дела, приводит технические подробности постройки, наполнения дирижабля, сведения о причальных мачтах и ангарах для дирижаблей, ожидаемые выгоды от его использования. Сам доклад так и озаглавлен: «Воздушный корабль в мировом сообщении».

Завершается доклад словами: «Было бы долго, да и нескромно с моей стороны подвергать здесь критике различные воздушные линии, по которым сейчас проектируются различные воздушные сообщения. Но я хотел бы теперь же изложить вам проект, над которым я работаю уже ряд лет и для которого проектируемая мною совместно с проф. Нансеном Арктическая экспедиция должна явиться лишь пробным шагом. Я спрашиваю: почему воздухоплавание имеет такой интерес в полярных исследованиях? И отвечаю: потому, что проектируемое воздухоплавание через полярные страны из Европы в страны на Тихом океане найдет здесь на пути своем наиболее благоприятные метеорологические, технические и экономические условия для полета. Для всякого другого сообщения Арктика являет прямо непреодолимые препятствия. Хотя и здесь не следует ожидать, что линия эта пойдет по большому кругу».

Примем за исходную точку полета Амстердам и за конечную Иокोगаму или Ванкувер и Сан-Франциско и попробуем их соединить воздушным путем, – мы увидим, что наиболее рационально будет дать этому пути направление через Копенгаген – Ленинград – Архан-

Erste Fahrt des Luftschiffes „SCHÜTTE LANZ.“

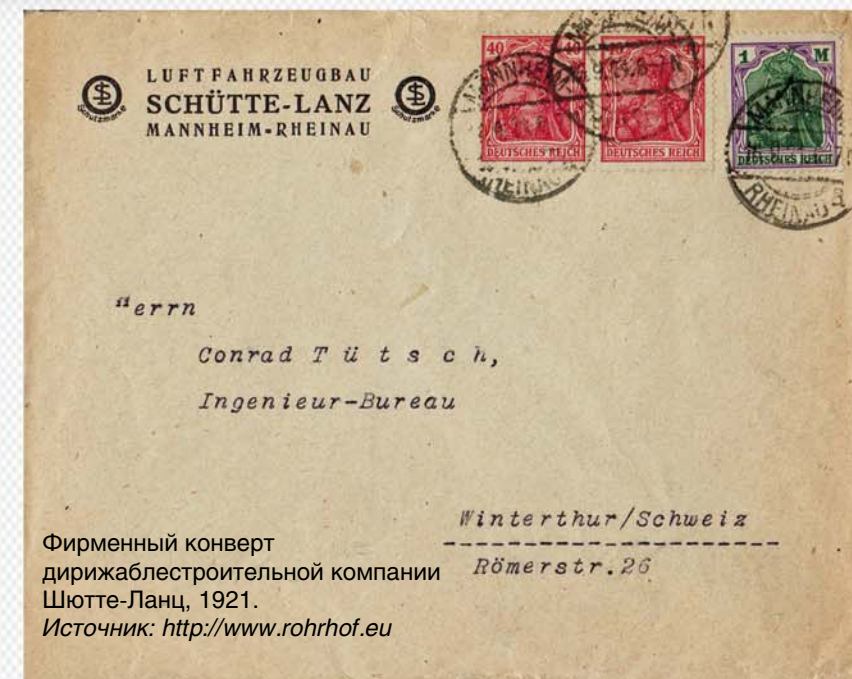


Первый полет дирижабля SL I и портрет его изобретателя – профессора И. Шютте.
Источник: <http://www.rohrhof.eu>



гельск – устья рек Оби и Лены – Берингов пролив – Алеутские острова (Унимак). Здесь путь должен расходиться: одна линия пойдет через Петропавловск в Иокोगаму, другая в Ванкувер и Сан-Франциско. Я уверен, что по этому пути длиной в 13–14 000 километров возможно будет в 6–7 суток совершать почтово-пассажирское движение. При обычном же первоклассном сообщении переезд из Европы в Иокोगаму требует около 35 дней... Проект этот должен иметь уже по одному тому громадное международное экономическое значение, что он во многих случаях сокращает время сообщения в несколько [раз] ...

Я уверен, что одна из великих культурных держав поможет проф. Нансену и мне осуществить



Фирменный конверт дирижаблестроительной компании Шютте-Ланц, 1921.
Источник: <http://www.rohrhof.eu>

постройку подобного воздушного корабля. Нисколько не рискуя, она исполнит этим одну из величайших культурных задач всего Северного полушария и пожнет первая, с помощью этого же воздушного корабля, плоды нового воздушного сообщения».

В поддержке – отказать!

Брейтфус, судя по всему, был уверен в успехе своего предложения. Почти не сомневаясь в положительном решении, в своем проекте он особенно останавливался на описании того, как Северная Сибирь расцветет при использовании дирижабля в качестве транспортного средства: и завезти можно будет все, что угодно, и в любых количествах, и построить, и край наконец-то заживет...

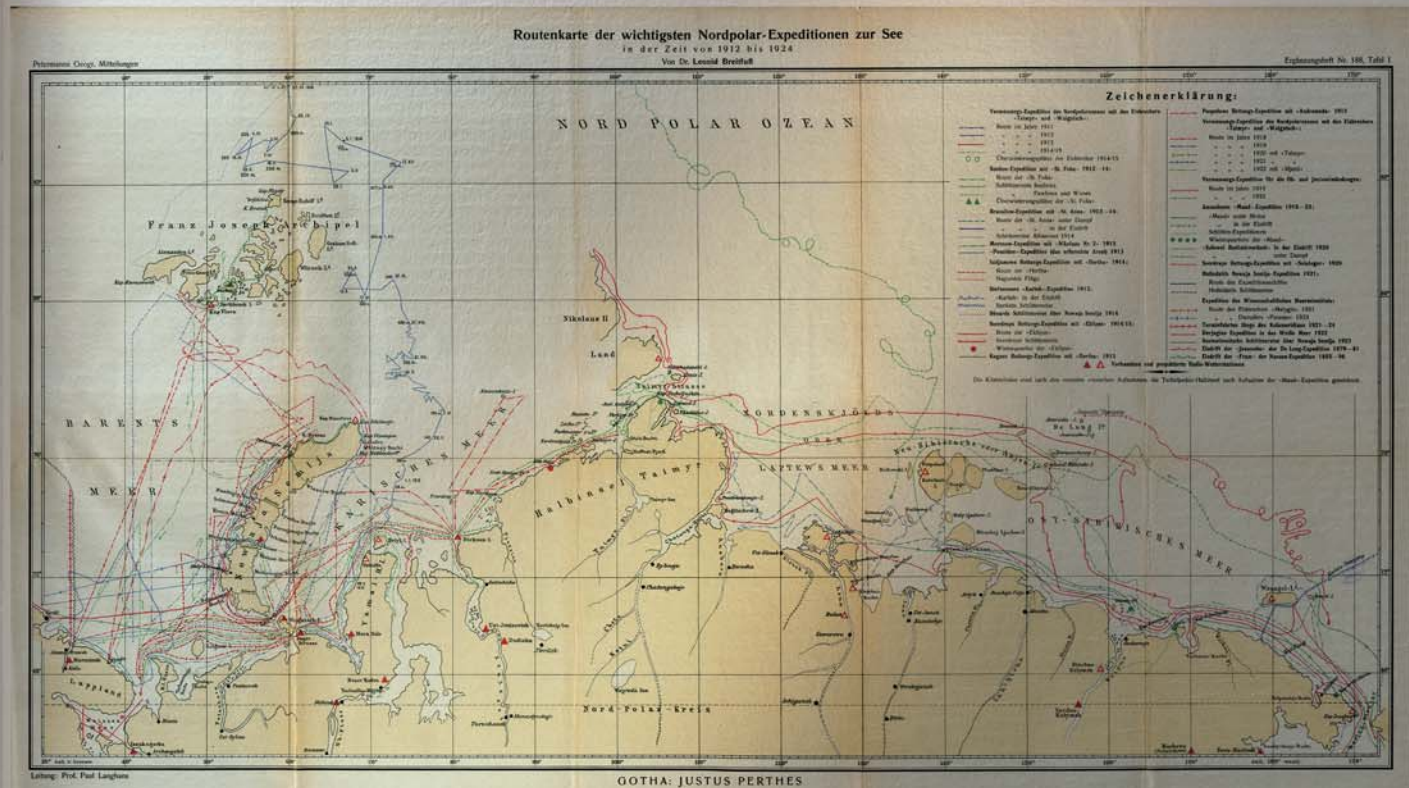
Основания для такой уверенности у него были. Проект был подписан Комиссией, состоявшей из ведущих германских специалистов. Научную сторону проекта поддержал Ф. Нансен, техническую – инженер И. Шютте, известный конструктор воздушных кораблей и председатель Общества воздухоплавания в Германии. Предварительные доклады по проекту состоялись в Копенгагене и Осло. В советской прессе, где были помещены карты маршрута экспедиции, описание проекта и смета, а также портрет В. Брунса, проект вызвал благожелательные отклики. В том числе советские журналисты отмечали, что дирижабль как мощное достижение техники будет способствовать колонизации побережья северной Сибири.



В статье Н. Стобровского «Воздухоплавание в полярных странах» был помещен портрет В. Брунса с комментарием: «Немецкий дирижабист. Автор проектов Арктического воздухоплавания». Журнал Самолет, № 1(15), 1925. Слева – обложка журнала «Германская техника», 1925, № 4, в котором была опубликована статья Л. Брейтфуса «На воздушном корабле через Арктику». Библиотека РАН, Санкт-Петербург



Полярная комиссия рассмотрела проект на заседаниях 5 и 20 декабря 1924 г., уделив большое внимание не только научным вопросам, но и материальным, поскольку в проекте предусматривались серьезные и незамедлительные финансовые вложения со стороны России для обеспечения работы сети станций по пути следования воздушного корабля. Комиссия пришла к заключению, что хотя проект трудно осуществим с экономической стороны и мало обоснован, но содержит положения, которые могут способствовать развитию исследований в Арктике. Кроме Полярной комиссии,



свои мнения о проекте Брунса–Брейтфуса высказали представители Гидрографического управления СССР, Северной научно-промысловой экспедиции, Высшей военно-воздухоплавательной школы, Секций воздуха и земного магнетизма, Русского технического общества и др. Высоко оценил проект и известный советский полярный исследователь, океанолог В. Ю. Визе.

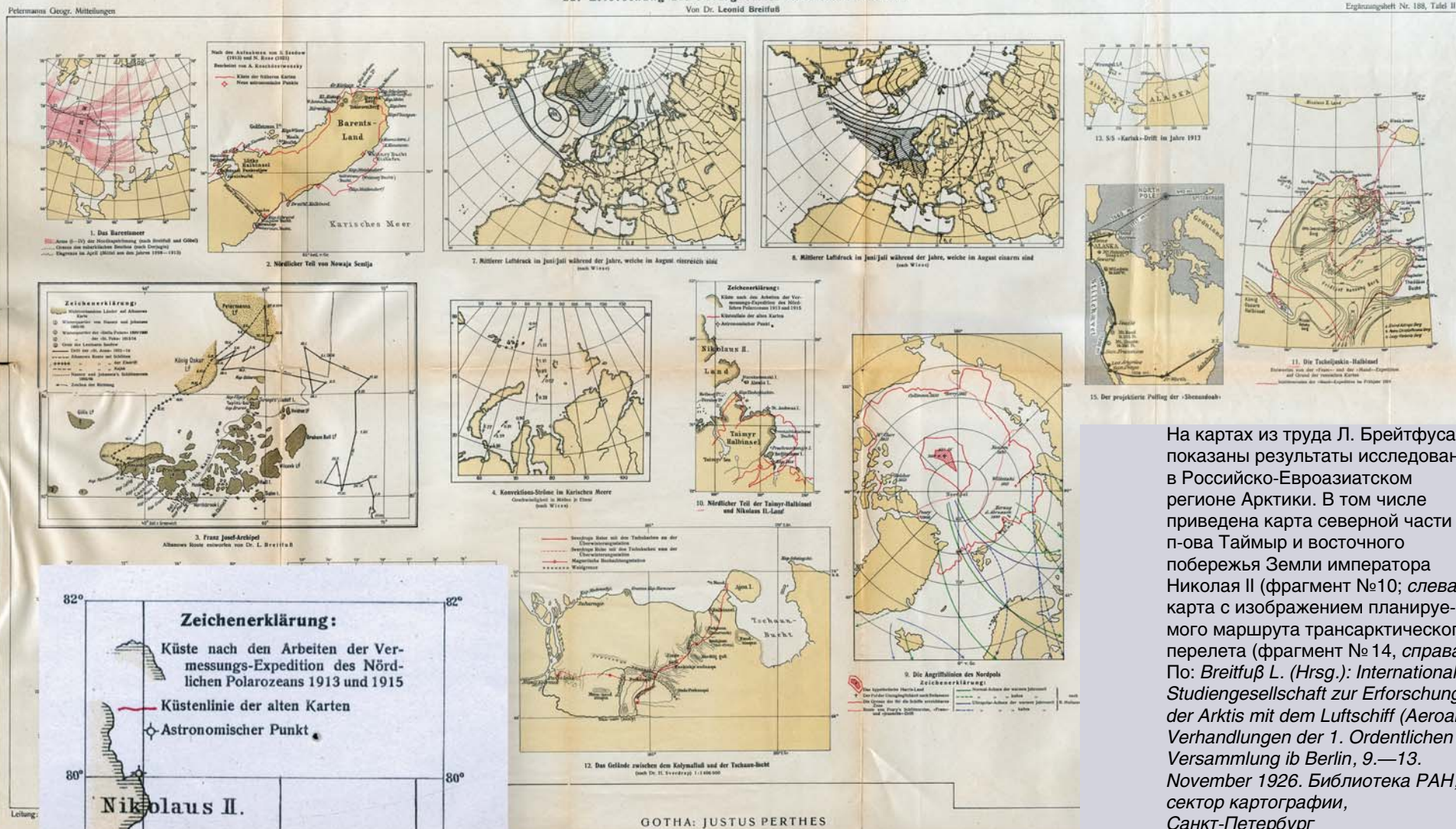
И все же, несмотря на благожелательные отзывы об отдельных частях проекта, Академия вынесла решение, что СССР не будет участвовать в его осуществлении, мотивируя отказ недостаточной разработанностью проекта и чрезвычайно высокой его стоимостью. Признавая эти мотивы отказа достаточно вескими, нельзя не учитывать, что немалую роль здесь сыграла и политическая обстановка. Земля императора Николая II, для исследования которой и была создана Полярная комиссия, к 1924 г. еще не была изучена и картографирована отечественными учеными. Поэтому в Советской России, естественно, не хотели, чтобы это сделали иностранные экспедиции, тогда как советская сторона оставалась при этом лишь пассивным наблюдателем, подготовив для них спасательные станции.

Карта маршрутов основных экспедиций в Северном Ледовитом океане с 1912 по 1924 г., составленная Л. Брейтфусом. По: Brei\ufu\ss L. (Hrsg.): Internationale Studiengesellschaft zur Erforschung dre Arktis mit dem Luftschiff (Aeroarctic). Verhandlungen der 1. Ordentlichen Versammlung ib Berlin, 9.—13. November 1926. Библиотека РАН, сектор картографии, Санкт-Петербург

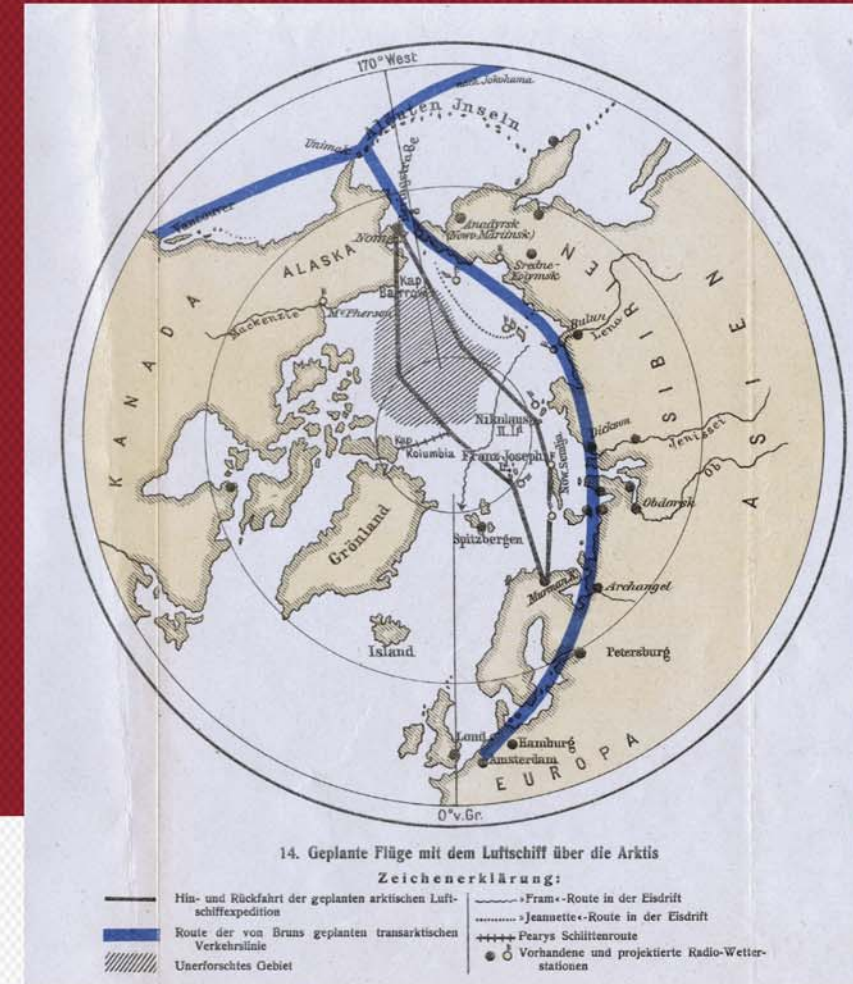
Хотя в 1924 г. проект Брунса–Брейтфуса и не получил поддержки в СССР, в июле 1925 г. В. Брунс приехал в СССР, чтобы сделать еще одну попытку достичь соглашения с советским правительством насчет воздушной экспедиции. Тогда же он совершил поездку по стране с целью пропаганды своей идеи, а также поиска места для причальной мачты – событие, освещавшееся в отечественной и иностранной прессе того времени.

Очевидно, в поддержку этого предприятия и Л. Брейтфус издал несколько работ, в том числе в Германии. Так, в выходившем в Кенигсберге русскоязычном ежемесячном журнале «Германская техника» (№ 4, 1925 г.) была опубликована его статья «На воздушном корабле через Арктику». В том же году Брейтфус выпустил в свет

Sonderkarten zur Erforschung des Polargebietes Russisch-Eurasiens
Von Dr. Leonid Breitfuß



На картах из труда Л. Брейтфуса показаны результаты исследований в Российско-Евразийском регионе Арктики. В том числе приведена карта северной части п-ова Таймыр и восточного побережья Земли императора Николая II (фрагмент №10; слева); карта с изображением планируемого маршрута трансарктического перелета (фрагмент № 14, справа). По: Breitfuß L. (Hrsg.): *Internationale Studiengesellschaft zur Erforschung der Arktis mit dem Luftschiff (Aeroarctic). Verhandlungen der 1. Ordentlichen Versammlung in Berlin, 9.—13. November 1926.* Библиотека РАН, сектор картографии, Санкт-Петербург



Литература

Брейтфус Л.Л. Указатель спасательных депо, устроенных русскими экспедициями на берегах Северного Ледовитого океана. Пг.: Тип. Мор. м-ва, в Гл. Адмиралтействе, 1917. 14 с., ил., карт. (Отд. отт. из: *Зап. по гидрографии*, 1917. Т. 41, вып. 2. С. 363—376).

Брейтфус Л.Л. Данные о плавании судов спасательных экспедиций пароходов «Андромеда» и «Киты» (Полярный) в 1915 году. Пг.: Тип. Мор. м-ва, 1916. 22 с., ил., карт. (Перепеч. из: *Записки по гидрографии*, 1916. Т. 40, вып. 3).

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

Брейтфус Л.Л. На воздушном корабле через Арктику // *Германская техника*. 1925. № 4.

Стовровский Н. Воздухоплавание в полярных странах // *Самолет*. 1925. № 1 (15).

Чухновский Б.Г. Морская авиация в полярных странах // *Самолет*. 1925. № 2 (16). С. 926.

Breitfuss L. *Die Erforschung des Polargebietes Russisch-Eurasiens: See- und Landreisen während der Jahre 1912—1924.* Gotha: Perthes, 1925.

Brun W. *Om miligheterne for arktiske forskning ved hjælp av luftskib.* // *Tidens Tegn (Christiania)*, 1924. No. 278.

Brun W. *Luftskibet i verdenstrafiken.* // *Berlingske Tidende (Kopenhagen)*, 1924. No. 337.

Brun W. *Das Luftschiff im Weltverkehr.* // *Der Luftweg (Berlin)*, 1925. No. 2.

Brun W. *Das Luftschiff als Forschungsmittel der Arktis.* Hg. von der *Internat. Studiengesell. zur Erforschung der Arktis mit dem Luftschiff.* Berlin, 1925.

обширный труд «Die Erforschung des Polargebietes Russisch-Eurasiens: See- und Landreisen während der Jahre 1912—1924», где изложил историю и результаты российских и иностранных морских и сухопутных исследований полярной зоны Европейской и Азиатской частей России в 1912—1924 гг. Это издание было снабжено картой маршрутов путешествий, которая продолжала карту, которую Брейтфус начал создавать еще в России, в первые годы своей деятельности в Полярной комиссии АН СССР.

После эмиграции Брейтфуса эту карту закончил и подготовил к изданию Д. Н. Феодотьев. Карта Брейтфуса — Феодотьева, изданная при содействии Полярной комиссии в 1922 г., включала маршруты отечественных и иностранных экспедиций с 1648 по 1915 гг. На новой карте в труде Брейтфуса были уже показаны все экспедиции с 1879 до 1925 г. Кроме того, там имелись карты к отдельным разделам книги, среди которых один из вариантов карты к проекту Брунса — Брейт-

фуса, с изображением маршрута рекогносцировочного полета, проходящего над Землей императора Николая II.

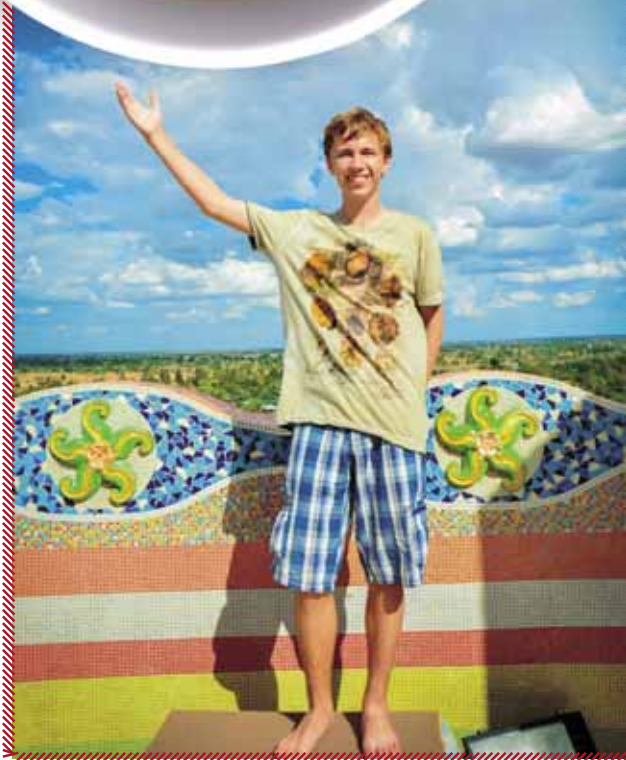
И вот тут ситуация наконец-то меняется. Проект получает официальный статус и допускается к рассмотрению в высших правительственных учреждениях. Причина проста — на этот раз Советская Россия становится полноправным участником экспедиции и Международного общества по исследованию полярных районов с помощью воздушного корабля. Советским ученым предоставляется членство в Обществе, и в СССР начинается создание своей группы «Аэроарктик».

«ЧАШКУ КОФЕ» И

ТУРНИР ЮНЫХ ФИЗИКОВ



Турнир юных физиков (международная аббревиатура IYPT) – самое известное в мире международное командное состязание старшеклассников, которое проводится ежегодно начиная с 1979 г. Участники турнира соревнуются не только в умении решать сложные исследовательские задачи, но и отстаивать свои решения в открытых научных дискуссиях. Попасты сюда непросто – для этого надо успешно пройти ряд соревнований, начиная с региональных, где школьники участвуют в научных «боях», поочередно выступая в ролях оппонентов, докладчиков и рецензентов. Каждый год в августе публикуются 17 новых задач турнира IYPT, и все они требуют проведения экспериментальных исследований



Студент 1-го курса физического факультета НГУ Николай Сибиряков

Ключевые слова: турниры юных физиков, «Школа Пифагора», открытые задачи, физический эксперимент.
Key words: young physicist's tournaments, "Pythagoras School", open problems, experimental physics

«ИСКУССТВЕННУЮ МЫШЦУ» поменяли на «серебро»

В 28-м Международном турнире юных физиков, состоявшемся в 2015 г. в г. Накхонратчасима (Таиланд), участвовало 27 команд со всех концов света, от Новой Зеландии и Кореи до США и Бразилии. К чести Новосибирска – одного из крупнейших академических и образовательных центров России, уже третий год нашу страну на турнире представляют школьники из новосибирских школ и гимназий, и уже два года подряд наша команда становится серебряным призером. В этом году в российскую сборную вошли школьники из новосибирских команд Школы Пифагора, «Случайные люди» (СУНЦ НГУ), «ИнжеНЭТИК» (Инженерный лицей НГТУ) и «Синергия» (Православная гимназия во имя Преподобного Сергия Радонежского), а в качестве тренеров выступали руководитель команды ТЮФ Школы Пифагора А. И. Щетников и старший преподаватель НГУ, к. ф.-м. н. П. П. Кроковный.

Такие успехи новосибирцев во многом обусловлены развернутой системой сибирских турниров юных физиков (СибТЮФов*), включая различные семинары и специальную летнюю школу, благодаря чему в последние годы в финале российского турнира соревнуются между собой лишь сибирские, преимущественно новосибирские команды. Из этих финалистов и формируется сборная команда России.

Нужно добавить, что участие в международном турнире подразумевает свободное владение английским и умение вести научную дискуссию на этом языке. И, конечно, юным исследователям нужно умение ярко и убедительно представлять свои эксперименты и полученные результаты, уложившись в регламент, – задача непростая и для любого ученого. По мнению А. И. Щетникова, только когда наши школьники перестанут смотреть на турнир как на экзамен и поймут, что «главная миссия докладчика – рассказать своим слушателям такую физику, о которой они сегодня узнают от него впервые, и не просто рассказать, а заинтересовать их, тогда мы начнем бороться за золото на равных с лидерами».

* Подробнее об истории ТЮФ читайте в статье А. И. Щетникова «Кубок мира по физике» // «НАУКА из первых рук». 2014. № 5 (59). С. 92–99.

По словам одного из участников IYPT-2015 Николая Сибирякова (Школа Пифагора), «турнир прошел очень классно и, как мне показалось, слишком быстро. Было очень обидно, что многие отлично решенные задачи мы так никому и не показали... Атмосфера, кстати, была очень теплая и дружелюбная, настоящая атмосфера единомышленников, приехавших из разных стран поговорить о физике. Особенно интересно было соревноваться с командами из Южной Кореи и Украины – это ребята очень дружелюбные и увлеченные физикой. Понравился и солнечный, улыбочивый Таиланд, тепло принявший нас и другие команды. Сейчас уже видно, какой колоссальный объем работы пришлось одолеть, чтобы получить медали этого турнира. Поначалу меня сильно удивляло, что так много времени уделялось подготовке не только доклада, но и самого будущего выступления. Но после турнира стало понятно, что именно этой работе нам, возможно, стоило бы уделять еще больше внимания».

Тренер Павел Кроковный («Случайные люди») считает, что «задачи у нас сделаны хорошо. Есть проблема в подаче материала. Надо за 12 минут объяснить так, чтобы даже человек, в первый раз видящий задачу, понял ее решение. Лучше полностью сделать простую задачу, чем частично сложную. Чтобы войти в финал, мало сделать хорошую исследовательскую работу – надо еще и представить ее в ярком и понятном виде».

В 2015 г. наши юные физики завоевали «серебро» – 7-е командное место из 27. В следующем году у российских юных физиков появится дополнительный стимул стремиться к покорению «вершины», так как IYPT будет проходить у нас, в г. Екатеринбурге.

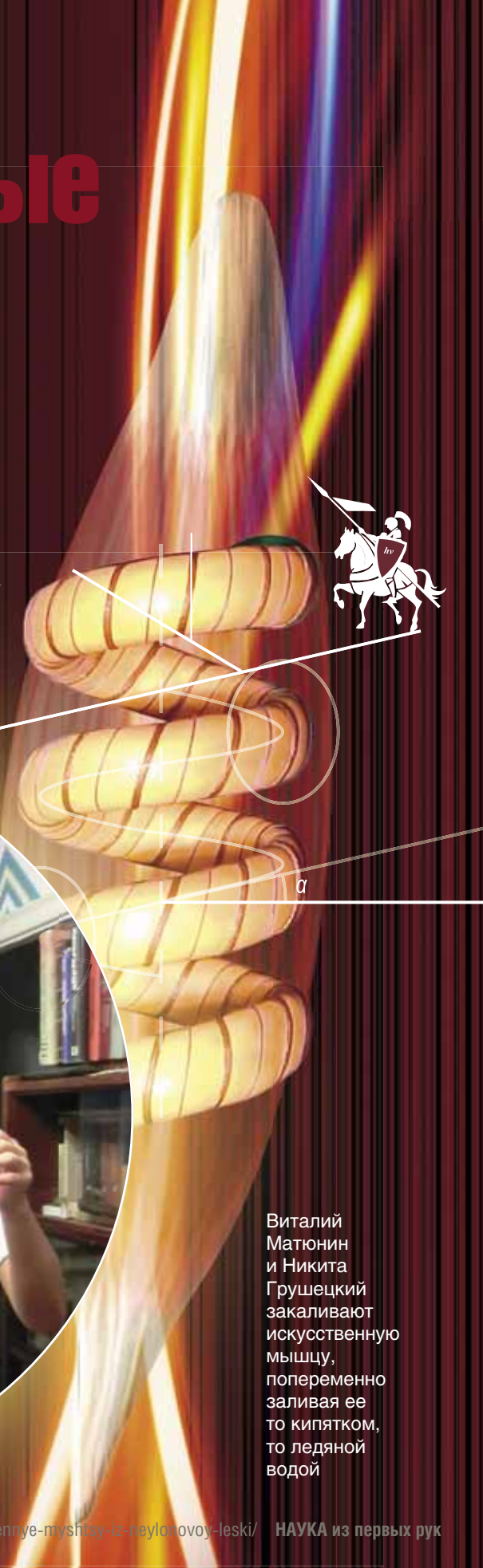
В этом выпуске журнала участники сборной России и тренеры команд ТЮФ рассказали о ходе научно-исследовательских работ по поиску решений двух из 17 задач турнира – «Чашка кофе» и «Искусственная мышца», которые наша команда представляла на IYPT-2015.

По материалам <http://sibypt.ru/iypt-2015-kak-eto-bylo/> и <http://sibypt.ru/poezdka-sbornoj-rossii-na-iypt-2015/>

Искусственные МЫШЦЫ ИЗ НЕЙЛОНОВОЙ ЛЕСКИ



Виталий Матюнин и Никита Грушецкий закаливают искусственную мышцу, попеременно заливая ее то кипятком, то ледяной водой



С обычной рыболовной леской из полимерного материала можно сделать интересный опыт. Если вытянуть леску в длину и, зажав один конец, долго закручивать другой вокруг своей оси, то на леске образуются плотные кольца и она приобретает вид спиральной пружины. При нагревании эта пружина сокращается, а при охлаждении – удлиняется. Сборная команда новосибирских школьников исследовала свойства такой «искусственной мышцы» на Международном турнире юных физиков IYPT-2015. Интересно, что для количественного описания сокращения таких мышц можно использовать теорему Калугаряну – Уайта – Фуллера, ранее нашедшую применение в молекулярной биологии при описании сверхспирализованных ДНК



Искусственные мышечные волокна, способные многократно сокращаться под действием внешнего стимула и совершать механическую работу, в недалеком будущем могут найти применение в разнообразных приложениях, от экзоскелетов и промышленных роботов до микрофлюидных технологий. Разработки и исследования искусственных мышц ведутся по разным направлениям – металлы с памятью формы, электроактивные полимеры, жгуты из углеродных нанотрубок. Совсем недавно группа исследователей предложила использовать в качестве недорогих и весьма эффективных искусственных мышц спирали, свитые из обычной рыболовной лески (Haines *et al.*, 2014). Такая искусственная мышца заметно сокращается при нагревании и вновь удлиняется при охлаждении. Изготовить спиральную мышцу из нейлоновой лески и исследовать ее свойства было предложено участникам Международного турнира юных физиков IYPT-2015 в задаче «Искусственная мышца».



МАТЮНИН Виталий Игоревич – студент первого курса физического факультета Новосибирского государственного университета. В течение четырех лет участвует в ТЮФ в составе команды Школы Пифагора, трижды был капитаном сборной России на Международном турнире юных физиков IYPT. Автор и соавтор 2 научных работ



ЩЕТНИКОВ Андрей Иванович – заместитель директора ООО «Новая школа» (Новосибирск). Руководитель команды юных физиков Школы Пифагора (Новосибирск). Область научных интересов: история точных наук, теоретическая и прикладная эпистемология. Автор и соавтор 103 научных работ, в том числе 20 научно-популярных

Ключевые слова: искусственная мышца, нейлон, линейный движитель, рыболовная леска, ТЮФ.
Key words: artificial muscle, nylon, linear actuator, fishing line, IYPT

© А. И. Щетников, В. И. Матюнин, 2015

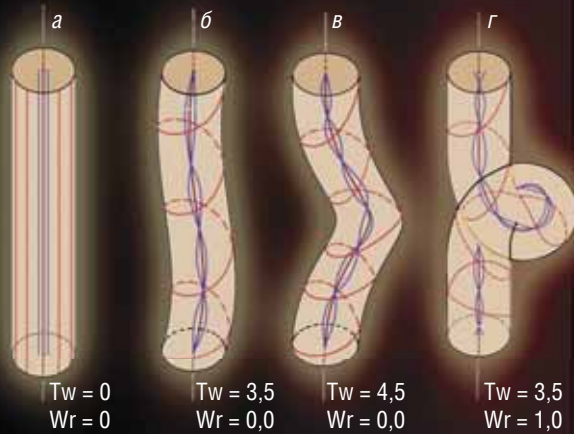


Схема образования вторичной закрутки. Зафиксировав один конец вытянутой лески (а), будем вращать другой конец вокруг продольной оси. При этом волокна у поверхности натягиваются сильнее, чем в сердцевине лески, вызывая механическое напряжение (б), (в). Если уменьшить продольную растягивающую силу, то под этим напряжением волокна будут пытаться раскрутиться. Но так как концы лески фиксированы, эта раскрутка (уменьшение параметра T_w) приводит к образованию петли (г) вторичной закрутки (увеличению параметра W_r)



Мышцы требуют тренировки

В наших экспериментах мы использовали леску диаметром 0,7 мм. Чтобы свернуть ее в спираль, мы закрепили электродрель в вертикальном положении, зажали один конец лески в патроне, а к другому концу прикрепили груз весом 3 Н – при таком весе леска не порвется, а свернется в однородную спираль. В процессе закрутки груз должен подниматься вверх, не проворачиваясь вокруг вертикальной оси, для чего на него устанавливается фиксатор.

Когда продольные волокна на поверхности лески завиваются примерно на 45° по отношению к продольной оси, леска начинает скручиваться в плотную спираль. Исходный отрезок лески длиной 1 м при скручивании превращается в 17 см такой спирали. При этом нейлон претерпевает столь сильную пластическую деформацию, что после снятия вращающего усилия спираль почти не раскручивается обратно. В принципе это новое состояние волокон можно закрепить, медленно нагрев леску до температуры, близкой к температуре плавления, а затем охладив ее.

Во избежание раскручивания спирали при последующих испытаниях мы составляли искусственную мышцу из двух спиралей с правой и левой завивкой, скрепляя их параллельно. Снизу к вертикально подвешенной мышце крепился поднимаемый груз. Для сокращения мышцы на ее верхний конец по трубке подавалась горячая вода, которая свободно стекала по спиральям вниз. Температура мышцы измерялась закрепленным на ней термодатчиком, удлинение – ультразвуковым датчиком перемещения.

Измерив в нескольких последовательных испытаниях, как длина мышцы с подвешенным к ней грузом 10 Н зависит от температуры, мы обнаружили эффект тренировки: после первых циклов нагрева и охлаждения мышца становилась длиннее, но с четвертого раза циклы начинали воспроизводиться, так что тренированная мышца длиной 200 мм при нагреве от 20 до 80°C каждый раз сокращалась на 30 мм, совершая работу в 0,3 Дж, а затем на столько же растягивалась при охлаждении. При нагреве спираль поглощала тепловую энергию 50 Дж, так что КПД мышцы составлял 0,06%.



В качестве искусственной мышцы использовалась нейлоновая леска диаметром 0,7 мм, закрученная в плотную спираль



Работа, совершаемая двигателем по перемещению груза против постоянной действующей силы, равна произведению величины силы и перемещения. Например, при перемещении свободно подвешенного груза весом 10 Н вверх (т. е. в направлении, противоположном вектору силы тяжести) на 0,03 м подъемник совершает работу $10\text{ Н} \times 0,03\text{ м} = 0,3\text{ Дж}$.

Твист и серпантин

Объясним теперь, почему нейлоновая спираль сокращается при увеличении температуры. Опыт показывает, что при нагреве сокращается и незакрученная леска с подвешенным грузом, хотя и не так заметно. Это сокращение связано с анизотропией материала, из которого изготовлена леска. Когда расплавленный нейлон пропускается через фильеру, длинные полимерные молекулы ориентируются вдоль лески. Нагруженные полимерные волокна при нагреве ведут себя так же, как и нити растянутой резины (Treloar, 1975) – сокращаются, увеличивая энтропию системы.

Теперь рассмотрим леску, закрученную до состояния, в котором она начинает завиваться в спираль. Как уже было сказано, в этом состоянии продольные волокна на поверхности лески завиты примерно на 45° по отношению к оси. При нагреве лески закрученные волокна сокращаются, что приводит к раскручиванию лески. Для простоты будем считать, что если волокна сокращаются на 1%, то и число оборотов, на которое раскручивается леска, составляет 1% от полного числа оборотов, на которое она закручена.

Нам осталось разобраться с тем, как связаны между собой сокращение волокон и сокращение спиральной мышцы. Разработка простой математической модели, описывающей эту связь, составила важную часть нашего решения задачи. В итоге для описания сокращения спирали мы применили формулу Калугаряну – Уайта – Фуллера (CWF):

$$Lk = Tw + Wr,$$

которая была доказана в дифференциальной геометрии (Călugăreanu, 1959; White, 1969; Fuller, 1971), а затем нашла применение в молекулярной биологии при описании сверхспирализованных ДНК (Fuller, 1978; Pohl, 1980).

Число зацепления Lk (англ. – *linking number*) в этой формуле показывает, на сколько оборотов нижний конец лески был закручен по отношению к верхнему. Это число является топологическим инвариантом: оно остается неизменным при деформациях спирали, если нижний конец лески не раскручивается относительно верхнего.



Сосуд для подачи воды с заданной температурой

Двойная нейлоновая спираль

Термодатчик

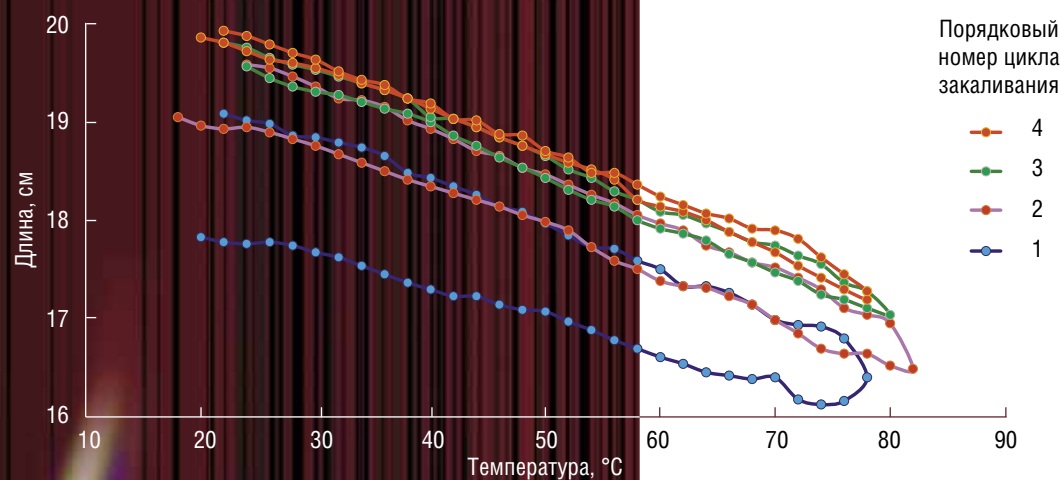
Датчик перемещения

Поднимаемый груз

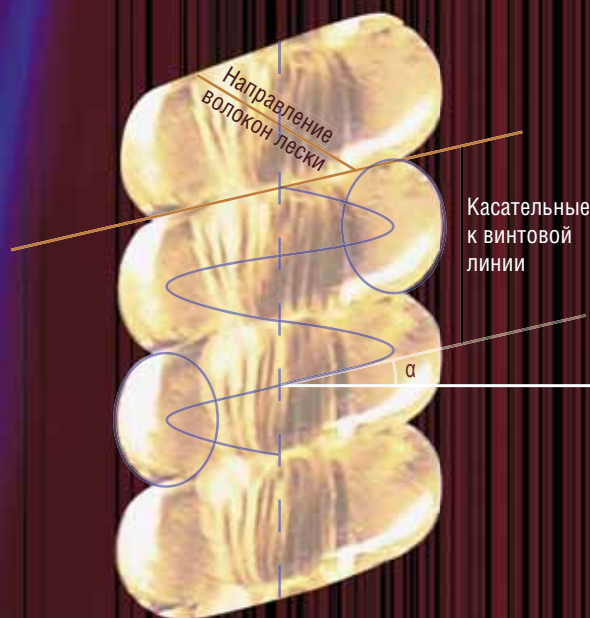
В экспериментальной установке изменение длины искусственной мышцы при нагреве и охлаждении измеряется с помощью ультразвукового датчика перемещения

Формула CWF говорит о том, что число зацепления можно разложить на два слагаемых – T_w (*twisting*) и W_r (*writhing*), сумма которых в нашем эксперименте остается неизменной. Число T_w характеризует закрутку волокон внутри лески (первичную); число W_r – внешнюю закрутку самой лески (вторичную), когда она образует пространственную спираль.

Чтобы лучше уяснить смысл этой формулы, возьмите тонкий пластиковый шнур, проведите маркером прямую линию на его поверхности, а затем спирально



На экспериментальной зависимости длины спиральной мышцы от температуры в последовательных циклах нагрева и охлаждения видно, что мышца приобретает стабильность после четвертого цикла



По фотографии участка закрученной в спираль нейлоновой лески можно определить, что исходные продольные волокна составляют угол примерно 45° по отношению к оси лески, а винтовой угол α закрученной спирали – около 13°

намотайте этот шнур на кусок толстой трубы так, чтобы проведенная линия была обращена наружу от трубы. Допустим, что шнур обернут вокруг трубы на 5 оборотов. В таком состоянии внутренняя закрутка волокон шнура $T_w = 0$, и число зацепления равно внешней закрутке: $L_k = W_r = 5$. Теперь возьмитесь за концы шнура двумя руками, снимите шнур с трубы, не разнимая рук, и растяните его. Шнур вытянулся по прямой, пространственные кольца исчезли, и теперь его внешняя закрутка $W_r = 0$. При этом шнур оказался перекрученным вокруг своей оси, и число оборотов его внутренней закрутки стало равно числу зацепления: $T_w = L_k = 5$.

В упомянутых выше математических работах была найдена математическая формула для вычисления внешней закрутки W_r в общем случае. Для равномерной спиральной закрутки эта формула сильно упрощается (Fuller, 1978), приобретая вид

$$W_r = N \cdot (1 - \sin \alpha),$$

где N – это число витков внешней спирали, α – угол подъема винтовой линии спирали.

Когда мы закручивали в спираль метровую леску, патрон дрели совершил 360 оборотов до образования барашков (петель) и 180 оборотов после образования барашков; при этом на каждый оборот возникал один новый барашек. Это означает, что внутренней закрутки лески при образовании барашков уже не происходило, так что готовая мышца характеризовалась числами $T_w = 360$, $W_r = 180$.

Опыт показывает, что незакрученная нейлоновая леска сокращается на 1,1% при нагреве от 20 до 80°C . Будем считать, что это сокращение волокон приводит к уменьшению внутренней закрутки T_w

также на 1,1%, т.е. на 4 оборота. Тем самым внешняя закрутка W_r увеличивается на 4 оборота, т.е. на 2,2%. Число витков спирали N при этом не меняется, значит на 2,2% увеличивается значение выражения $(1 - \sin \alpha)$, т.е. уменьшается величина угла α , за счет чего спираль и становится короче. В готовой спиральной мышце $\sin \alpha \approx 0,16$, поэтому увеличение значения $(1 - \sin \alpha)$ на 2,2% приводит к уменьшению $\sin \alpha$ на 13%. Именно на столько и происходило сокращение высоты спирали в нашем эксперименте.

Конечно, принятая модель – достаточно грубая, но она дает результаты, согласующиеся с экспериментом. Ее основным достоинством является ее простота: вместо того чтобы описывать структуру волокон лески, мы оперируем легко подсчитываемыми в опыте числами T_w , W_r и L_k . Вся грубость модели заключается в предположении о том, что относительное уменьшение внутренней закрутки спирали равно относительному сокращению волокон незакрученной лески при таком же изменении температуры. Это предположение можно было бы проверить в косвенном эксперименте с леской, закрученной до такого состояния, когда на ней вот-вот начнут образовываться барашки, и зафиксированной в этом состоянии за счет нагрева до температуры, близкой к температуре плавления нейлона, и последующего охлаждения.

Коля Сибиряков и Виталий Матюнин монтируют искусственную мышцу из нейлоновой лески в испытательный стенд. На доске на заднем плане записаны уравнения математической модели укладки лески в винтовую спираль



Литература

- Călugăreanu G. *L'intégral de Gauss et l'analyse des noeuds tridimensionnels* // *Rev. Math. Pures Appl.* 1959. V. 4. P. 5–20.
- Cherubini A., Moretti G., Vertechy R., Fontana M. *Experimental characterization of thermally-activated artificial muscles based on coiled nylon fishing lines* // *AIP Advances*. 2015. V. 5. Doc. 067158.
- Haines C. S., Lima M. D., Na Li et al. *Artificial muscles from fishing line and sewing thread* // *Science*. 2014. V. 343. P. 868–872.
- Fuller F. B. *The writhing number of a space curve* // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 1971. V. 68. P. 815–819.
- Fuller F. B. *Decomposition of the linking number of a closed ribbon: A problem from molecular biology* // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 1978. V. 75. P. 3557–3561.
- Pohl W. F. *DNA and differential geometry* // *Math. Intelligencer*. 1980. V. 3. P. 20–27.
- Treloar L. R. G. *The physics of rubber elasticity*. Oxford university press, 1975.
- White J. H. *Self-linking and the Gauss integral in higher dimensions* // *Am. J. Math.* 1969. V. 91. P. 693–728.



А. М. БУДАНЦЕВ, М. В. БУДАНЦЕВ



Уровень
жидкости
в покое

IYPT-2015:

Ключевые слова: плескание жидкости, резонанс, школьная физика, ТЮФ.
Key words: liquid sloshing, resonance, school physics, IYPT

«Каждый из нас знает, с какой осторожностью нужно переносить сосуды с жидкостью, чтобы не допустить расплескивания», – такими словами начал свой пионерный доклад в 1967 г. специалист НАСА Абрамсон (Abramson, 1967). Действительно, каждый раз, когда мы несем кофе или чай, мы подспудно уделяем этому вопросу особое внимание. Но причем здесь космические исследования? Оказывается, аналогичный вопрос возникает, например, при разработке ракет, и проблема плескания жидкого топлива при разгоне актуальна по сей день

© А. М. Буданцев, М. В. Буданцев, 2015



БУДАНЦЕВ Алексей Максимович – учащийся 10-го класса и участник команд юных физиков «Синергия» Православной гимназии во имя Преподобного Сергия Радонежского (Новосибирск) и «Школа Пифагора». Победитель Российского турнира (Екатеринбург, 2015) и серебряный призер Международного турнира юных физиков (IYPT 2015, Таиланд)



БУДАНЦЕВ Максим Владимирович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории неравновесных полупроводниковых систем Института физики полупроводников СО РАН (Новосибирск), учитель физики и тренер команды «Синергия» Православной гимназии во имя Преподобного Сергия Радонежского (Новосибирск). Автор и соавтор 41 научной работы

Чашка кофе – так называлась одна из задач Международного турнира юных физиков 2015 г. (IYPT-2015), посвященная проблеме плескания жидкости при ходьбе. Участникам турнира требовалось определить, как зависит вероятность пролить кофе от формы чашки и других условий эксперимента.

Оказалось, что такой вопрос уже исследовался ранее экспериментально и теоретически, с применением численного моделирования (Maueg and Krechetnikov, 2012). При этом было показано, что при обычной ходьбе расплескивание жидкости связано с неравномерностью шага и чаще всего происходит при разгоне. Был получен и неожиданный результат – вероятность пролить кофе будет тем меньше, чем выше установившаяся средняя скорость движения.

Авторы этой работы в 2012 г. получили шуточный аналог Нобелевской премии – так называемую Шнобелевскую премию, которой награждают нестандартные и, на первый взгляд, не слишком востребованные исследования, которые, тем не менее, привлекают внимание широкой общественности и подстегивают интерес людей к науке, медицине и новым технологиям. Несмотря на такой юмористический характер премии, сами исследования, как правило, отличаются высоким экспериментальным и теоретическим уровнем, а неожиданная постановка задачи провоцирует по-новому взглянуть на окружающий нас мир. Кстати сказать, первым ученым, который был удостоен как Шнобелевской, так и Нобелевской премий, является наш бывший соотечественник, а ныне профессор Манчестерского университета физик Андрей Гейм.

В глубоких водах

В нашей работе мы сосредоточились на исследовании резонансного режима, который не изучался ранее. Такой режим реализуется, когда частота шага при ходьбе совпадает с частотой собственных колебаний жидкости в чашке.

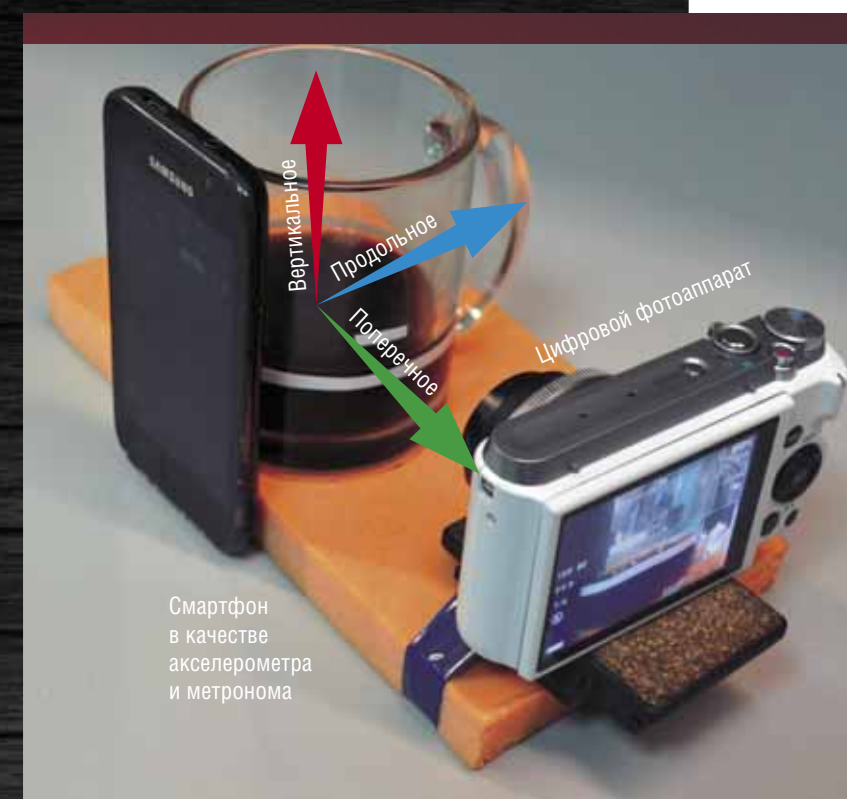
Для определения частот колебательных мод плескания были собраны вибростенды, позволяющие раскачивать чашку на подставке в горизонтальном и вертикальном направлениях с помощью вибратора, создающего синусоидальные механические колебания определенной амплитуды и частоты.

В ходе первых экспериментов было установлено, что добавление в воду кофе и сахара в разумных количествах, а также использование воды разной температуры (от комнатной до кипящей) практически не отражалось на полученных результатах. Поэтому в большей части экспериментов использовалась обычная вода комнатной температуры, лишь слегка подкрашенная кофе для увеличения контраста видеозаписи движения поверхности жидкости.

В экспериментах использовались прозрачные цилиндрические чашки различных радиусов. Как выяснилось, частоты мод плескания с увеличением радиуса чашки уменьшаются. Первая, самая низкочастотная мода плескания возбуждается при горизонтальной раскачке; для чашки с самым большим радиусом ($R = 39$ мм) резонанс возникал на частоте 3,5 Гц. Отметим, что частота обычного шага человека



Для изучения колебаний жидкости при горизонтальной раскачке вмещающего сосуда был изготовлен вибростенд. Вибратор соединили с подставкой через шток, в котором установлен динамометр. Этот датчик силы позволяет проводить автоматизированные измерения с помощью измерительного комплекса PASCO



Мобильный стенд предназначен для изучения колебаний жидкости в 3 взаимно перпендикулярных направлениях, возникающих при ходьбе. Метроном служит для задания ритма шагов, акселерометр – измерения мгновенного ускорения (их роль исполнил обычный смартфон), а фотоаппарат – для регистрации положения жидкости в чашке

2% общей энергии системы. Это очень маленькая поправка, меньше погрешности измерений в наших экспериментах, поэтому ей можно пренебречь.

Шире шаг, кофеман!

Экспериментальное изучение вопроса о расплескивании жидкости привело к необходимости измерить временную динамику ускорения, сообщаемого ходяком чашке. Так как изучаемый объект при этом перемещался на большие расстояния, потребовался мобильный акселерометр. Его роль прекрасно исполнил обычный смартфон, который дал возможность измерять ускорение в трех пространственных направлениях: вертикальном, продольном и поперечном.

Этот же смартфон использовался и в качестве метронома, который был должен служить ориентиром для задания частоты шага. Уровень подъема жидкости во время ходьбы фиксировался с помощью видеосъемки компактным цифровым фотоаппаратом. Все эти устройства вместе с наполненной чашкой были закреплены на платформе мобильного стенда.

При горизонтальной раскачке на стационарном вибростенде была экспериментально получена зависимость амплитуды колебаний жидкости от амплитуды продольного ускорения. Красным цветом отмечены данные, полученные с использованием мобильного стенда

не превышает 2,5 Гц, поэтому такой резонанс достижим лишь при очень частом, «мелком» шаге. Другие моды плескания, возникающие как при горизонтальных, так и при вертикальных возбуждениях, имели заметно большие частоты, но в данной работе мы ограничились изучением только первой моды.

В результате было установлено, что частота первой моды плескания практически не зависит от высоты жидкости h , если $h > R/2$, но при меньших заполнениях чашки начинает снижаться с уменьшением h . Фактически при этом наблюдается переход от гравитационных волн на «глубокой воде» к гравитационным волнам на «мелкой воде». Дальнейший анализ задачи был ограничен наиболее практичным и привычным всем любителям кофе случаем «глубокой воды».

Маятник в чашке

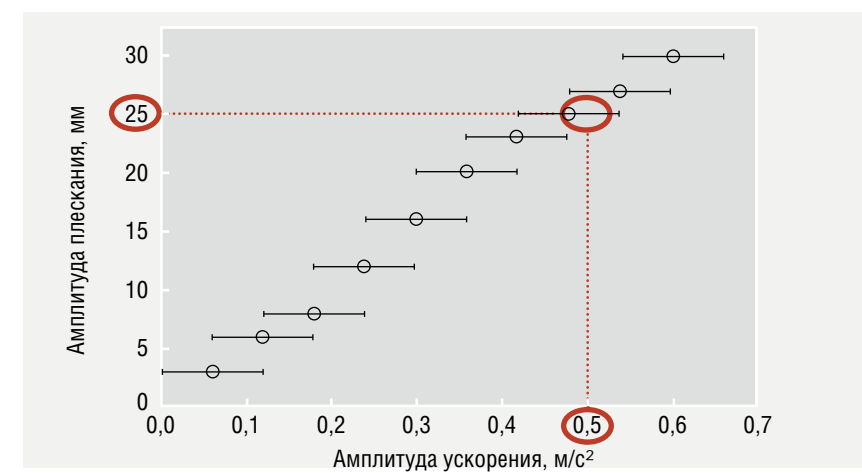
Исходя из интуитивных соображений размерности, можно предположить, что циклическая частота ω первой колебательной моды плескания глубокой воды будет зависеть от определенных исходных параметров. В нашем случае это радиус чашки R и ускорение свободного падения g , так как здесь мы имеем дело

с гравитационными волнами, где роль возвращающей силы играет именно сила тяжести. Аналогичный набор параметров имеет задача о колебании математического маятника, на основе чего мы можем записать выражение для циклической частоты единственным способом, дающим верную размерность с точностью до безразмерного численного коэффициента ϵ : $\omega^2 = \epsilon \cdot (g/R)$.

Согласно данным литературы (Lamb, 1945), асимптотическое выражение для случая волн на глубокой воде имеет аналогичный функциональный вид. При этом точное значение коэффициента ϵ составляет 1,841, а экспериментально полученные нами значения оказались равными $1,8 \pm 0,1$.

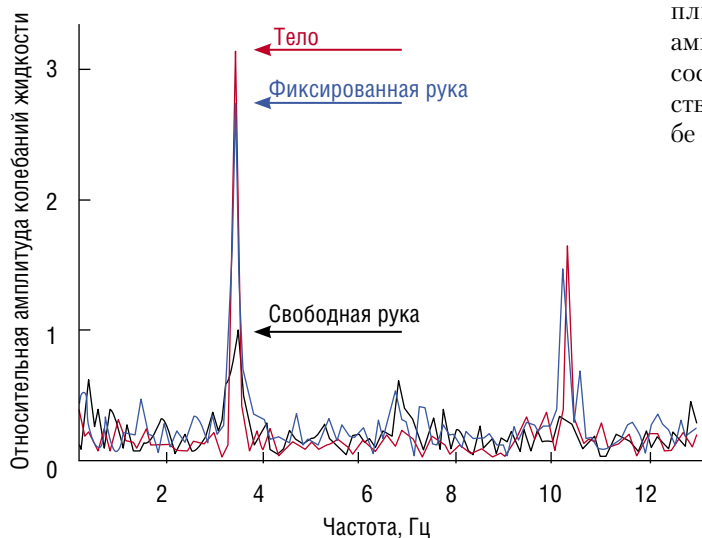
Заметим, что плотность жидкости не является существенным параметром задачи о плескании – аналогично тому, как масса груза не входит в выражение для частоты математического маятника. Правда до сих пор мы не учитывали вклад поверхностного натяжения, который должен приводить к увеличению частоты колебаний в связи с дополнительными энергетическими затратами на увеличение площади поверхности жидкости. Такая ситуация будет уже похожа на случай с пружинным маятником, где масса тела (в данном случае – плотность жидкости) играет существенную роль.

Воспользуемся опять методом анализа размерностей физических величин. Отношение характерных изменений энергии поверхностного натяжения и потенциальной энергии жидкости в поле тяжести при колебаниях определяется такими существенными параметрами задачи, как коэффициент поверхностного натяжения σ и плотность жидкости ρ , а также упоминаемые ранее R и g . Исходя из того, что это отношение – величина безразмерная, для его оценки получаем $\sigma/(gR^2)$, что близко к точному математическому выражению (Lamb, 1945). Подставив значения параметров, определим, что вклад поверхностного натяжения составляет не более





Один из авторов опытным путем проверяет, насколько сильнее плещется жидкость в чашке, если держать ее рукой, крепко привязанной к туловищу



Экспериментальные исследования показали, что шансы расплескать кофе в случае, когда рука ходока жестко закреплена на теле, гораздо выше, чем в случае свободной руки. Слева – Фурье-спектр продольной амплитуды ускорения тела и чашки, которую держит свободная и закреплённая рука

Экспериментальные исследования с помощью мобильного стенда показали, что наибольшая амплитуда плескания жидкости при ходьбе достигается при частоте шага, близкой к собственной частоте первой моды плескания 3,5 Гц. При этой частоте амплитуда плескания составляет 25–30 мм – именно при таком уровне заполнения чашки жидкостью произойдет расплескивание. Конечно, этот экспериментальный ответ справедлив лишь для конкретного ходока. Для получения более общего ответа требуется провести и более широкое исследование, привлекая в качестве ходоков разных людей. Такая работа уже будет затрагивать область биомеханики, нас же больше интересовали физические аспекты вопроса.

Эксперименты показали, что самая большая амплитуда вынужденных колебаний ускорения чашки возникает в продольном направлении, и составляет она около $0,5 \text{ м/с}^2$. Именно эта проекция ускорения и определяет расплескивание жидкости в чашке.

Амплитуда вертикальной проекции ускорения в два раза меньше; кроме того, как уже упоминалось выше, вертикальные возбуждения способны раскачивать другие колебательные моды, на более высоких частотах, но на данной частоте они находятся «вне игры». Выяснилось также, что в три раза меньшую амплитуду имеют поперечные возбуждения, которые происходят на частоте вдвое меньшей частоты шага. Последнее связано с тем, что цикл колебаний человека (и, естественно, жидкости в чашке) в продольном направлении соответствует одному шагу, а в поперечном – двум последовательным шагам правой и левой ногой.

Для проверки выдвинутой нами гипотезы об определяющей роли продольного возбуждения были проведены дополнительные эксперименты на вибростенде с горизонтальной раскачкой, в которых измерялась зависимость амплитуды плескания жидкости от амплитуды ускорения раскачки. Оказалось, что при амплитуде ускорения $0,5 \text{ м/с}^2$ амплитуда плескания составляет 25 мм, что находится в хорошем соответствии с данными эксперимента, проведенного при ходьбе с мобильным стендом.



Эксперименты по расплескиванию жидкости проводились не только с обычными кофейными чашками, но и с такими сосудами, как пиала и конические рюмки-фужеры

Особое внимание было уделено изучению так называемой *демпфирующей* (уменьшающей амплитуду колебаний) роли руки. Оказывается, эта конечность может довольно значительно сгладить колебания человеческого тела, возникающие при ходьбе. Чтобы определить, насколько существенно это влияние, мы провели измерения в условиях, когда рука была зафиксирована на туловище специальной шиной. При этом амплитуда вынужденных колебаний возросла почти втрое по сравнению с ситуацией с незакрепленной рукой и сравнялась с амплитудой колебаний тела, которая измерялась еще одним смартфоном, закрепленным на груди самого ходока.

Нас также заинтересовал вопрос, зависит ли исследуемое явление от формы сосуда, так что мы определили моды плескания жидкости при ходьбе в чашках различной формы. Помимо цилиндрических чашек использовалась полусферическая чашка (пиала) и различные конические сосуды.

Оказалось, что в пиале частота колебаний первой моды плескания определяется радиусом полусферы и практически не зависит от глубины наполнения. В конической же чашке глубина наполнения и радиус поверхности жидкости однозначно связаны друг с другом прямой пропорцией, именно эта группа параметров и определяет период собственных колебаний, возникающих в сосуде. К примеру, в конической рюмке с углом при вершине конуса 45° циклическая частота первой моды плескания хорошо описывается выражением $\omega^2 = g/r$ (r – радиус открытой поверхности жидкости), которое аналогично выражению для частоты колебаний математического маятника.

Итак, теоретическое определение собственных частот мод плескания жидкости представляет собой довольно сложную задачу. В этой работе с помощью доступных школьнику математических методов нам удалось получить выражение для собственной частоты низкочастотной моды плескания, которое хорошо согласуется с имеющимися теоретическими данными.

В ходе работ было показано, что, когда частота шага человека, несущего чашку, совпадает с собственной частотой моды плескания, т. е. в случае возникновения резонанса, амплитуда колебаний уровня жидкости максимальна и может составить несколько сантиметров.

Интересным продолжением этого исследования стало бы изучение особенностей биомеханики человеческого тела, определяющих при ходьбе раскачку чашки с жидкостью.

Литература
 Abramson H.N. Technical Report N. SP-106, NASA, 1967.
 Mayer H.C. and Krechetnikov R. Walking with coffee: Why does it spill? // Phys. Rev. E. 2012. V. 85. Doc. 046117.
 Lamb H. Hydrodynamics. Dover, New York, 1945.

Экспериментальные исследования проводились на полигоне в Академпарке (Новосибирск) с использованием измерительного комплекса PASCO

Авторы благодарят команду юных физиков «Школа Пифагора» и сборную российской команды на IYPT-2015 и их тренеров А.И. Щетникова и А.А. Колчина за конструктивную критику и помощь в подготовке доклада

ГODOVЫЕ КОМПЛЕКТЫ ЖУРНАЛА «НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК» (ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ)

можно приобрести наложенным платежом
через Почту России (только на территории РФ), заполнив заявку:

При заказе ТРЕХ и более
номеров журнала –
СКИДКА 5 %

1. Прошу оформить покупку следующих комплектов/номеров журнала (выбрать нужное):

Годовые комплекты журналов по ЛЬГОТНОЙ цене:		На русском языке	На английском языке
2004—2005 гг.			
2006 г.	5 номеров	250 руб. <input type="checkbox"/>	4 номера <input type="checkbox"/> 200 руб.
2007 г.	6 номеров	360 руб. <input type="checkbox"/>	7 номеров <input type="checkbox"/> 350 руб.
2008 г.	6 номеров	360 руб. <input type="checkbox"/>	6 номеров <input type="checkbox"/> 300 руб.
2009 г.	6 номеров	420 руб. <input type="checkbox"/>	
2010 г.	5 номеров	350 руб. <input type="checkbox"/>	
2011 г.	6 номеров	420 руб. <input type="checkbox"/>	
2012 г.	6 номеров	480 руб. <input type="checkbox"/>	
2013 г.	6 номеров	480 руб. <input type="checkbox"/>	
2014 г.	6 номеров	900 руб. <input type="checkbox"/>	
2015 г.	4 номера	600 руб. <input type="checkbox"/>	
Коллекцию журналов по ЛЬГОТНОЙ цене: 56 номеров		4620 руб. <input type="checkbox"/>	17 номеров <input type="checkbox"/> 850 руб.

Отдельные номера журнала на русском языке:

2015 № 4 (64) <input type="checkbox"/>	№ 1 (61) <input type="checkbox"/>	№ 2 (62) <input type="checkbox"/>	№ 3 (63) <input type="checkbox"/>	150
2014				
№ 3-4 (57-58) <input type="checkbox"/>	300	№ 5 (59) <input type="checkbox"/>	№ 6 (60) <input type="checkbox"/>	150
№ 1 (55) <input type="checkbox"/>	№ 2 (56) <input type="checkbox"/>			
2013				
№ 4 (52) <input type="checkbox"/>	100	№ 5-6 (53-54) <input type="checkbox"/>	200	
№ 1 (49) <input type="checkbox"/>	№ 2 (50) <input type="checkbox"/>	№ 3 (51) <input type="checkbox"/>	100	
2012				
№ 4 (46) <input type="checkbox"/>	№ 5 (47) <input type="checkbox"/>	№ 6 (48) <input type="checkbox"/>	100	
№ 1 (43) <input type="checkbox"/>	№ 2 (44) <input type="checkbox"/>	№ 3 (45) <input type="checkbox"/>		
2011				
№ 6 (42) <input type="checkbox"/>	№ 5 (41) <input type="checkbox"/>	№ 4 (40) <input type="checkbox"/>	100	
№ 1 (37) <input type="checkbox"/>	№ 2 (38) <input type="checkbox"/>	№ 3 (39) <input type="checkbox"/>		
2010				
№ 1 (31) <input type="checkbox"/>	№ 2 (32) <input type="checkbox"/>	№ 3 (33) <input type="checkbox"/>	90	
№ 4 (34) <input type="checkbox"/>	№ 5 (35) <input type="checkbox"/>	№ 6 (36) <input type="checkbox"/>		
2009				
№ 1 (25) <input type="checkbox"/>	№ 2 (26) <input type="checkbox"/>	№ 3 (27) <input type="checkbox"/>	90	
№ 4 (28) <input type="checkbox"/>	№ 5 (29) <input type="checkbox"/>	№ 6 (30) <input type="checkbox"/>		
2008				
№ 1 (19) <input type="checkbox"/>	№ 2 (20) <input type="checkbox"/>	№ 3 (21) <input type="checkbox"/>	80	
№ 4 (22) <input type="checkbox"/>	№ 5 (23) <input type="checkbox"/>	№ 6 (24) <input type="checkbox"/>		
2007				
№ 1 (13) <input type="checkbox"/>	№ 2 (14) <input type="checkbox"/>	№ 3 (15) <input type="checkbox"/>	70	
№ 4 (16) <input type="checkbox"/>	№ 5 (17) <input type="checkbox"/>	№ 6 (18) <input type="checkbox"/>		

Цена одного номера, руб.

2006 № 1 (7) <input type="checkbox"/>	№ 2 (8) <input type="checkbox"/>	№ 3 (9) <input type="checkbox"/>	80
№ 4 (10) <input type="checkbox"/>	№ 5 (11) <input type="checkbox"/>	№ 6 (12) <input type="checkbox"/>	
2005			
№ 2 (5) <input type="checkbox"/>	№ 3 (6) <input type="checkbox"/>	60	

Отдельные номера журнала на английском языке

2007 № 1 (13) <input type="checkbox"/>	№ 2 (14) <input type="checkbox"/>	№ 3 (15) <input type="checkbox"/>	90
№ 4 (16) <input type="checkbox"/>	№ 5 (17) <input type="checkbox"/>	№ 6 (18) <input type="checkbox"/>	
2006			
№ 1 (6) <input type="checkbox"/>	№ 2 (7) <input type="checkbox"/>	№ 3 (8) <input type="checkbox"/>	80
№ 4 (9) <input type="checkbox"/>	№ 5 (10) <input type="checkbox"/>	№ 6 (11) <input type="checkbox"/>	№ 7 (12) <input type="checkbox"/>
2005			
№ 1 (4) <input type="checkbox"/>	№ 2 (5) <input type="checkbox"/>	60	
2004			
№ 0 (1) <input type="checkbox"/>	№ 2 (3) <input type="checkbox"/>	50	

Цена одного номера, руб.

2. Ф. И. О. _____

3. Почтовый адрес:
Индекс _____ Город _____

Тел./факс _____ E-mail _____

Комплекты и отдельные номера журналов можно купить в редакции по адресу:

г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 11, тел./факс: (383) 330-27-22, 330-26-67, e-mail: zakaz@info-press.ru

В стоимость покупки не входят расходы на доставку журналов

ПОДПИСКА для ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ

Стоимость подписки на полугодие – 750 руб.
Стоимость подписки на год – 1500 руб.

● Чтобы оформить подписку на 2016 г., заполните заявку:

● **Оплатите** стоимость подписки в любом банке

● **Вышлите** заполненную заявку и копию квитанции о переводе денег по адресу:
630090, г. Новосибирск, а/я 96.
Редакция журнала «НАУКА из первых рук»

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

1. Прошу оформить подписку на журнал «НАУКА из первых рук» на первое, второе полугодие, год (нужное подчеркнуть)
Количество экземпляров _____

2. Ф. И. О. _____

3. Почтовый адрес:
Индекс _____

Тел./факс _____ E-mail _____

Копия квитанции об оплате от _____
прилагается (дата оплаты)

ИЗВЕЩЕНИЕ

Форма № ПД-4

Получатель платежа ООО "ИНФОЛИО" ИНН 5408148073

Учреждение банка ОАО "МДМ БАНК"

г. Новосибирск, БИК 045004775

Счет получателя 40702810603120002214

К/с 30101810100000000821

Журнал "НАУКА из первых рук"

Цена

Шт.

Сумма

ИТОГО

Кассир

Плательщик

ИЗВЕЩЕНИЕ

Форма № ПД-4

Получатель платежа ООО "ИНФОЛИО" ИНН 5408148073

Учреждение банка ОАО "МДМ БАНК"

г. Новосибирск, БИК 045004775

Счет получателя 40702810603120002214

К/с 30101810100000000821

Журнал "НАУКА из первых рук"

Цена

Шт.

Сумма

ИТОГО

Кассир

Плательщик

Вы также можете оформить подписку на сайте: www.scfh.ru

В стоимость подписки включена доставка журналов заказной бандеролью

ПОДПИСКА для ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ

Стоимость подписки на полугодие – 750 руб.
Стоимость подписки на год – 1500 руб.



Чтобы оформить подписку на 2016 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@info-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@info-press.ru

Вы также можете оформить
подписку на нашем сайте:

<http://scfh.ru>
<http://scfh.ru/en/>

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 045004775

Подписка на электронную версию журнала:

www.scfh.ru

Научная электронная библиотека e-library:
www.e-library.ru

Подписка на электронную и мобильную версию журнала:

Пресса.ру: www.ppressa.ru

Подписка по каталогам:

Каталог агентства «РОСПЕЧАТЬ»,
индекс 46495

Агентство «Урал-Пресс»
www.ural-press.ru

Подписка on-line:

Агентство «Деловая пресса»: www.delpress.ru

Интернет магазин «PRESS cafe»:
www.presscafe.ru

МК-периодика: www.periodicals.ru

Информнаука: www.informnauka.com





М. А. Лаврентьев – вице-президент АН УССР. 1948 г. Фотоархив СО РАН